

Michio Kaku

ATEITIES FIZIKA

KAIP MOKSLAS 2100 M. KEIS ŽMONIŲ LIKIMĄ
IR KASDIENĮ MŪSŲ GYVENIMĄ

Vertė dr. *Leonas Ramutis Tamošiūnas*



eugrimas.lt | TOBULĖJIMUI

Vilnius

UDK 008.2:53

Ka-169

TEISĖS GINAMOS.

Ši leidinį draudžiama atkurti bet kokia forma ar būdu, viešai skelbti, įskaitant padarymą viešai prieinamą kompiuterių tinklais (internete), išleisti ir versti, platinėti jo originalą ar kopijas parduodant, nuomojant, teikiant panaudai ar kitaip perduodant nuosavybėn.

Draudžiama ši kūrinių, esančių bibliotekose, mokymo įstaigose, muziejuose arba archyvuose, mokslinių tyrimų ar asmeninių studijų tikslais atkurti, viešai skelbti ar padaryti viešai prieinamą kompiuterių tinklais tam skirtuose terminaluose tų įstaigų patalpose.

Versta iš knygos:

Physics of the Future: How Science Will Shape Human Destiny and Our Daily Lives by the Year 2100 by Michio Kaku

Iš anglų kalbos vertė

dr. Leonas Ramutis Tamošiūnas

Redagavo

Ona Balkevičienė

Konsultavo ir mokslinį redagavimą atliko

Regina Mudėnienė

Maketą kūrė

Jurgita Petrulytė ir Dovilė Kuliešienė

Viršelį kūrė

Jurgita Petrulytė ir Artūras Babušis

Knygų serija „MOKSLAS VISIEMS“ yra leidžiama įgyvendinant Lietuvos mokslų akademijos kartu su partneriais vykdomą projektą „Nacionalinės mokslo populiarinimo priemonių sistemos sukūrimas ir įgyvendinimas“, kuris yra finansuojamas Europos socialinio fondo lėšomis.

ISBN 978-609-437-211-7

Copyright © 2011 by Michio Kaku

Vertimas į lietuvių kalbą © Leonas R. Tamošiūnas, 2013

© Leidykla „Eugrimas“, 2013

*S*kiriu ^v*S*
savo mylimai žmonai *Sidzuė*
ir dukterims
Mišelei ir Alison



TURINYS

	<i>Padėkos</i>	7
	<i>Įvadas</i>	15
Pirmas skyrius:	Kompiuterio ateitis	32
Antras skyrius:	Dirbtinio intelekto ateitis	79
Trečias skyrius:	Medicinos ateitis	134
Ketvirtas skyrius:	Nanotechnologija	189
Penktas skyrius:	Energijos ateitis	227
Šeštas skyrius:	Kosminių kelionių ateitis	275
Septintas skyrius:	Turto ateitis	317
Aštuntas skyrius:	Žmonijos ateitis	349
Devintas skyrius:	Viena 2100 m. diena	374
	<i>Apie autorių</i>	391
	<i>Iliustracijos</i>	392
	<i>Rekomenduojama literatūra</i>	393
	<i>Pastabos</i>	395
	<i>Rodyklė</i>	403

PADEKOS

Dėkoju tiems, kurie nepailstamai triūsė, siekdami šios knygos sėkmės. Pirmiausia – redaktoriams Rogeriui Scholliui, padėjusiam man rašant ankstesnes knygas ir pakišusiam mintį parašyti tokią sunkią knygą, kaip ši, ir Edwardui Kastenmeieriui, kuris kantriai davė daugybę patarimų, daug ką taisė, ir tai labai pagerino jos kokybę. Tariu ačiū ir Stuartui Krichevsky, jau tiek metų esančiam mano agentu: jis visada ragino imtis vis naujesnių ir įdomesnių iššūkių.

Be abejo, dėkoju ir daugiau kaip trimis šimtams mokslininkų, iš kurių ėmiau interviu ar su jais diskutavau apie mokslą. Atsiprašau, kad į jų laboratorijas tempiausi televizijos operatorius iš *BBC-TV* ar *Discovery* ir *Science* kanalų, kad kaišiojau jiems mikrofonus, ir plieskė televizijos kameros. Tai gal šiek tiek ir trikdė jų tyrimų eigą, bet, tikiuosi, galutinis rezultatas buvo to vertas.

Taigi dėkoju bent kai kuriems iš šių pionierių ir novatorių. Štai jie:

Ericas Chivianas, Nobelio premijos laureatas, Harvardo medicinos mokyklos Sveikatos ir globalinės aplinkos centras

Peteris Doherty, Nobelio premijos laureatas, Sen Žiudo vaikų tyrimų ligoninė

Geraldas Edelmanas, Nobelio premijos laureatas, Skripso tyrimų institutas

Murray Gell-Mannas, Nobelio premijos laureatas, Santa Fė institutas ir Kalifornijos technologijos institutas

Walteris Gilbertas, Nobelio premijos laureatas, Harvardo universitetas

Davidas Grossas, Nobelio premijos laureatas, Kavlio teorinės fizikos institutas

Velionis Henry Kendallas, Nobelio premijos laureatas, Masačusetso technologijos institutas

Leonas Ledermanas, Nobelio premijos laureatas, Ilinojaus technologijos institutas

ATEITIES FIZIKA

Yoichiro Nambu, Nobelio premijos laureatas, Čikagos universitetas
Henry Pollackas, Nobelio premijos laureatas, Mičigano universitetas
Josephas Rotblatas, Nobelio premijos laureatas, Šv. Baltramiejaus ligoninė
Stevenas Weinbergas, Nobelio premijos laureatas, Teksaso universitetas Ostine
Frankas Wilczekas, Nobelio premijos laureatas, Masačusetso technologijos institutas
Amiras Aczelis, knygos *Uranium Wars* autorius
Buzzas Aldrin, buvęs NASA astronautas, antrasis žmogus, buvęs Mėnulyje
Geoffas Andersen, Jungtinių Valstijų Karinių oro pajėgų mokslo darbuotojas ir knygos *The Telescope* autorius
Jay Barbree, NBC naujienų korespondentas, knygos *Moon Shot* bendraautorius
Johnas Barrow, Kembridžo universiteto fizikas, knygos *Impossibility* autorius
Marcia Bartusiak, knygos *Einstein's Unfinished Symphony* autorė
Jimas Bellas, Kornelio universiteto astronomijos profesorius
Jeffrey Bennetas, knygos *Beyond UFOs* autorius
Bobas Bermanas, astronomas, knygos *Secrets of the Night Sky* autorius
Leslie Biesecker, Nacionalinio sveikatos instituto Genetinių ligų tyrimo skyriaus vedėja
Piersas Bizony, rašytojas, knygos *How to Build Your Own Spaceship* autorius
Michaelas Blaese'as, buvęs Nacionalinio sveikatos instituto mokslininkas
Alexis Boese'as, Apgavysčių muziejaus įkūrėjas
Nickas Bostromas, transhumanistas, Oksfordo universitetas
Pulk. leit. Robertas Bowmanas, Kosmoso ir saugumo tyrimų institutas
Lawrence'as Brody, Nacionalinio sveikatos instituto Genomo technologijų skyriaus vadovas
Rodney Brooksas, buvęs Masačusetso technologijos instituto Dirbtinio intelekto laboratorijos direktorius
Lesteris Brownas, Žemės politikos instituto įkūrėjas
Michaelas Brownas, Kalifornijos technologijos instituto astronomijos profesorius
Jamesas Cantonas, Globalinės ateities instituto įkūrėjas, knygos *The Extreme Future* autorius
Arthuras Caplanas, Pensilvanijos universiteto Bioetikos centro direktorius
Fritjofas Capra, knygos *The Science of Leonardo* autorius
Seanas Carrollas, Kalifornijos technologijos instituto kosmologas
Andrew Chaikinas, knygos „Žmogus Mėnulyje“ (*A Man on the Moon*) autorius
Leroy Chiao, buvęs NASA astronautas

PADĖKOS

George'as Churchas, Harvardo medicinos mokyklos Kompiuterinės genetikos centro direktorius
Thomas Cochranas, Gamtinių išteklių apsaugos tarybos fizikas
Christopheris Cokinos, rašytojas, knygos *The Fallen Sky* autorius
Francis Collinsas, Nacionalinio sveikatos instituto direktorius
Vicki Colvinas, Raiso universiteto Biologinės ir aplinkos nanotechnologijos skyriaus direktorius
Neilas Cominsas, knygos *The Hazards of Space Travel* autorius
Steve'as Cookas, *Space Technologies, Dynetics* kompanijos direktorius, buvęs NASA spaudos atstovas
Christine Cosgrove, knygos *Normal at Any Cost* autorė
Steve'as Cousinsas, *Willow Garage* laboratorijos vadovas
Brianas Coxas, Mančesterio universiteto fizikas, *BBC* mokslo laidų vedėjas
Phillipas Coyle'is, buvęs JAV Gynybos ministerijos ministro pavaduotojas
Danielis Crevieras, knygos *AI: The Tumultuous History of the Search for Artificial Intelligence* autorius, *Coreco* kompanijos vadovas
Kenas Crosswellas, astronomas, knygos *Magnificent Universe* autorius
Stevenas Cumberis, Djuko universiteto kompiuterių specialistas
Markas Cutkosky, Stanfordo universiteto mašinų gamybos specialistas
Paulas Daviesas, fizikas, knygos *Superforce* autorius
Aubrey de Gray, *SENS* fondo vyriausiasis mokslo darbuotojas
Velionis Michaelas Dertouzos, buvęs Masačusetso technologijos instituto Kompiuterių laboratorijos direktorius
Jaredas Diamondas, Pulicerio premijos laureatas, Kalifornijos universiteto Los Andžele geografijos profesorius
Mariette DiChristina, *Scientific American* žurnalo vyriausioji redaktorė
Peteris Dilworthas, buvęs Masačusetso technologijos instituto Dirbtinio intelekto laboratorijos mokslo darbuotojas
Johnas Donoghue, *BrainGate* kompanijos įkūrėjas, Brauno universitetas
Ann Druyan, Carlo Sagano našlė, *Cosmos Studios*
Freemanas Dysonas, Prinstono universiteto Aukštesniojo lygio tyrimų instituto fizikos profesorius emeritas
Jonathanas Ellisas, *CERN* fizikas
Danielis Fairbanksas, knygos *Relics of Eden* autorius
Timothy Ferrisas, Kalifornijos universiteto Berklyje profesorius emeritas, knygos *Coming of Age in the Milky Way* autorius
Maria Finitzo, kino filmų kūrėja, *Peabody* premiją pelniusio filmo *Mapping Stem Cell Research* autorė

ATEITIES FIZIKA

Robertas Finkelsteinas, dirbtinio intelekto specialistas
Christopheris Flavinas, *WorldWatch* institutas
Louisas Friedmanas, vienas iš Planetinės draugijos kūrėjų
Jamesas Garvinas, buvęs NASA vyriausiasis mokslo darbuotojas iš NASA Godardo kosminių skrydžių centro
Evalynas Gatesas, knygos *Einstein's Telescope* autorius
Jackas Geigeris, vienas iš *Physicians for Social Responsibility* organizacijos įkūrėjų
Davidas Gelernteris, Jeilio universiteto kompiuterių mokslo profesorius
Neilas Gershenfeldas, Masačusetso technologijos instituto Bitų ir atomų centro direktorius
Paulas Gilsteris, knygos *Centauri Dreams* autorius
Rebecca Goldberg, buvusi Aplinkosaugos fondo vyresnioji mokslo darbuotoja, *Marine Science*, *Pew Charitable Trust* direktorė
Donas Goldsmithas, astronomas, knygos *The Runaway Universe* autorius
Sethas Goldsteinas, *Carnegie Mellon* universiteto kompiuterių mokslo profesorius
Davidas Goldsteinas, buvęs Kalifornijos technologijos instituto prorektorius, fizikos profesorius
J. Richardas Gottas III, Prinstono universiteto astrofizikos profesorius, knygos *Time Travel in Einstein's Universe* autorius
Velionis Stephenas Jay Gouldas, *Harvard Lightbridge Corp.* kompanijos biologas
Thomas Gray, ambasadorius, šnipinėjimo palydovų specialistas
Johnas Grantas, knygos *Corrupted Science* autorius
Ericas Greenas, Nacionalinio sveikatos instituto Nacionalinio žmogaus genomo tyrimų instituto direktorius
Ronaldas Greenas, knygos *Babies by Design* autorius
Brianas Greene'as, Kolumbijos universiteto matematikos ir fizikos profesorius, knygos „Elegantiška visata“ (*The Elegant Universe*) autorius
Alanas Guthas, Masačusetso technologijos instituto fizikos profesorius, knygos *The Inflationary Universe* autorius
Williamas Hansonas, knygos *The Edge of Medicine* autorius
Leonardas Hayflickas, Kalifornijos universiteto San Franciske Medicinos fakulteto anatomijos profesorius
Donaldas Hillebrandas, *Argonne* nacionalinės laboratorijos Transporto tyrimų centro direktorius
Frankas von Hipple'as, Prinstono universiteto fizikas
Jeffrey Hoffmanas, buvęs NASA astronautas, Masačusetso technologijos instituto aeronautikos ir astronautikos profesorius

PADĖKOS

Douglas Hofstadteris, Pulicerio premijos laureatas, knygos *Gödel, Escher, Bach* autorius

Johnas Horganas, Stevenso technologijos institutas, knygos *The End of Science* autorius

Jamie Hynemanas, mokslinės-pramoginės televizijos programos *MythBusters* vedėjas

Chrisas Impey, Arizonos universiteto astronomijos profesorius, knygos *The Living Cosmos* autorius

Robertas Irie, Masačusetso bendrosios ligoninės, buvęs Masačusetso technologijos instituto Dirbtinio intelekto laboratorijos mokslo darbuotojas

P. J. Jacobowitzas, *PC* žurnalas

Jay Jaroslavas, buvęs Masačusetso technologijos instituto Dirbtinio intelekto laboratorijos mokslo darbuotojas

Donaldas Johansonas, paleoantropologas, *Lucy* atradėjas

George'as Johnsonas, *New York Times* žurnalistas, rašantis mokslo klausimais

Tomas Jonesas, buvęs *NASA* astronautas

Steve'as Katesas, astronomas ir radijo laidų vedėjas

Jackas Kessleris, *Northwestern* universiteto neurologijos profesorius, Feinbergo neuromokslų instituto direktorius

Robertas Kirshneris, Harvardo universiteto astronomas

Krisas Koenigas, filmų kūrėjas ir astronomas

Lawrence'as Kraussas, Arizonos valstybinis universitetas, knygos *The Physics of Star Trek* autorius

Robertas Lawrence'as Kuhnas, filmų kūrėjas ir filosofas, *PBS* televizijos seriale „Arčiau tiesos“ (*Closer to Truth*) kūrėjas

Ray Kurzweilas, išradėjas, knygos *The Age of Spiritual Machines* autorius

Robertas Lanza, biotechnologas, *Advanced Cell Technology* kompanija

Rogeris Launius, knygos *Robots in Space* bendraautoris

Stanas Lee, *Marvel Comics* ir „Žmogus-voras“ (*Spider-Man*) komiksų kūrėjas

Michaelas Lemonickas, buvęs *Time* žurnalo vyresnysis mokslo redaktorius, *Climate Central* organizacija

Arthuras Lerner-Lamas, Kolumbijos universiteto geologas ir vulkanologas

Simonas LeVay, knygos *When Science Goes Wrong* autorius

Johnas Lewisas, astronomas, Arizonos universitetas

Alanas Lightmanas, Masačusetso technologijos institutas, knygos *Einstein's Dreams* autorius

George'as Linehanas, knygos *SpaceShipOne* autorius

Sethas Lloydas, Masačusetso technologijos institutas, knygos *Programming the*

ATEITIES FIZIKA

Universe autorius

Josephas Lykkenas, fizikas, Fermio nacionalinė greitintuvų laboratorija

Pattie Maes, Masačusetso technologijos instituto Žiniasklaidos laboratorija

Robertas Mannas, knygos *Forensic Detective* autorius

Michaelas Paulas Masonas, knygos *Head Cases* autorius

W. Patrickas McCray, knygos *Keep Watching the Skies!* autorius

Glennas McGee, knygos *The Perfect Baby* autorius

Jamesas McLurkinas, buvęs Masačusetso technologijos instituto Dirbtinio intelekto laboratorijos mokslo darbuotojas, Raiso universitetas

Paulas McMillanas, Arizonos universiteto *Spacewatch* projekto direktorius

Fulvio Melia, Arizonos universiteto fizikos ir astronomijos profesorius

Williamas Melleris, knygos *Evolution Rx* autorius

Paulas Meltzeris, Nacionalinis sveikatos institutas

Marvinas Minsky, Masačusetso technologijos institutas, knygos *The Society of Mind* autorius

Hansas Moravecas, *Carnegie Mellon* universiteto profesorius, knygos *Robot* autorius

Velionis Phillipas Morrisonas, fizikas, Masačusetso technologijos institutas

Richardas Mulleris, astrofizikas, Kalifornijos universitetas Berklyje

Davidas Nahamoo, anksčiau dirbęs *IBM* kompanijos Žmonių kalbos technologijų laboratorijoje

Christina Neal, vulkanologė, JAV Geologinės tarnybos Aliaskos vulkanologijos observatorija

Michaelas Novacekas, Amerikos gamtos muziejaus Fosilinių žinduolių skyriaus kuratorius

Michaelas Oppenheimeris, gamtosaugininkas, Prinstono universitetas

Deanas Ornishas, klinikinės medicinos profesorius, Kalifornijos universitetas San Franciske

Peteris Palese'as, mikrobiologijos profesorius, *Mt. Sinai* medicinos mokykla

Charlesas Pellerinas, buvęs *NASA* pareigūnas

Sidney Perkowitzas, Emorio universiteto fizikos profesorius, knygos *Hollywood Science* autorius

Johnas Pike'as, direktorius, GlobalSecurity.org

Jena Pincottas, knygos „Ar vyrai iš tiesų labiau trokšta blondinių?“ (*Do Gentlemen Really Prefer Blondes?*) autorius

Tomaso Poggio, Masačusetso technologijos instituto dirbtinio intelekto specialistas

Correy Powellas, *Discover* žurnalo vyriausiasis redaktorius

Johnas Powellas, *JP Aerospace* organizacijos įkūrėjas

PADĖKOS

Richardas Prestonas, knygų *The Hot Zone* ir *The Demon in the Freezer* autorius
Ramanas Prinja, Londono universiteto koledžo astrofizikos profesorius
Davidas Quammenas, rašytojas, knygos *The Reluctant Mr. Darwin* autorius
Katherine Ramsland, teismo medicinos specialistė
Lisa Randall, Harvardo universiteto teorinės fizikos profesorė, knygos *Warped Passages* autorė
Seras Martinas Reesas, Kembridžo universiteto kosmologijos ir astrofizikos profesorius, knygos *Before the Beginning* autorius
Jeremy Rifkinas, Ekonominių tendencijų fondo įsteigėjas
Davidas Riquieras, *Corporate Outreach* programos direktorius, Masačusetso technologijos instituto Žiniasklaidos laboratorija
Jane Rissler, Susirūpinusių mokslininkų sąjunga
Stevenas Rosenbergas, Nacionalinio sveikatos instituto Nacionalinis vėžio institutas
Paulas Saffo, futurologas, anksčiau dirbęs Ateities institute, Stanfordo universiteto profesorius konsultantas
Velionis Carlos Saganas, Kornelio universitetas, knygos *Cosmos* autorius
Nickas Saganas, knygos *You Call this the Future?* bendraautoris
Michaelas Salamonas, *NASA* programa *Beyond Einstein*
Adamas Savage'as, *MythBusters* televizijos programos vedėjas
Peteris Schwartzas, futurologas, vienas iš *Global Business Network* tinklo įkūrėjų, knygos *The Long View* autorius
Michaelas Shermeris, Skeptikų draugijos ir *Skeptic* žurnalo įkūrėjas
Donna Shirley, buvusi *NASA* Marso tyrimų programos vadovė
Sethas Shostakas, *SETI* institutas
Neilas Shubinas, Čikagos universiteto biologijos ir anatomijos profesorius, knygos „Žuvis tavyje“ (*Your Inner Fish*) autorius
Paulas Schuchas, *SETI League* organizacijos vykdomasis direktorius emeritas
Peteris Singeris, Brūkingzo institutas, knygos *Wired for War* autorius
Simonas Singhas, knygos *Big Bang* autorius
Gary Smallas, knygos *iBrain* bendraautoris
Paulas Spudisas, *NASA* Kosmoso mokslų valdybos Saulės sistemos skyrius, Planetų geologijos programa
Stevenas Squyresas, Kornelio universiteto astronomijos profesorius
Paulas Steinhartas, Prinstono universiteto fizikos profesorius, knygos *Endless Universe* bendraautoris
Gregory Stockas, Kalifornijos universitetas Los Andžele, knygos *Redesigning Humans* autorius

ATEITIES FIZIKA

Richardas Stone'as, *Discover* žurnalas, knygos *The Last Great Impact on Earth* autorius
Brianas Sullivanas, anksčiau dirbęs Haideno planetariume
Leonardas Susskindas, Stanfordo universiteto fizikos profesorius
Danielis Tammetas, autistikos mokslininkas, knygos „Gimęs mėlyną dieną“ (*Born on a Blue Day*) autorius
Geoffrey Tayloras, Melburno universiteto fizikas
Velionis Tedas Tayloras, JAV branduolinių kovinių galvučių kūrėjas
Maxas Tegmarkas, Masačusetso technologijos instituto fizikas
Alvinas Toffleris, knygos „Trečioji banga“ (*The Third Wave*) autorius
Patrickas Tuckeris, Pasaulio ateities draugija
Adm. Stansfeldas M. Turneris, buvęs CŽV direktorius
Chrisas Turney, Ekseterio universitetas Jungtinėje Karalystėje, knygos *Ice, Mud and Blood* autorius
Neilas deGrasse Tysonas, Haideno planetariumo direktorius
Seshas Velamooras, Ateities fondas
Robertas Wallace'as, knygos *Spycraft* bendraautoris, buvęs CŽV Techninių paslaugų žinybos direktorius
Kevinas Warwickas, kiborgų žinovas, Jungtinės Karalystės Rydingo universitetas
Fredas Watsonas, astronomas, knygos *Stargazer* autorius
Velionis Markas Weiseris, *Xerox PARC* kompanija
Alanas Weismanas, knygos „Pasaulis be mūsų“ (*The World Without Us*) autorius
Danielis Werthimeris, *SETI at Home* internetinis projektas, Kalifornijos universitetas Berklyje
Mike'as Wessleris, buvęs Masačusetso technologijos instituto Dirbtinio intelekto laboratorijos mokslo darbuotojas
Arthuras Wigginsas, knygos *The Joy of Physics* autorius
Anthony Wynshaw-Borisas, Nacionalinis sveikatos institutas
Carlos Zimmeris, rašytojas, knygos *Evolution* autorius
Robertas Zimmermanas, knygos *Leaving Earth* autorius
Robertas Zubrinas, Marso draugijos įkūrėjas

ĮVADAS

100 METŲ ATEITIES PROGNOZAVIMAS

Ateities imperijos bus proto imperijos.

– Vinstonas Čerčilis (*Winston Churchill*)

Vaikystėje dvi patirtys padėjo man susiformuoti dabartinę asmenybę ir pažadino dvi aistras, padėjusias pasirinkti tolesnį gyvenimo kelią.

Pirmoji buvo tokia: prisimenu, kai buvau aštuonerių, mokytojai aptarė paskutinę naujieną, kad ką tik mirė įžymus mokslininkas. Tą vakarą laikraščiai įdėjo jo kabineto nuotrauką, kur ant rašomojo stalo gulėjo nebaigtas rankraštis. Antraštės skelbė: didžiausias mūsų laikų mokslininkas nespėjo užbaigti didžiausio šedevro. Klausiau savęs, kas ten buvo tokio sunkaus, kad net toks įžymus mokslininkas nepajėgė užbaigti šio darbo. Kas ten galėjo būti tokio sudėtingo ir tokio svarbaus? Man galų gale tai tapo įdomiau už bet kokią paslaptingo nužudymo istoriją, traukė labiau už nuotykių romaną. Būtinai turėjau sužinoti, kas gi buvo tame nebaigtame rankraštyje.

Vėliau sužinojau, kad tas mokslininkas buvo Albertas Einšteinas (*Albert Einstein*), o nebaigtas rankraštis turėjo apvainikuoti visą jo mokslinę veiklą. Tai buvo jo bandymas sukurti „visko teoriją“, lygtį, kuri, būdama gal ne daugiau kaip 2,5 cm pločio, atskleistų Visatos paslaptis ir galbūt leistų jam „skaityti Dievo mintis.“

O kita lemtinga vaikystės patirtis – šeštadienio rytinės televizijos laidos, ypač mokslo fantastikos serialas „Flešas Gordonas“ (*Flash Gordon*), kuriame pa-

grindinį vaidmenį atliko Basteris Krabė (*Buster Crabbe*). Kiekvieną savaitgalį negalėdavau atsitraukti nuo televizoriaus ekrano, tarsi burtininko lazdele pamojus, persikeldavau į paslaptinę pasaulį, kuriame veikė atvykėliai iš kosmoso, žvaigždėlaiviai, kur buvo povandeniniai miestai, pabaisos, vyko mūšiai spindulinėmis patrankomis. Žavėjau. Tai buvo mano pirmasis susitikimas su ateities pasauliu. Nuo tada, galvodamas apie ateitį, visada jaučiu vaikišką nuostabą.

Tačiau, pamatęs visus šio serialo epizodus, pradėjau suvokti: nors visi pagyrimai atiteko pagrindiniam veikėjui Flešui, šio serialo siela iš tikrųjų – mokslininkas daktaras Zarkovas. Juk būtent jis išrado raketinį erdvėlaivį, neregimumo skydą, energijos šaltinį miestui kosmose ir daug kitų dalykų. Be tokio mokslininko jokios ateities apskritai nebūtų. Gražūs, žavingi veikėjai gali susilaukti visuomenės pasigėrėjimo, bet visi nuostabūs ateities atradimai yra šalutinis neišreklamuotų, nežinomų mokslininkų veiklos produktas.

Vėliau, kai jau mokiausi vidurinėje mokykloje, nusprendžiau sekti tų didžiųjų mokslininkų pavyzdžiu ir išbandyti kai ką iš to, ko jau išmokau. Norėjau tapti dalele tos didžiosios revoliucijos, kuri, kaip žinojau, pakeis pasaulį. Tad nusprendžiau sukurti atomų skaldymo prietaisą. Paprašiau motinos leisti mūsų garaže statyti 2,3 mln. elektronvoltų galingumo elementariųjų dalelių greitintuvą. Ji truputį nustebo, bet sutiko. Tada, nuėjęs į *Westinghouse* ir *Varian Associates* kompanijas, nusipirkau 180 kg transformatorinio plieno, 35,2 km vario laidų ir mamos garaže sumeistravau betatroną – ciklinį elektronų greitintuvą.

Iki tol jau buvau pasigaminęs Vilsono kamerą su galingu magnetiniu lauku ir fotografavau antimedžiagos judėjimo trajektorijas. Tačiau man to nepakako. Dabar norėjau gauti antimedžiagos pluoštą. Magnetinės manojo atomų skaldytuvo ritės sėkmingai sukurdavo labai stiprų 10 000 gausų magnetinį lauką (apie 20 000 kartų stipresnį už magnetinį Žemės lauką; iš principo tokio jo stiprumo pakako iš rankų išplėsti plaktuką). Tam įrenginiui reikėjo iki 6 kWh elektros energijos – tiek, kiek visoms mūsų namo reikmėms tenkinti. Tad kai jį įjungdavau, name dažnai perdegdavo visi saugikliai. (Vargšė motina tada greičiausiai susimąstydavo, kodėl jos sūnus, užuot užsiiminėjęs tokiais dalykais, neina žaisti futbolo kartu su visais.)

Visą gyvenimą mane kamavo tos dvi aistros – troškimas perprasti visus fizikinius Visatos dėsnius vienos rišlios teorijos pavidalu ir noras numatyti

ateitį. Ilgainiui supratau, kad jos papildo viena kitą. Svarbiausia priemonė ateičiai suvokti – perprasti pagrindinius gamtos dėsnius ir tada panaudoti juos tiems išradimams, mašinoms ir gydymo būdams, kurie nuves mūsų civilizaciją į tolimą ateitį.

Išsiaiškinau, kad būta daug mėginimų nuspėti ateitį; daugelis jų naudingi ir įžvalgūs. Tačiau tuo daugiausia užsiėmė istorikai, sociologai, rašytojai fantastai ir „futurologai“, taigi pašaliečiai, prognozuojantys mokslo pasaulio ateitį, gerai neišmanydami paties mokslo. O mokslininkai, tikrai kuriantys ateitį savo laboratorijose, yra per daug užsiėmę siekti proveržių savo srityse, kad rastų laiko rašyti knygas apie ateitį plačiam visuomenei.

Štai kodėl ši knyga yra kitokia. Tikiuosi, ji duos vaizdą, kokių nuostabių atradimų laukia patys mokslininkai, ir leis susidaryti kuo tikroviškesnę ir pagrįstesnę 2100 m. pasaulio vaizdą.

Be abejo, prognozuoti ateitį visiškai tiksliai yra neįmanoma. Man atrodo, geriausia, ką galima padaryti – tai sužinoti, ką galvoja mokslininkai, esantys priešakinėse savosios mokslo šakos linijose ir atliekantys labai naujingą ateities kūrimo darbą. Jie kuria prietaisus, daro išradimus, sugalvoja naujus gydymo būdus; visa tai sukels mūsų civilizacijoje revoliucinių pokyčių.

Ši knyga remiasi jų pasakojimais. Turėjau progos pabūti priešakinėse šios didžiosios revoliucijos linijose, šalies televizijai ir radijo stotims apklausiau daugiau kaip 300 žymiausių pasaulio mokslininkų, mąstytojų ir svajotojų. Taip pat gabenau į jų laboratorijas televizijos laidų rengimo komandas filmuoti nuostabių įrenginių, pakeisiančių mūsų ateitį, prototipų. Man, kaip laidų vedėjui, teko reta garbė rengti daug specialiųjų laidų apie mokslą *BBC* televizijai, *Discovery Channel* ir *Science Channel* kanalams ir trumpai apibūdinti įstabius mokslininkų, drįstančių kurti ateitį, išradimus ir atradimus. Kadangi galiu tęsti savo darbą stygų teorijos kūrimo srityje ir kartu domėtis svarbiausiais tyrimais, kurie šiam šimtmečiui žada revoliucinių pertvarkymų, manau, toks mano užsiėmimas yra vienas iš trokštamiausių mokslo srityje. Tai mano vaikystės svajonių išsipildymas.

Tačiau ši knyga ne tokia, kaip mano ankstesnės. Knygoje *Beyond Einstein* ir *Parallel Worlds* aptariau naujus gaivius vėjus, pučiančius mano srityje – teorinėje fizikoje – kurie atveria naujus kelius suprasti Visatą. Knygoje „To, kas

neįmanoma, fizika“ nagrinėjau, kaip naujausi fizikos atradimai gali padaryti įmanomas net pačias drąsiausias mokslinės fantastikos idėjas.

Ši knyga yra artimiausia mano knygai „Vizijos“ (*Visions*), kurioje gvildeinau, kaip mokslas vystysis ateinančiais dešimtmečiais. Man labai malonu, kad daugelis tos knygos prognozių jau įgyvendinta ir tapo kasdienybe. Jų tikslumas labai priklausė nuo daugelio mokslininkų, su kuriais, ją rašydamas, tariausi, išminties ir įžvalgumo.

Tačiau ši knyga pateikia daug platesnį ateities vaizdą, joje aptariamos technologijos, kurios gali subręsti per ateinančius 100 m. ir kurios galų gale nulems žmonijos likimą. Nuo to, kaip susidorosime su ateinančio šimtmečio iššūkiais ir kaip išnaudosime galimybes, galų gale ir priklausys galutinis žmonių giminės kelias.

ATEINANČIO ŠIMTMEČIO NUMATYMAS

Numatyti, kas bus už kelerių, o tuo labiau už 100 m., yra bauginamas uždavinys. Tačiau jis verčia svajoti apie technologijas, kurios greičiausiai ilgainiui pakeis visos žmonijos likimą.

1863 m. įžymusis rašytojas Žiulis Vernas (*Jules Verne*) ėmėsi savo bene paties ambicingiausio projekto. Jis parašė pranašišką romaną „Paryžius XX amžiuje“ (*Paris in the Twentieth Century**), kuriame visą savo didžiulį talentą panaudojo numatyti ateinantį šimtmetį. Deja, šios knygos rankraštis dingo laiko ūkanose, ir tik jo proprovaikaitis atsitiktinai rado seife, kuris stovėjo užrakintas beveik 130 m. Suprasdamas, kokį turtą aptiko, išspausdino 1994 m.; jis tapo bestseleriu.

1863 m. senovines imperijas tebevaldė karaliai ir imperatoriai, o skurstantys valstiečiai sunkiai dirbo, liejo prakaitą laukuose. Jungtinėse Valstijose siautėjo niokojantis pilietinis karas, beveik suskaldęs šalį, o garo energija dar tik pradėjo daryti perversmą pasaulyje. Tačiau Ž. Vernas teigė, kad Paryžiuje 1960 m. bus stiklo dangoraižių, oro kondicionavimas, televizija, liftai, greitieji traukiniai, benzinu varomi automobiliai, fakso aparatai ir netgi kažkas panašaus į internetą. Su tiesiog antgamtiniu tikslumu jis aprašė gyvenimą šių dienų Paryžiuje.

* Originalo k. – *Cing Semaines en ballon* („Penkios savaitės oro balionu“. – Red. past.)

Tai buvo ne laimingas atsitiktinumas: vos po kelerių metų jis paskelbė dar vieną įspūdingą prognozę. 1865 m. parašė knygą „Iš Žemės į Mėnulį“ (*De la terre a la lune*), kurioje aprašė detales tos misijos, kuri mūsų astronautus nusiuntė į Mėnulį daugiau kaip po 100 m. – 1969 m. Jis kelių procentų tikslumu numatė kosminės kapsulės dydį, iš kurios vietos Floridoje, netoli Kanaveralo kyšulio, ji bus paleista, kiek astronautų dalyvaus šioje misijoje, kiek laiko truks jų kelionė, aprašė nesvarumo būseną, kurią astronautai patirs, ir tai, kaip jie galų gale nusileis vandenyne. (Vienintelė didelė jo klaida – manė, jog astronautų kelionei į Mėnulį bus naudojamas parakas, o ne raketinis kuras. Tačiau skystuoju kuru varomos raketos buvo išrastos tik po 70 m.)

Kaip Ž. Vernas sugebėjo taip tiksliai numatyti, kas bus po 100 m.? Jo biografai pažymi: nors jis ir nebuvo mokslininkas, tačiau nuolat bendravo su mokslininkais, klausdavo, kaip jie įsivaizduoja ateitį. Sukaupė didelį archyvą, kuriame buvo apibendrinti didieji moksliniai to meto atradimai. Ž. Vernas geriau už kitus suprato, kad mokslas yra variklis, drebinantis civilizacijos pamatus, varantis ją į naują šimtmetį, kupiną netikėtų, nuostabių dalykų, tiesiog stebuklų. Gilių įžvalgų pagrindą sudarė jo gebėjimas suvokti mokslo galią įgyvendinti revoliucinius visuomenės pertvarkymus.

Kitas įžymus technologijų pranašas buvo Leonardas da Vinčis (*Leonardo da Vinci*) – dailininkas, mąstytojas ir pranašas-svajotojas. XIV a. pabaigoje sukūrė puikius, labai tikslus įrenginių, ateityje pakilsiančių į dangų – parašiutų, sraigtasparnių, skraidyklių ir net lėktuvų – brėžinius. Pažymėtina, kad daugelis jo išrastų aparatų būtų galėję skraidyti. (Deja, jo skraidymo aparatai stokojo vieno dalyko – bent vieno arklio galios variklio, tačiau jo nebuvo dar 400 m.)

Ne mažiau stebina ir tai, kad L. da Vinčis sukūrė ir skaičiavimo mašinos brėžinį, maždaug 150 m. pralenkusį laiką. Užmirštas rankraštis 1967 m. buvo iš naujo išnagrinėtas ir paaiškėjo, kad šioje mašinoje turėjo būti 13 skaičiavimo ratukų. Sukant rankenėlę, krumpliaraciai mašinos viduje sukosi tokia eilės tvarka, kuri leido atlikti aritmetinius veiksmus. (1968 m. ta mašina buvo pagaminta ir veikė.)

Be to, XX a. šeštajame dešimtmetyje buvo rastas dar vienas jo rankraštis – automatinio kario eskizas. Jis buvo pavaizduotas su vokiečių-italų šarvais, galėjo atsisėsti, judinti rankas, kaklą, žandikaulį. Jis vėliau buvo pagamintas ir veikė.

Kaip ir Ž. Vernas, Leonardas gebėjo taip tiksliai numatyti ateitį dėl to, kad konsultavosi su pažangiai mąstančiais žmonėmis. Jis priklausė mažam būreliui žmonių, buvusių priešakinėse naujovių linijose. Be to, visada bandė, gamino, darė savo modelių eskizus; tai svarbiausia savybė visų, kas nori savo mintis paversti tikrove.

Turėdami galvoje nuostabias, tiesiog pranašiškas Ž. Verno ir L. da Vinčio išvalgas, klausiamo, ar įmanoma numatyti, koks bus pasaulis 2100 m.? Tęsiant šių išvalgių žmonių tradicijas, leidinyje bus kruopščiai nagrinėjami žymiausių mokslininkų, kuriančių mūsų ateitį pakeisiančių technologijų prototipus, darbai. Ši knyga nėra mokslinės fantastikos kūrinys, šalutinis Holivudo filmams rašančio scenarijus žmogaus įaudrintos vaizduotės produktas. Ji remiasi tvirtu pagrindu – mokslo tyrimais, vykdomais šiuo metu svarbiausiose pasaulio laboratorijose.

Visų šių technologijų prototipai jau yra. Galima pakartoti, ką sykį pasakė Viljamas Gibsonas (*William Gibson*), mokslinės fantastikos romano *Neuromancer* autorius, sugalvojęs *kibernetinės erdvės* sąvoką: „Ateitis jau čia, tik ji netolygiai pasiskirsčiusi.“

Prognozuoti, koks bus pasaulis 2100 m., yra sunkus uždavinys ir dėl to, kad gyvename tuo metu, kai vyksta didelis mokslo perversmas, ir atradimų tempai nuolat spartėja. Per kelis pastaruosius dešimtmečius sukaupta daugiau mokslo žinių, negu per visą ankstesnę žmonijos istoriją. Na, o iki 2100 m. tų mokslo žinių kiekis padvigubės dar ne vieną kartą.

Koks bus pasaulis po 100 metų? Bene geriausias būdas tai numatyti – prisiminti, koks jis buvo 1900 m., kai jame gyveno mūsų seneliai.

Žurnalistas Markas Salivanas (*Mark Sullivan*) siūlo įsivaizduoti žmogų, skaitantį laikraštį 1900 m.:

„1900 sausio 1-ąją amerikiečiai savo laikraščiuose nerado žodžių radijas, nes radijo aparatai atsirado tik po 20 m., ar filmas, nes ir jie buvo tolesnės ateities dalykas. Nebuvo ir žodžio vairuotojas: automobiliai ką tik pasirodė ir buvo vadinami kariatomis be arklių [...] Nebuvo ir žodžio aviatorius [...] Ūkininkai nieko negirdėjo apie traktorius, o bankininkai – apie Federalinę rezervų sistemą. Prekiautojai nieko negirdėjo apie parduotuvių tinklus ar savitarną, o jūreiviai – apie skystojo kuro variklius [...] Užmiesčio keliuose dar buvo galima sutikti jaučiaus traukiamų vežimų [...] Arklių ar

mulų traukiami vežimai buvo paplitę visur [...] Kalvis po vešliai išsikerojusiu pakelės medžiu buvo kasdienybė.“¹

Norėdami suprasti, kaip sunku numatyti, kas bus po 100 m., turėtume įvertinti, kaip buvo sunku žmonėms 1900 m. prognozuoti, koks bus pasaulis 2000 m. 1893 m. Čikagoje vykusioje pasaulinėje parodoje 74 gerai žinomų žmonių buvo paprašyta papasakoti, koks mūsų pasaulis bus po 100 m. Iš atsakymų matyti, kad jie kaip susitarę per menkai vertino mokslo pažangos spartą.

Pavyzdžiui, daugelis teisingai numatė, kad ateityje paplis komerciniai transatlantiniai skrydžiai, bet manė, kad tai bus daroma oro balionais. Senatorius Džonas Ingolsas (*John J. Ingalls*) pareiškė: „Taps įprasta išsikviesti dirizablį, kaip dabar išsikviečiame karietą ar užsisakome batus.“² Jie taip pat nenumatė automobilių paplitimo. JAV Pašto tarnybos viršininkas Džonas Vanameikeris (*John Wanamaker*) tvirtino: Jungtinėse Valstijose ir po 100 m. paštas bus pristatomas pašto karietomis ir raitų kurjerių.

Per menkas mokslo ir naujovių vertinimas apėmė net patentų tarnybą. 1899 m. Čarlzas Djuelis (*Charles H. Duell*), JAV Patentų tarnybos komisaras, sakė: „Viskas, ką galima išrasti, jau išrasta.“³

Kai kurie savo srities specialistai per menkai vertino tai, kas vyko jų paanosėje. 1927 m. Haris Vornėris (*Harry M. Warner*), vienas iš *Warner Brothers* kompanijos įkūrėjų, nebyliojo kino epochos metu leptelėjo: „Kam, po velnių, gali kilti noras, kad aktoriai kalbėtų?“⁴

O Tomas Votsonas (*Thomas Watson*), *IBM* kompanijos valdybos pirmininkas, 1943 m. pareiškė: „Manau, pasaulio rinkai patenkinti turėtų pakakti kokių penkių skaičiavimo mašinų.“⁵

Per menkas mokslo atradimų galios vertinimas neaplenkė net gerbiamo *The New York Times* dienraščio. (1903 m., vos prieš savaitę iki sėkmingo brolių Raitų (*Wright*) skrydžio savo lėktuvu iš Kiti Hoko šiaurės Karolinoje, jis pareiškė, kad skraidymo aparatai yra tik tuščias laiko švaistymas. 1920 m. jis kritikavo raketų kūrėją Robertą Godardą (*Robert Goddard*), jo darbus vadino beprasmyiais vien dėl to, kad raketos tariamai negali skristi vakuumu. Po 49 m., kai *Apollo 11* astronautai nusileido Mėnulyje, šis laikraštis, jo garbei, paskelbė paneigimą: „Dabar jau neabejotinai nustatyta, kad raketos gali veikti vakuumu. *Times* reiškia apgailestavimą dėl savo klaidos.“⁶

Iš to galima daryti išvadą, kad labai pavojinga lažintis, kas bus ateityje.

Ateities spėjimai, su retomis išimtimis, visada per menkai vertino technologinės pažangos spartą. Mums nuolat kartojama, kad istoriją rašo optimistai, o ne pesimistai. Prezidentas Dvaitas Eisenhoweris (*Dwight Eisenhower*) pasakė: „Pesimizmas niekada nelaimėjo karo.“

Galima matyti, kad netgi rašytojai fantastai per menkai vertino mokslo atradimų tempus. Kai dabar žiūrime garsiojo septintojo dešimtmečio televizijos serialo „Žvaigždžių kelias“ (*Star Trek*) epizodus, pastebime, kad daugelis to serialo „XXIII šimtmečio technologijų“ jau tapo kasdienybe. Tada televizijos žiūrovai stebėjosi, matydami mobiliuosius telefonus, nešiojamuosius kompiuterius, galinčius kalbėti aparatus ir rašomąsias mašinėles, spausdinančias diktuojamą tekstą. Visos šios technologijos jau yra. Netrukus turėsime ir kelias universalaus vertimo aparato versijas, kuris greitai išvers į kitą kalbą jūsų žodžius. Greitai atsiras ir vadinamieji trikorderiai (*tricorders*) – nešiojamieji aparatai, kuriais bus galima nustatyti paciento ligą nuotoliniu būdu. (Išskyrus transporto priemones, besiremiančias erdvės deformavimo principu, daug tų XXIII šimtmečio mokslo atradimų jau turime.)

Atsižvelgdami į tokias ryškias klaidas, kurias žmonės darė, sumenkindami ateitį, kaip galėtume savo prognozėms suteikti tvirtesnę mokslinę pagrindą?

GAMTOS DĖSNIŲ SUPRATIMAS

Šiandien gyvename jau nebe tais tamsiaisiais mokslo laikais, kai buvo manoma, jog žaibai ir epidemijos yra dievų galios demonstravimas. Turime didžiulį pranašumą, kurio neturėjo nei Ž. Vernas, nei L. da Vinčis – gerai suprantame gamtos dėsnius.

Prognozės visada turės trūkumų, bet vienas iš būdų pasiekti, kad jos būtų kuo patikimesnės – suprasti keturias pagrindines gamtos jėgas, kuriomis remiasi Visata. Kai tik kuri nors iš jų buvo suprasta ir aprašyta, keisdavosi visa žmonijos istorija.

Pirmoji jėga, kurią reikėjo paaiškinti, – gravitacinė. Izaokas Niutonas (*Isaac Newton*) sukūrė mechaniką, galinčią paaiškinti, kad daiktai juda, veikiami jėgų, o ne kažkokių mistinių dvasių ar kitokių metafizinių dalykų. Tai padėjo nutiesti kelią pramonės revoliucijai ir garo energijos naudojimui, ypač lokomotyvuose.

Antroji jėga, kurią reikėjo suprasti, buvo elektromagnetinė – ta, kuri apšviečia miestus ir varo buitinius prietaisus. Kai Tomas Edisonas (*Thomas Edison*), Maiklas Faradėjus (*Michael Faraday*), Džeimsas Klarkas Maksvelis (*James Clerk Maxwell*) ir kiti paaiškino elektrą ir magnetizmą, tai sukėlė elektroninę revoliuciją, sukūrusią daug mokslo stebuklų. Tai pastebime, kai tik dingsta elektra, ir visuomenė staiga sugrąžinama į praeities laikus.

Trečioji ir ketvirtoji jėgos, kurias reikėjo suprasti, buvo dvi branduolinės – silpnoji ir stiprioji. Kai A. Einšteinas pasiūlė $E = mc^2$ lygtį, ir kai XX a. ketvirtajame dešimtmetyje buvo suskaldytas atomas, mokslininkai pradėjo suprasti jėgas, kurios įžiebė dangaus kūnus. Tai atskleidė žvaigždžių paslaptį ir ne tik išlaisvino didžiules branduolinių ginklų jėgas, bet ir suteikė vilčių, kad ateis laikas, kai galėsime jas įkinkyti į darbą čia, Žemėje.

Šiandien jau gana gerai suprantame tas keturias jėgas. Pirmosios jėgos – gravitacinės – bendroji Einšteino reliatyvumo teorija neaprašo. Kitas tris aprašo kvantinė teorija, leidžianti atskleisti subatominio pasaulio paslaptis.

Kvantinė teorija savo ruožtu davė tranzistorių, lazerių ir skaitmeninę revoliuciją – varomąją šiuolaikinės visuomenės jėgą. Kvantinę teoriją mokslininkai sugebėjo panaudoti ir DNR molekulės paslaptims atskleisti. Ispūdingas biotechnologinės revoliucijos greitis yra tiesioginė kompiuterinės technologijos pasekmė: DNR grandinės sekas nustatė mašinos, robotai ir kompiuteriai.

Dėl viso to jau geriau galime numatyti, kokia kryptimi vystysis mokslas ir technologijos ateinančiame šimtmetyje. Visada pasitaikys visai netikėtų, naujų, atimančių žadą staigmenų, tačiau šiuolaikinės fizikos, chemijos ir biologijos pagrindai jau iš esmės padėti, nesitikime jokio esminio mūsų pagrindinių žinių peržiūrėjimo bent artimiausioje ateityje. Todėl šioje knygoje pateikiamos prognozės yra ne drąsių spėliojimų rezultatas, o blaivūs įvertinimai, kada šiandien jau sukurti naujų technologijų prototipai pagaliau pasieks brandą.

Baigiant norėtusi pabrėžti, jog yra kelios priežastys tikėti, kad galima numatyti 2100 m. pasaulio kontūrus:

1. Ši knyga remiasi pokalbiais daugiau kaip su 300 žymiausių mokslininkų, dirbančių priekinėse atradimų linijose.
2. Visi šioje knygoje minimi mokslo pasiekimai neprieštarauja žinomiems fizikos dėsniams.

3. Keturios jėgos ir pagrindiniai gamtos dėsniai dideliu mastu jau pažįstami, ir nemanome, kad jie galėtų itin kisti.
4. Visų šioje knygoje minimų technologijų prototipai jau yra.
5. Šią knygą rašė mokslininkas, su naujausiomis technologijomis susipažinęs tiesiogiai.

Daugybę metų buvome tik pasyvūs gamtos vyksmo stebėtojai. Su nuostaba ir baime tik žiūrėjome į kometas, žaibus, ugnikalnių išsiveržimus ir epidemijas, manydami, kad visa tai yra už mūsų pažinimo ribų. Senovės žmonėms gamtos jėgos buvo amžina paslaptis, kurios reikia bijoti ir ją garbinti. Todėl jie sukūrė dievus ir mitologiją, norėdami suprasti juos supantį pasaulį. Senovės žmonės vylėsi, kad, jiems melsdamiesi, susilauks malonės ir savo didžiausių norų patenkinimo.

Šiandien jau tapome gamtos šokio choreografais, gebančiais šen bei ten šiek tiek patobulinti jos dėsnius. Tačiau iki 2100 m. mūsų tapimo gamtos valdovais procesas baigsis.

2100 METAI: TAPIMAS MITOLOGINIAIS DIEVAIS

Jei šiandien kažkokiu būdu galėtume apsilankyti pas savo tolimus protėvius ir parodyti šiuolaikinio mokslo ir technologijų gausą, jie mus laikytų tikrais burtininkais. Galėtume parodyti reaktyvinius lėktuvus, pakylančius virš debesų, raketas, galinčias tirti Mėnulį ir planetas, magnetinio rezonanso tomografus, leidžiančius pažvelgti į gyvo kūno vidų, ir mobiliuosius telefonus, galinčius mus sujungti su bet kuriuo mūsų planetos gyventoju. Jei parodytume nešiojamuosius kompiuterius, galinčius akimirksniu nusiųsti į kitus žemynus judančius paveikslėlius ir žinias, jie tai palaikytų kerais.

Tačiau tai tik pradžia. Mokslas nėra statiškas, jis vystosi eksponentiškai. Jei paskaičiuosime paskelbtų mokslo straipsnių skaičių, tai pamatysime, kad maždaug kas 10 m. jis padvigubėja. Naujovės ir atradimai keičia ekonominę, politinę ir socialinę kraštovaizdį ir griaua senus širdžiai mielus tikėjimus ir prietarus.

Tad pabandykime įsivaizduoti, kaip pasaulis atrodys 2100 m.

Likimo valia 2100 m. tapsime panašūs į tuos dievus, kuriuos kadaise garbinome ir kurių bijojome. Tačiau tai pasieksime ne burtininko lazdelėmis ar

stebuklingais gėrimais, o kompiuterių mokslu, nanotechnologijomis, dirbtiniu intelektu, biotechnologijomis, o visų pirma kvantine teorija – visų kitų technologijų pagrindu.

2100 m. kaip mitologiniai dievai galėsime savo proto galia manipuliuoti daiktais. Kompiuteriai, tylomis skaitydami mūsų mintis, sugebės tenkinti mūsų norus. Pajėgsime vien minties galiomis judinti daiktus, nors žinome, kad telekinetiniai gebėjimai būdingi tik dievams. Gebėsime kurti net tokias gyvybės formas, kokių mūsų Žemėje niekada nebuvo. Pasitelkę nanotechnologijas, galėsime kokią nors daiktą paversti kažkuo kitu, sukurti ką nors iš pažiūros beveik iš nieko. Važinėsimės ne ugniniais vežimais, o elegantiškomis transporto priemonėmis, kurios pačios savaime, beveik nevartodamos degalų be jokių pastangų skries oru. Varikliai gebės panaudoti beribius žvaigždžių energijos išteklius. Būsime žvaigždėlaivių siuntimo tirti artimiausias žvaigždes išvakarėse.

Nors šios jėgos, primenančios dieviškąsias, atrodo neįsivaizduojamai toli nuo to, ką turime šiandien, jų sėklos sėjamos jau dabar. Tų jėgų suteiks šiuolaikinis mokslas, o ne dievams siunčiami maldavimai ir giesmės.

Esu kvantinės fizikos specialistas. Kiekvieną dieną kariauju su lygtimis, aprašančiomis subatomines daleles, sudarančias mūsų Visatą. Pasaulis, kuriame gyvenu, yra 11 matmenų hipererdvės, juodųjų skylių ir vartų į multivisatas visata. Tačiau kvantinės teorijos lygtis, kuriomis aprašomos sprogtančios žvaigždės ir Didysis sprogimas, galima panaudoti ir mūsų ateities kontūrams įžvelgti.

Tačiau kurgi veda technologijų kaita? Koks yra galutinis tos ilgos mokslo ir technologijų kelionės tikslas?

Perversmų viršūnė – planetinės civilizacijos, kurią fizikai vadina I tipo civilizacija, sukūrimas. Perėjimas į ją bus bene pats didžiausias perėjimas žmonijos istorijoje, ryškus nukrypimas nuo visų praeities civilizacijų. Visos svarbiausių naujienų antraštės vienokiu ar kitokiu būdu praneša apie planetinės civilizacijos gimdymo kančias. Ta civilizacija sukels visų sričių – komercijos, prekybos, kultūros, kalbos, pramogų ir laisvalaikio leidimo, net karo – perversmą. Skaičiuodami mūsų planetos energijos suvartojimo mastus, galime apytikriai sakyti, kad mūsų civilizacija I tipo statusą pasieks per 100 m. Jei tik nesužlugdys sumaišties ir beprotybės jėgos, perėjimas prie planetinės civi-

lizacijos yra neišvengiamas. Ji bus galutinis didžiulių, neįmanomų suvaldyti istorijos ir technologijos jėgų padarinys.

KODĖL PROGNOZĖS KARTAIS NEPASITVIRTINA

Tačiau keletas prognozių apie informacijos amžių akivaizdžiai prašovė pro šalį. Pavyzdžiui, daugelis futurologų prognozavo biurus be popierių, sakė, kad kompiuteriai popierinę dokumentaciją padarys atgyvena. Įvyko priešingai: pakanka tik pažvelgti į bet koki biurą ir pamatysime, kad popierių ten daugiau nei bet kada anksčiau.

Taip pat buvo kalbančių ir apie miestus be žmonių. Futurologai teigė: internetinės telekonferencijos leis apsieiti be susitikimų akis į akį, nebereikės važinėti į darbą ir atgal. Dėl to miestai turės labai ištuštėti, tapti miestaisaiduokliais, nes žmonės verčiau dirbs namie, o ne kontorose.

Taip pat buvo manoma, kad pagausės ir vadinamųjų kibernetinės erdvės turistų, žmonių, kurie kiauras dienas voliosis ant sofos ir savo kompiuteriuose internetu mėgausis vaizdais iš viso pasaulio. Manyta, kad atsiras ir kibernetinės erdvės pirkėjų, kurie po parduotuves vaikščios baksnodami kompiuterio pelę, ir parduotuvėms grės bankrotas. O kibernetinės erdvės studentai sakys esą paskaitas klauso internetu, bet iš tikrųjų tuo metu slapčia žais vaizdo žaidimus ir siurbčios alų. Universitetus teks uždaryti: neliks norinčių juos lankyti.

Arba prisiminkime vaizdinio telefono likimą. 1964 m. Pasaulinės mugės metu *AT&T* kompanija išleido apie 100 mln. dol. televizoriaus ekrano, kuris turėjo būti prijungtas prie telefono sistemos, kad kalbantys žmonės galėtų matyti vienas kitą, tobulinimui. Tačiau ši idėja niekada nebuvo įgyvendinta. *AT&T* kompanija pardavė tik apie 100 tokių aparatų, tad kiekvienas jų kainavo apie 1 mln. dol. Tai buvo labai brangiai kainavusi nesėkmė.

Taip pat buvo manoma, kad neišvengiamai žlugs ir tradicinės žiniasklaidos bei pramogų verslas. Kai kurie futurologai tvirtino: internetas praris teatrą, kiną, radiją ir televiziją, juos netrukus bus galima pamatyti tik muziejuose.

Iš tikrųjų atsitiko atvirkščiai. Eismo spūstys, tas neatskiriamas miesto gyvenimo bruožas, dabar didesnės nei anksčiau. Dar niekada nebuvo tiek daug keliaujančių į užsienio šalis, turizmas tapo viena iš sparčiausiai besivystančių ekonomikos šakų. Nepaisant ekonominio sunkmečio, parduotuvės lūžta nuo

pirkėjų. „Kibernetinės erdvės klausytojų“ nedaugėja – universitetai gali pasi-
girti rekordiniu studentų skaičiumi. Žinoma, vis daugiau žmonių nuspren-
džia dirbti namie ar bendrauti su bendradarbiais telekonferencijų būdu, tačiau
miestai dėl to toli gražu neištuštėjo. Veikia priešingai – jie tapo augančiais
didmiesčiais. Nors šiandien labai lengva vesti vaizdo pokalbius internetu, ta-
čiau dauguma žmonių nenori būti filmuojami, jiems geriau bendrauti akis
į akį. Žinoma, internetas pakeitė visą žiniasklaidos kraštovaizdį: didžiosios
kompanijos ieško, kaip iš interneto gauti kuo daugiau pajamų, tačiau net ne-
panašu, kad jis išstumtų televiziją, radiją, teatro spektaklius. Brodvėjaus šviesų
blizgesys nė kiek nenublanko.

URVINIO ŽMOGAUS PRINCIPAS

Kodėl tos prognozės neišsipildė? Manau, naujovės žmonės atmetė daugiau-
sia dėl to, ką aš vadinu *Urvinio žmogaus principu*. Genetiniai ir archeologiniai
duomenys rodo: šiuolaikiniai žmonės, mes, kilo iš Afrikos daugiau kaip prieš
100 000 m., tačiau nėra įrodymų, kad nuo to laiko mūsų smegenys ar asmeny-
bės būtų daug pakitusios. Kuris nors iš to meto žmonių anatominiu atžvilgiu nė
kiek nesiskirtų nuo mūsų. Jei jį išmaudytume vonioje, nuskustume, aprengtume
kostiumu ir nuvestume į Volstritą, savo išvaizda nesiskirtų nuo kitų. Greičiausiai
per tuos 100 000 m. ne ką tepasikeitė ir mūsų norai, svajonės, asmenybės, troš-
kimai. Greičiausiai tebegalvojame taip, kaip ir urviniai protėviai.

Esmė ta, kad, iškilus šiuolaikinės technologijos ir mūsų primityvių pro-
tėvių troškimų konfliktui, visada laimi pastarieji. Tai ir yra Urvinio žmogaus
principas. Pavyzdžiui, urvinis žmogus visada reikalavo pateikti „medžioklės
laimikio įrodymus.“ Niekada nepakako pasigirti, kad pavyko sumedžioti di-
delį žvėrį, jei jis paspruko. Ką tik sumedžioto žvėries turėjimas savo ranko-
se visada buvo vertinamas labiau už pasakojimus apie tuos žvėris, kuriems
pavyko pasprukti. Taip ir mes norime popierinio dokumento, instinktyviai
nepasitikime jo atvaizdu kompiuterio ekrane, tad spausdiname elektroninio
pašto žinutes ir ataskaitas, net kai tai nebūtina. Štai kodėl biurui be popierių
taip ir neprigijo.

Ir mūsų protėviams labiau patiko susitikti akis į akį. Tai padėjo užmegzti
ryšius su kitais ir atskleisti jų slepiamas emocijas. Kaip tik dėl to neatsirado ir

miestų be žmonių. Pavyzdžiui, viršininkas gali užsimanyti nuodugnai įvertinti savo darbuotojus. Tai padaryti internetu gali būti sunku, bet, susitikęs su darbuotoju akis į akį, viršininkas gali skaityti jo „kūno kalbą“ ir gauti vertingos papildomos informacijos. Stebėdami žmones iš arti, jaučiame ryšį, be to, galime skaityti beveik nematomą kūno kalbą ir suprasti, kokios mintys kirba jų galvose. Taip yra dėl to, kad mūsų panašūs į beždžiones protėviai prieš daug tūkstančių metų, kol dar nebuvo sukūrę kalbos, kūno kalba naudojosi kaip beveik vienintele priemone mintims ir emocijoms perteikti.

Dėl šios priežasties kibernetinės erdvės turizmas taip ir nesuklestėjo. Juk vienas dalykas matyti Tadž Mahalo mauzoliejaus paveikslėlius ir visai kitas turėti teisę pasigirti, kad jį matei savo akimis. Lygiai taip pat savo mėgstamo atlikėjo kompaktinio disko klausymasis neprilygsta tam jausmui, kuris apima išvydus jį koncerte, apsuptą fanfarų, sveikinimo šūksnių ir kitokio triukšmo. Vadinas, net jei turime galimybę įsirašyti kokybiškus mėgstamo spektaklio ar garsenybės pasirodymo vaizdus, tai niekada neprilygs tos pjesės atlikimo scenoje ar aktorius vaidybos stebėjimui. Gerbėjai neriasi iš kailio, siekdami gauti savo mėgstamiausių atlikėjų atvaizdus su jų autografais ar bilietus į jų koncertus, nors internete tai galėtų gauti nemokamai.

Tai paaiškina, kodėl prognozės, kad internetas išstums televiziją ir radiją, nepasitvirtino. Atsiradus filmams ir radijui, žmonės pradėjo apraudoti teatro mirtį, o kai į gyvenimą įžengė televizorius, ėmė pranašauti filmų ir radijo žlugimą. Tačiau dabar gyvename su visų šių žiniasklaidos priemonių mišiniu. Tai leidžia daryti išvadą, kad nauja žiniasklaidos priemonė ne sunaikina ankstesnės, o su ja sugyvena. Nepaliaujamai kinta tik tų priemonių komplekso sudėtis ir jų tarpusavio santykiai. Sugebėsiantis tiksliai numatyti, kokia bus ta sudėtis ateityje, galėtų labai praturtėti.

Taip yra dėl to, kad seniausi protėviai norėjo viską pamatyti savo akimis, o ne tenkintis tuo, ką apie tai išgirs iš kitų. Mūsų išgyvenimui miškuose buvo labai svarbu pasikliauti fiziniais įrodymais, o ne nuogirdomis. Todėl ir po 100 m. tebebus ir teatras, ir garsenybių medžiojimas, nes tą paveldėjome iš savo tolimos praeities.

Be to, juk esame kilę iš plėšrūnų, kurie medžiojo. Todėl taip mėgstame stebėti kitus ir ištisas valandas sėdime išsidrėbę priešais televizorių, žiūrėdami, ką išdarinėja mūsų dvikojai gentainiai, bet iš karto susinerviname, pajutę, kad kiti stebi mus. Mokslininkai net nustatė, kad pradedame nervintis jau po

4 sek., kai įsistebeilija koks nors nepažįstamasis, o po 10 sek. susierziname ne juokais ir jam pajuntame priešišumą. Dėl to tokią nesėkmę patyrė telefono su kalbančiųjų vaizdu idėja. Be to, kam gali patikti, kad, prieš kalbantis telefonu, reikėtų susišukuoti? (Šiandien, po dešimtmečius trukusio lėto, skausmingo tobulinimo, vaizdo konferencijos pagaliau pradeda prigyti.)

Šiandien jau turime galimybę mokytis internetu. Tačiau universitetai vis tiek lūžta nuo studentų. Tebeteikiama pirmenybė galimybei akis į akį susitikti su dėstytojais, galinčiais skirti dėmesio individualiai ir atsakyti į asmeninius klausimus. Ir ieškant darbo universiteto baigimo diplomas vertinamas labiau už internetu baigtų mokslų diplomą.

Nesiliauja šiuolaikinių techninių priemonių ir asmeninio bendravimo lenktyniavimas, kai varžosi du mokymosi būdai: sėdėjimas priešais televizorių ir kontaktavimas su mus supančiais daiktais. Mums reikalingi jie abu. Štai kodėl kibernetinės erdvės ir virtualiosios tikrovės amžiuje dar neišnyko nei teatras, nei popierinė dokumentacija, nei turizmas. Tačiau jei pasiūlytų nemokamai mūsų mėgstamo garsaus muzikanto koncerto vaizdo įrašą ar bilietą į jo koncertą, neabejotinai pasirinktume bilietą.

Taigi suveikia Urvinio žmogaus principas: norėtume turėti ir viena, ir kita, bet jei reikėtų rinktis vieną iš jų, tai, kaip ir mūsų žilos senovės laikų protėviai, renkamės tiesioginį ryšį.

Tačiau šis principas turi ir tam tikrų padarinių. Kai mokslininkai XX a. septintajame dešimtmetyje sukūrė internetą, plačiai paplito nuomonė, kad jis taps švietimo, mokslo ir pažangos forumu. Tačiau daugelis pasibaisėjo, kad jis netrukus degradavo iki šiandieninių Laukinių Vakarų, kur, ko nors siekiant, tinka visos priemonės. Tiesą sakant, to ir reikėjo laukti.

Urvinio žmogaus principo taikymo pasekmė tokia: jei norime prognozuoti socialines žmonių sąveikas ateityje, pakanka įsivaizduoti mūsų socialines sąveikas prieš 100 000 m. ir padauginti iš milijardo. Tai reiškia, kad ir ateityje daugiausia dėmesio susilauks paskalos, bendravimas socialiniuose tinkluose ir pramogos. Gandai gentyje yra svarbūs greitam informacijos, ypač apie vadovus ir sektinus pavyzdžius, perdavimui. Neinformuoti, nesuvokiantys aplinkybių dažnai neišlikdavo ir nespėdavo perduoti palikuonims savo genų.

Šiandien tai galima matyti parduotuvėse, bulvarinių žurnalų, kupinų paskalų apie garsenybes, stenduose, tai rodo ir garsenybių šlovinimo kultūra.

Vienintelis skirtumas tik toks, kad šių genties paskalų mastai žiniasklaidos pastangomis nepaprastai išaugo, paskalos dabar per sekundės dalį gali kelis kartus apskrieti visą pasaulį.

Šis staigus socialinių tinklų tinklalapių bumas, kai nemažai jaunų verslininkų vaikiškais veidais per labai trumpą laiką tapo milijardieriais, daugelį analitikų užklupo nepasiruošusius, tačiau jis irgi yra to principo veikimo pavyzdys. Žmonių giminės evoliucijos istorijoje tie, kurie išsaugojo didelius socialinius tinklus, galėjo pasikliauti jais, ieškodami išteklių, patarimų ir pagalbos; tai buvo gyvybiškai svarbu išlikimui.

Baigiant reikėtų pabrėžti, kad pramogos audringai auga ir toliau. Kartais nemėgstame pripažinti, kad vyraujančią mūsų kultūros dalį sudaro pramogos. Tolimi protėviai po medžioklės atsipalaiduodavo ir pramogaudavo. Tai buvo svarbu ne tik ryšiams užmegzti, bet ir savo padėčiai gentyje įtvirtinti. Neatsitiktinai tokios svarbios sudedamosios pramogavimo dalys, kaip mokėjimas šokti ir dainuoti, yra gyvybiškai svarbios ir gyvūnų pasaulyje, demonstruojant savo šaunumą priešingos lyties atstovei ar atstovui. Kai paukščių patinėliai čilba puikias, sudėtingas melodijas arba pradeda keistus poravimosi ritualus, šitokiu būdu nori parodyti priešingos lyties atstovei, jog yra sveiki, stiprūs, neaptekę parazitais, ir jų genai verti būti perduoti būsimoms kartoms.

O meno kūrinų kūrimas buvo ne tik pramoga – jis itin svarbus ir smegenų evoliucijai, nes smegenys daugumą informacijos saugo simbolių pavidalu.

Tad jei tik genetiškai nepakeisime savo asmenybės pagrindų, tai, reikėtų tikėtis, gebėjimų pramogauti, bulvarinės spaudos platinamų paskalų ir socialinių tinklų vaidmuo ateityje ne mažės, o didės.

MOKSLAS KAIP KALAVIJAS

Kartą mačiau filmą, kuris visiems laikams pakeitė mano požiūrį į ateitį. Jis vadinosi *Forbidden Planet* ir rėmėsi Viljamo Šekspyro (*William Shakespeare*) pjesė „Audra“ (*The Tempest*). Tame filme astronautai susiduria su senovės civilizacija, kuri klestėjo ir buvo milijonais metų pralenkusi mus. Jos gyventojai buvo pasiekę galutinį savo technologijų tikslą – disponuoti beribėmis galiomis be jokių techninių priemonių, kitaip sakant, gebėjo beveik viską pasiekti vien tik savo proto jėga. Jie mokėjo mintimis prisijungti prie didžiulių termobran-

IVADAS

duolinių jėgainių, esančių jų planetos gelmėse, ir jos jų norus paversdavo tikrove. Kitaip sakant, jie disponavo dievų galiomis.

Panašių galių turėsime ir mes, tik nereikės to laukti milijonus metų. Pakaks palaukti 100 m., o tokios ateities užuomazgų galime įžvelgti jau ir šių dienų technologijoje. Tačiau filmas turėjo ir didaktinę potekstę: dieviškosios galios tą civilizaciją ilgainiui sugriovė.

Žinoma, mokslas yra dviašmenis kalavijas; sprendamas problemas, jis sukuria naujų, tik kaskart vis aukštesnio lygio. Šių dienų pasaulyje yra dvi konkuruojančios tendencijos: viena siekia sukurti planetinę civilizaciją, kuri būtų tolerantiška, mokslinė ir klestinti, o kita šlovina anarchiją ir tamsumą – dalykus, sugriausiančius mūsų visuomenės struktūrą. Tebeturime savo protėvių sektantiškų, fundamentalistinių, iracionalių polinkių, troškimų; skirtumas tik toks, kad šiandien turime branduolinį, cheminį ir biologinį ginklus.

Ateityje iš pasyvių gamtos šokio stebėtojų tapsime gamtos choreografais, jos valdovais, galų gale ir jos saugotojais. Todėl tikėkimės, kad tuo mokslo kalaviju naudosis išmintingai ir nešališkai, tramdydami senosios praeities barbariškumą.

O dabar leiskimės į hipotetinę kelionę po mokslo naujovių ir atradimų per ateinančius 100 m. pasaulį, remdamiesi tuo, ką sužinojau iš mokslininkų, kuriančių tą ateitį. Tai bus pašėlęs lėkimas per sparčiai besivystančias kompiuterijos, telekomunikacijų, biotechnologijos, dirbtinio intelekto ir nanotechnologijų sritis. Be jokios abejonės, jos pakeis mūsų civilizacijos ateitį.

PIRMAS SKYRIUS

KOMPIUTERIO ATEITIS

PROTO PRANAŠUMAS PRIEŠ MEDŽIAGĄ

Savo vaizduotės ribotumą žmonės laiko pasaulio ribotumu.

– Artūras Šopenhaueris (*Arthur Schopenhauer*)

Joks pesimistas niekada neatskleidė žvaigždžių paslapčių, neatrado naujų žemių, neatvėrė žmogaus dvasiai naujo dangaus.

– Helena Keler (*Helen Keller*)

Aiškiai prisimenu, kaip beveik prieš 20 m. sėdėjau Marko Veizerio (*Mark Weiser*) kabinete Silicio slėnyje, o jis pasakojo, kaip įsivaizduoja ateitį. Gestikuluodamas susijaudinęs kalbėjo apie tuoj tuoj prasidėsiančią naują revoliuciją, kuri turėtų pakeisti pasaulį. M. Veizeris priklausė kompiuterių specialistų elitui, jis dirbo *Xerox* kompanijos Palo Alto tyrimų centre, kuris pirmasis sukūrė asmeninį kompiuterį, lazerinį spausdintuvą ir *Windows* tipo architektūrą su grafine vartotojo sąsaja. Tačiau jis buvo labai originalus, kovotojas su išgalėjusiomis pažiūromis, tradicinės galvosenos griovėjas ir siautulingos roko muzikantų grupės narys.

Tuo metu (dabar atrodo, kad tai buvo baisiai seniai) asmeniniai kompiuteriai buvo naujovė, dar tik pradedanti skverbtis į žmonių gyvenimą. Jie pamažu pratinosi prie minties, kad gal vertėtų įsigyti didelį, gremėzdišką stalinį kompiuterį duomenims apdoroti bei gal šiek tiek ir tekstams rengti. In-

ternetas tada iš esmės buvo tik tokių, kaip aš, mokslininkų gana uždara sritis; jie paslaptinę kalbą kūrė lygtis, suprantamas tik jų kolegoms mokslininkams. Vyko audringi ginčai, ar ta ant rašomojo stalo kiurksanti dėžė savo šaltu bejausmiu žvilgsniu nenužmogins mūsų civilizacijos. Net politikos apžvalgininkas Viljamas F. Baklis (*William F. Buckley*) buvo priverstas ginti tekstų rengimo sistemą nuo sukilusių prieš ją intelektualų, kurie atsisakė net prisiliesti prie kompiuterio, vadino miesčionių prietaisu.

Kaip tik tokių ginčų epochoje M. Veizeris sukūrė terminą *visuotinis naudojimasis kompiuteriais*. Neapsiribodamas tik asmeniniu kompiuteriu, jis numatė, kad ateis laikas, kai mikroschemos taps tokios pigios ir jų bus tiek daug, jog pasklis po visą aplinką, jų bus visur – drabužiuose, balduose, sienose ir netgi mūsų kūnuose. Jos bus sujungtos su internetu ir leis dalytis duomenimis, padarys gyvenimą malonesnį, leis stebėti visus mūsų norus. Kur pasisuksime, visur susidursime su mikroschemomis, be žodžių tenkinančiomis mūsų norus. Aplinka taps gyva.

Tuo metu M. Veizerio svajonės atrodė keistos, net absurdiškos. Dauguma asmeninių kompiuterių buvo brangūs, jie netgi nebuvo prijungti prie interneto. Mintis, kad vieną gražią dieną atsiras milijardai mažyčių mikroschemų, kurios bus tokios pigios, kaip vanduo iš čiaupo, atrodė beprotiška.

Tada paklausiau, kodėl taip tvirtai tiki, kad tokia revoliucija įvyks. Jis ramiai atsakė: kompiuterių galingumas didėja eksponentiškai ir tam didėjimui nematyti pabaigos. Taigi pasiūlė man apskaičiuoti pačiam – esą tai tik laiko klausimas. (Gaila, pats M. Veizeris tos revoliucijos nesulaukė, nes 1999 m. mirė nuo vėžio.)

Varomoji M. Veizerio pranašiškų svajonių jėga yra vadinamasis *Mūro dėsnis*, pagal kurį skaičiavimo mašinų pramonė vystosi jau 50 ar daugiau metų. Jis kaip koks laikrodis diktuoja šiuolaikinės civilizacijos vystymosi greitį. Pagal šį dėsnį, skaičiavimo mašinų galingumas padvigubėja maždaug kas 18 mėn. 1965 m. dėsnį suformulavo Gordonas Mūras (*Gordon Moore*), vienas iš *Intel Corporation* įkūrėjų. Šis paprastas dėsnis padėjo revoliucionizuoti pasaulio ekonomiką, sukūrė pasakiškus naujus turtus ir pakeitė mūsų gyvenimo būdą.

Jei grafike atidėsime staigų mikroschemų kainų mažėjimą ir spartų jų veikimo greičio, apdorojimo galios ir atminties didėjimą, gausime išpūdingą tiesę, kuri driekiasi į praeitį, siekiančią 50 m. (Grafikas daromas logaritminiame

popieriuje. Tiesą sakant, jei grafiką pratęstume tiek, kad jis apimtų ir skaičiavimo mašinas su vakuuminėmis kaitinamosiomis lempomis ar net mechaninius aritmometrus, tą tiesę galėtume pratęsti į praeitį, siekiančią net 100 m.)

Eksponentinį augimą kartais sunku suvokti, nes esame įpratę galvoti linijiniu būdu. Jis toks laipsniškas, kad kartais net sunku pastebėti, tačiau per dešimtmečius gali visiškai pakeisti viską, kas tik yra aplink mus.

Pagal Mūro dėsni, per kiekvienas Kalėdas gaunami nauji kompiuteriniai žaidimai yra beveik dvigubai pajėgesni (matuojant tranzistorių skaičiumi) negu prieš metus. Be to, metams bėgant, šis didėjimas tampa išpūdingas. Pavyzdžiui, gimimo dienos proga paštu gautame sveikinimo atviruke dažnai būna įmontuota mikroschema, sudainuojanti „Su gimimo diena“ melodiją. Pažymėtina, kad ta mikroschema yra pajėgesnė negu visų sąjungininkų pajėgų skaičiavimo prietaisai 1945 m. Adolfas Hitleris (*Adolf Hitler*), V. Čerčilis ar Franklinas Delanas Ruzveltas (*Franklin Delano Roosevelt*) būtų rizikavę gyvybe, kad tik gautų tokią mikroschemą.

O ką gi su ja darome mes? Gimimo dienai praėjus, sveikinimo atviruką kartu su ta mikroschema išmetame, ir tiek. Šiandien mobiliojo telefono pajėgumas didesnis negu visų *NASA* skaičiavimo prietaisų pajėgumas 1969 m., kai du jos astronautai išsilaipino Mėnulyje. Vaizdo žaidimai, kuriems reikia didžiulių pajėgumų modeliuoti trimates situacijas, yra pajėgesni už 10 m. senumo centrinius kompiuterius. Šių dienų *Sony PlayStation* žaidimų automatas, kainuojantis 300 dol., pajėgumu nenusileidžia 1997 m. kariniam superkompiuteriui, kainavusiam milijonus dolerių.

Skirtumą tarp kompiuterių pajėgumo linijinio ir eksponentinio augimo galima matyti analizuojant, kaip žmonės vertino kompiuterių ateitį 1949 m., kai *Popular Mechanics* žurnalas prognozavo, kad kompiuterių pajėgumo augimas ateityje bus linijinis, ir ilgainiui jis tik padvigubės ar patrigubės. Jis rašė: „Šiandien skaičiavimo mašina *ENIAC* turi 18 000 vakuuminių lempų ir sveria 30 t, o ateityje skaičiavimo mašinos turės galbūt tik 1000 vakuuminių lempų ir svers tik 1,5 t.“¹

(Motina Gamta labai vertina eksponentiškumo galią. Vienas vienintelis virusas gali užpulti žmogaus ląstelę ir priversti ją pasigaminti kelis šimtus savo kopijų. Jei virusų skaičius kiekvienoje naujoje kartoje padidės 100 kartų, tai vos per penkias kartas vienas virusas gali generuoti 10 mlrd. virusų. Todėl

KOMPIUTERIO ATEITIS

nieko keisto, kad vienas virusas gali užkrėsti žmogaus kūną, turintį trilijonus sveikų ląstelių, ir vos per savaitę galima persišaldyti.)

Padidėjo ne tik kompiuterių pajėgumas, bet ir radikalai pasikeitė to pajėgumo pateikimo būdas; ekonomikai tai turėjo didžiulių pasekmių. Galime sekti tą pažangą XX a. dešimtmetis po dešimtmečio:

- **Šeštasis dešimtmetis.** Skaičiavimo mašinos su vakuuminėmis lempomis buvo didžiuliai įrenginiai, salės pilnos laidų raizgalynės, ričių, plieno. Tiek lėšų, kiek reikia tokiems įrenginiams įsigyti, turėjo tik kariškiai.
- **Septintasis dešimtmetis.** Skaičiavimo mašinas su vakuuminėmis lempomis pakeitė tranzistoriniai kompiuteriai. Centriniai kompiuteriai pamažu įžengė į komercinę rinką.
- **Aštuntasis dešimtmetis.** Plokštės su integriniais grandynais, turinčiais šimtus tranzistorių, leido sukurti mažas skaičiavimo mašinas – tik didelio rašomojo stalo dydžio.
- **Devintasis dešimtmetis.** Mikroschemos, turinčios dešimtis milijonų tranzistorių, leido pagaminti asmeninius kompiuterius, telpančius lagaminėlyje.
- **Dešimtas dešimtmetis.** Internetas šimtus milijonų kompiuterių sujungė į vieną globalinį kompiuterių tinklą.
- **XXI a. pirmasis dešimtmetis.** Dėl visuotinio kompiuterių paplitimo mikroschemos atsiskyrė nuo kompiuterių ir pasklido po visą aplinką.

Senąją paradigmą (viena mikroschema staliniame kompiuteryje arba nešiojamasis kompiuteris, sujungtas su staliniu kompiuteriu) pakeitė nauja paradigma (tūkstančiai mikroschemų pačių įvairiausių daiktų viduje – balduose, prietaisuose, paveiksluose, sienose, automobiliuose, drabužiuose; visi jie susieti vieni su kitais ir su internetu).

Kai tik tos mikroschemos įmontuojamos į kokį nors prietaisą, stebuklingu būdu jis pasikeičia. Mikroschemos, įmontuotos į rašomąją mašinėlę, tapo teksto rengimo prietaisais. Telefonas jos pavertė mobiliu, o paprastus fotoaparatus – skaitmeniniais. Kiniški biliardai tapo vaizdo žaidimų aparatais, gramofonai – ausinukais. Lėktuvai tapo mirtį nešančiais *Predator* tipo nepi-

lotuojamais skraidymo aparatais. Toje šakoje dažnai įvykdavo revoliucinių pokyčių, ir ji atgimdavo. Ilgainiui beveik visas aplink mus įgaus proto. Mikroschemos taip atpigs, kad kainuos mažiau nei plastikinė pakuotė, ir pakeis brūkšninį kodą. Kompanijas, kurios savo gaminiais nesuteiks proto, iš verslo išstums tą darančios jų konkurentės.

Žinoma, ir toliau sups kompiuterių monitoriai, bet jie bus panašūs į sienų apmušalus, paveikslų rėmus ar šeimos fotografijas, šiandien puošiančias mūsų namus; tik dabar įsivaizduokime, kad visa tai atgijo, juda ir yra sujungta su internetu. Išeidami iš namų, matysime, kad pajudėjo ir paveikslai, nes judantys paveikslai kainuos tiek pat, kiek ir nejudantys.

Kompiuteriai, kaip ir kiti naudojami dalykai: elektros srovė, popierius, vandentiekis – turėtų tapti nepastebimi, tarsi išnykti mūsų gyvenimo kasdienybėje, būti visur ir kartu niekur, tyliai ir nepastebimai tenkinti mūsų norus.

Šiandien, įėję į kambarį, nevalingai ieškome elektros mygtuko, nes vadovaujamės prielaida, kad kambaryje yra elektra. Ateityje įėję į kambarį pirmiausia ieškosime interneto portalo, nes vadovausimės prielaida, kad jame yra internetas. Ne veltui rašytojas Maksas Frišas (*Max Frisch*) pasakė: „Technologija yra gebėjimas taip sutvarkyti pasaulį, kad jo neįstume.“²

Mūro dėsnis leidžia numatyti kompiuterių raidą ir artimiausioje ateityje. Artimiausią dešimtmetį mikroschemos bus sujungtos su itin jautriais davikliais, todėl jos galės pastebėti ligas, nelaimingus atsitikimus ir netikėtus pavojus ir perspėti, kol nevēlu. Jos atpažins žmogų pagal balsą ir veidą ir informaciją apie tai perduos normalia kalba. Jos gebės kurti išsčius virtualiuosius pasaulius; apie tai šiandien galime tik svajoti. Apie 2020 m. mikroschemos kaina gali nukristi iki cento – tiek, kiek dabar kainuoja makulatūra. Tada mūsų aplinkoje bus milijonai mikroschemų, tyliai vykdančių nurodymus.

Galų gale iš kalbos išnyks net pats žodis *kompiuteris*.

Mokslo ir technologijų pažangai ateityje aptarti kiekvieną šios knygos skyrių suskirsčiau į 3 laikotarpius: artimąją ateitį (dabartis–2030 m.), šimtmečio vidurį (2030–2070 m.) ir tolimąją ateitį (2070–2100 m.). Tų laikotarpių ribos labai apytikrės, bet jos parodo šioje knygoje trumpai apibūdintų įvairių tendencijų laiką.

Spartus kompiuterių pajėgumo didėjimas leis iki 2100 m. įgyti tokių galių, kokias turėjo tik kadaise mūsų garbinti mitologiniai dievai, leis vien tik

minties galiomis valdyti mus supantį pasaulį. Kaip tie mitologiniai dievai, gebėję pajudinti daiktus ir pertvarkyti žmonių gyvenimą vien tik rankos mostu ar galvos linktelėjimu, taip ir mes galėsime valdyti mus supantį pasaulį vien tik savo proto galiomis. Nuolat mintimis palaikysime ryšį su mūsų aplinkoje esančiomis mikroschemomis, kurios be žodžių vykdys nurodymus.

Prisimenu, kartą žiūrėjau serialo „Žvaigždžių kelias“ epizodą, kuriame erdvėlaivio *Enterprise* įgula pateko į planetą, apgyventą senovės graikų dievų. Priešais juos iškilo išpūdinga Apolono figūra; jis galėjo apstulbinti ir priblokšti juos vertais dievo žygdarbiais. XXIII a. mokslas buvo bejėgis varžytis su dievu, prieš tūkstančius metų senovės Graikijos laikais valdžiusiu dangų. Tačiau kai tik įgulos nariai atsitokėjo nuo to sukrėtimo, kurį jiems sukėlė netikėtas susitikimas su graikų dievais, suprato, kad turi būti kažkoks tos dievų galios šaltinis: Apolonas turi mintimis palaikyti ryšį su centriniu kompiuteriu ir jėga, vykdančia jo norus. Kai tik įgula surado ir suardė jėgos tiekimo kanalą, Apolonas tapo paprastu mirtinguoju.

Tai buvo tik Holivudo pramanytas pasakojimas. Tačiau, ekstrapoliuodami tuos radikalius atradimus, kurie dabar daromi laboratorijose, mokslininkai gali numatyti, kada ir mes telepatiniu būdu galėsime valdyti savo kompiuterius ir šitaip įgyti Apolono galių.

ARTIMOJI ATEITIS (DABARTIS–2030 M.)

INTERNETINIAI AKINIAI IR KONTAKTINIAI LĘŠIAI

Šiandien, pasitelkę kompiuterius ir mobiliuosius telefonus, galime komuniuoti su internetu. Tačiau ateityje internetas bus visur – sieniniuose ekranuose, balduose, skelbimų stenduose ir net akiniuose, kontaktiniuose lęšiuose. Pakaks mirktelėti ir prisijungsime.

Yra keli būdai kontaktiniams lęšiams prijungti prie interneto. Vaizdą iš akinių galima nukreipti į akies tinklainę tiesiai per akies lęšiuką. Tačiau tą vaizdą galima projektuoti ir į lęšiuką, kuris tada virs ekranu. Lęšiuką galima pritvirtinti ir prie akinių rėmelių kaip kokį mažą juvelyrinį lęšį. Tada pro akinius matysime interneto vaizdus, kaip žiūrėdami į kino ekraną. Tuo vaizdu galėsime manipuluoti rankiniu prietaisu, valdančiu kompiuterį belaidžiu ry-

šiu. Vaizdą galėsime valdyti ir judindami ore pirštus, nes kompiuteris reaguos į judinamų pirštų padėtį.

Pavyzdžiui, nuo 1991 m. Vašingtono universiteto mokslininkai tobulina virtualiojo tinklainės ekrano (VTE) technologiją, kai raudono, žalio ir mėlyno lazerių šviesos nukreipiamos tiesiai į tinklainę. Kai regėjimo lauko plotis 120 laipsnių, o skiriamoji geba 1600 x 1200 taškelių, VTE galima gauti puikų tikrovišką vaizdą, prilygstantį kino teatro ekrane matomam vaizdui. Tokį vaizdą galima matyti, užsidėjus šalmą, paprastus ar apsauginius akinius.

Man dar XX a. dešimtojo dešimtmečio pabaigoje pasitaikė proga išbandyti tokius internetinius akinius. Tai buvo ankstyvasis jų variantas, sukurtas Masačusetso technologijos instituto Žiniasklaidos laboratorijos mokslininkų. Jie atrodė kaip paprasti akiniai, tik turėjo apie 1,7 cm ilgio cilindrinį lęšį, pritvirtintą prie dešiniojo akinių lęšio kampo. Puikiausiai mačiau pro tuos akinius, o žiūrėdamas į cilindrinį lęšį, galėjau aiškiai matyti kompiuterio ekraną, kuris iš pažiūros buvo tik truputį mažesnis už įprastinį kompiuterio ekraną. Mane nustebino vaizdo aiškumas – atrodė, ekranas žiūri tiesiai į veidą. Tada man davė maždaug mobiliojo telefono dydžio įtaisą su mygtukais. Juos spaudydamas, galėjau stumdyti ekrane žymeklį ir net spausdinti nurodymus.

2010 m. *Science Channel* kanalo, kurio laidos vedėjas buvau, reikalais nuvykau į Fort Beningą Džordžijos valstijoje pasižiūrėti JAV armijos naujausio „Interneto mūšio laukui“ varianto *Land Warrior*. Užsidėjau specialų šalmą su prie jo šono pritvirtintu mažyčiu ekranėliu. Kai tą ekranėlį pasistūmiau virš akių, staiga pamačiau nepaprastą vaizdą – visą mūšio lauką, kuriame x ženklais buvo pažymėtos sąjungininkų ir priešo dalinių buvimo vietos. Pažymėtina, kad buvo pašalinta vadinamoji karo migla, globalios padėties nustatymo sistemos (GPNS) davikliai tiksliai rodė visų karių dalinių, tankų ir pastatų vietas. Paspaudus mygtuką, vaizdas greitai pasikeisdavo, mano žinioje esantis internetas teikė informaciją apie mūšio lauką – koks jame oras, kaip išsidėsčiusios sąjungininkų ir priešo pajėgos, kokia jų strategija ir taktika.

Daug tobulesniame variante internetas turėtų ateiti tiesiai per mūsų kontaktinius lęšius; tam reikia į plastiką įmontuoti mikroschemą ir skystųjų kristalų monitorių. Babakas A. Parvizas (*Babak A. Parviz*) ir jo grupė Vašingtono universitete Siatlyje deda internetinių kontaktinių lęšių pagrindus, kurdami prototipus, kurie ilgainiui gali pakeisti mūsų prisijungimo prie interneto būdą.

Jo nuomone, vienas iš artimiausių šios technologijos naudojimo būdų – padėti diabetikams reguliuoti gliukozės kiekį kraujyje. Lęšis iš karto parodytų, kokios sąlygos kūno viduje. Tačiau tai tik pradžia. B. A. Parvizas mano: ateis laikas, kai galėsime į savo kontaktinius lęšius įsirašyti iš interneto bet kokią filmą, dainą, tinklalapį. Juose turėsime ištisą pramogų sistemą ir galėsime, drybsodami ant sofos, žiūrėti juose įrašytus net ir pilnametražius filmus. Per kontaktinius lęšius galėsime tiesiogiai prisijungti ir prie darbovietėje esančio savo kompiuterio ir manipuluoti su prieš mūsų akis išdygstančiomis rinkmenomis. Voliodamiesi paplūdimyje, galėsime vienu akies mirktelėjimu susisiekti su savo darbovieta, dalyvauti telekonferencijoje.

Į tuos internetinius akinius įmontavus programinę modelių atpažinimo įrangą, jie atpažins daiktus ir net kai kurių žmonių veidus. Jau yra programų, atpažįstančių iš anksto suprogramuotus veidus daugiau nei 90 % tikslumu. Kalbantis su koku nors žmogumi, priešais save galima išvysti ne tik jo vardą ir pavardę, bet ir pamatyti biografiją. Susitikimuose tai išgelbės nuo nesmagumo, kai negalime prisiminti pašnekovo pavardės. Tai labai svarbu ir kokiame nors pobūvyje, kur daug nepažįstamų žmonių; kai kurie jums gali būti labai svarbūs, bet nežinote, kas jie tokie. Ateityje sugebėsite identifikuoti nepažįstamus žmones ir gauti duomenų apie juos net kalbėdamiesi. (Tai šiek tiek primena pasaulį, matomą roboto akimis filme „Terminatorius“ (*The Terminator*).)

Tai gali pakeisti ir švietimo sistemą. Ateityje mokiniai baigiamųjų egzaminų metu savo kontaktiniais lęšiais galės naršyti po internetą, ieškodami atsakymų į klausimus. Tai nepatiks mokytojams – jie dažnai reikalauja daug ką išmokti atmintinai. Vadinasi, daugiau dėmesio jie turės skirti mokinių mąstymo ir protavimo gebėjimams ugdyti.

Akinių rėmeliuose gali būti įmontuotas ir mažytis fotoaparatas, todėl galima fotografuoti savo aplinką, o nuotraukas iš karto perduoti internetu. Žmonės visame pasaulyje galės sužinoti, ką patiriame šiuo metu. Jei kažką stebime, kartu su mumis tai galės daryti ir tūkstančiai kitų. Tėvai žinos, ką daro vaikai. Perskirti įsimylėjęliai galės dalytis išgyvenimais. Koncerto klausytojai galės žavėtis kartu su muzikos mėgėjais visame pasaulyje. Inspektoriai galės tikrinti toli esančias gamyklas ir vaizdus iš jų tučtuojau nusiųsti tiesiai į savo viršininko kontaktinius lęšius. (Arba vienas iš sutuoktinių galės apsipirkti parduotuvėje, o kitas tuo metu sakyti, ką reikėtų nupirkti.)

B. A. Parvizui jau pavyko taip sumažinti kompiuterio mikroschemą, kad ją galima įmontuoti į polimerinę kontaktinių lęšių plėvelę. Jis sėkmingai lęšius įmontavo į šviesos diodą, o dabar kuria 8 x 8 diodų schemą; kontaktinius lęšius galima valdyti bevieliu ryšiu. Jis sako: „Tie sandai ateityje susidės iš šimtų šviesos diodų, kurie priešais akis formuos įvairius vaizdus – žodžius, diagramas, nuotraukas. Didelė dalis techninės įrangos yra pusiau skaidri, todėl jos naudotojai galės judėti po aplinką, neatsitrenkdami į ją ir neprarasdami orientacijos.“ Galutinis B. A. Parvizo tikslas, kuriam pasiekti prireiks dar ne vienerių metų – sukurti kontaktinį lęšį, turintį 3600 taškelį, kurių kiekvienas būtų ne didesnis kaip 10 μm .

Vienas iš internetinių kontaktinių lęšių pranašumų yra tas, kad jie vartoja labai mažai energijos, tik kelias milijonines vato dalis, taigi energijos reikalavimų atžvilgiu jie yra labai efektyvūs ir tikrai neišeikvos baterijų. Kitas pranašumas – akis ir optinis nervas tam tikru požiūriu yra žmogaus smegenų tąsa, todėl šitaip galima tiesiogiai prisijungti prie žmogaus smegenų neimplantavus elektrodų. Akis ir optinis nervas perduoda informaciją greičiu, viršijančiu greitai internetinį ryšį. Todėl internetiniai kontaktiniai lęšiai yra bene veiksmingiausias ir greičiausias prisijungimo prie smegenų būdas.

Vaizdo perdavimas į akį kontaktiniu lęšiu truputį sudėtingesnis negu internetiniais akiniais. Šviesos diodas gali sukurti šviesos taškelį, bet, kad jis susifokusuotų tiesiai į tinklainę, reikia dar ir mikrolęšio. Galutinis vaizdas atsiras priešais maždaug už 60 cm. Aukštesnio lygio sprendimas, apie kurį B. A. Parvizas galvoja – panaudoti mikrolazerius, jie nusiųstų tiesiai į tinklainę itin ryškų vaizdą. Ta pačia technologija gaminant mikroschemas ypač mažiems tranzistoriams, galima pagaminti ir tokio pat dydžio itin mažus lazerius, mažiausius pasaulyje. Šia technologija iš principo įmanoma pagaminti apie 100 atomų skersmens lazerius. Nago dydžio mikroschemoje tada būtų galima sutalpinti milijonus lazerių (kaip kad dabar sutalpinama tiek tranzistorių.)

AUTOMOBILIS BE VAIRUOTOJO

Artimiausioje ateityje kontaktiniais lęšiais galėsime saugiai naršyti internete ir vairuodami automobilį. Važinėjimas į darbą ir namo nebebus toks nuobodus darbas, nes automobilių vairuoti nebereikės – jie tai darys patys. Jau ir dabar

automobiliai be vairuotojo GPNS nustatantys savo padėtį keliasdešimties centimetrų tikslumu, gali nuvažiuoti šimtus mylių. Pentagono Pažangių gynybos projektų tyrimo agentūra (PGPTA) finansavo varžybas „PGPTA didysis iššūkis“, kai laboratorijos buvo kviečiamos atsiųsti savo automobilius be vairuotojo į lenktynes per Mohavio dykumą varžytis dėl 1 mln. dol. prizo. Šitaip PGPTA pratęsė savo seną tradiciją finansuoti rizikingas, bet perspektyvias technologijas.

(Iš kai kurių Pentagono finansuotų projektų reikėtų paminėti internetą, kurio paskirtis iš pradžių buvo mokslininkų ir pareigūnų ryšio palaikymas branduolinio karo metu ir po jo, bei GPNS, iš pradžių skirta tarpžemyninėms balistinėms raketoms valdyti. Tačiau, Šaltajam karui pasibaigus, abu šie projektai buvo išslaptinti ir tapo visiems prieinami.)

2004 m. varžybų pradžia buvo nesmagi, nes nė vienas automobilis be vairuotojo nesugebėjo įveikti 240 km raižyta vietoje ir pasiekti finišo. Robotų valdomi automobiliai arba sugedo, arba pasiklydo. Tačiau kitais metais jau net penki automobiliai įveikė dar sunkesnę trasą. Jiems teko važiuoti keliais, kuriuose buvo 100 staigių posūkių, trys siauri tuneliai ir kelio ruožai su stačiais sankasų šlaitais iš abiejų pusių.

Kai kurie kritikai sako, jog robotų valdomi automobiliai gali važiuoti dykuma, bet niekada nepajėgs prisitaikyti prie intensyvaus eismo miesto centre. Todėl 2007 m. PGPTA finansavo dar ambicingesnę projektą – „Miesto iššūkis“. Šį kartą robotų valdomi automobiliai turėjo įveikti sunkią 96 km trasą miesto aplinką imituojančioje teritorijoje greičiau kaip per 6 val. Jie turėjo laikytis visų saugaus eismo taisyklių, trasoje nesusidurti su savo varžovais ir įveikti sankryžas su keturiomis eismo juostomis. Varžybas sėkmingai baigė šeši automobiliai, trys geriausi pasidalijo 2 mln., 1 mln. ir 500 000 dol. prizus.

Pentagonas užsibrėžė tikslą iki 2015 m. pasiekti, kad 1/3 JAV sausumos pajėgų taptų nepriklausomos. Tai turėtų išgelbėti daug gyvybių, nes pastaruoju metų daugiausia JAV karių žūsta ar yra sužeidžiami kelio pakraščiuose padėtų bombų. Ateityje daugelis JAV karinių transporto priemonių bus be vairuotojų. O paprastiems vartotojams tai reikš automobilius, kurie, paspaudus mygtuką, važiuoja patys, leisdami vairuotojui užsiimti kuo tik nori – dirbti, ilsėtis, gėrėtis pro šalį lekiančiais vaizdais, žiūrėti filmą ar naršyti internete.

Turėjau galimybę pasivažinėti vienu iš tokių automobilių, kai rengiau specialią laidą *Discovery* kanalui. Tai buvo dailus sportinis automobilis, kurį

Šiaurės Karolinos valstijos universiteto inžinieriai pertvarkė taip, kad tapo visai savarankiškas. Jo kompiuterių pajėgumas buvo toks, kaip aštuonių asmeninių kompiuterių. Išėsti kebloka, nes vidus labai užgriozdintas sudėtingais elektroniniais įtaisais; jų buvo visur – ant sėdynių ir prietaisų skydelyje. Pačiu-pinėjęs vairo ratą, pastebėjau, kad specialiu kabeliu jis sujungtas su varikliuku. Pastarąjį valdantis kompiuteris galėjo pasukti vairo ratą.

Pasukau raktelį, nuspaudžiau akceleratorių ir išvairavau į greitkelį. Tada paspaudžiau mygtuką, leidžiantį automobilio valdymą perduoti kompiuteriui. Paleidau iš rankų vairo ratą, ir automobilis ėmė važiuoti pats. Visiškai pasitikėjau, nes kompiuteris jį nuolat pareguliuodavo tuo prie vairo rato prijungtu kabeliu. Iš pradžių buvo kiek nejauku žiūrėti, kaip vairo ratas ir akceleratoriaus pedalas juda savaime. Atrodė, automobilio valdymą perėmė kažkoks nematomas,aiduokliškas vairuotojas, tačiau netrukus pripratau. Tiesą sakant, vėliau apsidžiaugiau, kad galiu atsipalaidavęs drybsoti automobilyje, kuris važiuoja pats be galo tiksliai ir sumaniai. Galėjau sau sėdėti ir mėgautis tokiu važinimu.

Svarbiausias automobilio be vairuotojo elementas yra GPNS, leidžianti kompiuteriui nustatyti automobilio padėtį keliasdešimties centimetrų tikslumu. (Inžinieriai sakė, kad kartais automobilio padėtį ji gali nustatyti net kelių centimetrų tikslumu.) Na, o pati GPNS sistema yra tikras šiuolaikinės technologijos stebuklas. Kiekvienas iš 32 besisukančių aplink Žemę GPNS palydovų siunčia konkretaus dažnio radijo bangą; jas priima automobilio GPNS imtuvai. Kiekvieno palydovo signalas yra truputį iškreiptas, nes palydovai juda truputį skirtingomis orbitomis. Tas iškreipimas vadinamas Doplerio poslinkiu. (Pavyzdžiui, radijo bangos suspaudžiamos, jei palydovas artėja, ir ištempiamos, jei tolsta.) Analizuodamas mažyčius trijų ar keturių palydovų siunčiamų bangų dažnio iškreipimus, automobilio kompiuteris gali tiksliai nustatyti jo padėtį.

Automobilio buferiuose įmontuoti radarai galėjo pajusti kliūtis. Ateityje tai bus labai svarbu, nes kiekvienas automobilis automatiškai imsis skubių priemonių, kai tik pastebės pavojų. Šiuo metu Jungtinėse Valstijose per automatastrofas kasmet žūsta beveik 40 000 žmonių. Ateityje palaipsniui iš kalbos dings net frazė *automobilio avarija*.

Eismo spūstys taip pat gali tapti praeities atgyvena. Centrinis kompiuteris bus pajėgus sekti visų keliuose esančių automobilių judėjimą, palaikydamas

KOMPIUTERIO ATEITIS

ryšį su visais automobiliais be vairuotojų. Tada jam nebus sunku pastebėti greitkelioose atsirandančias eismo spūstis ir susigrūdumus. Viename eksperimente, atliktame į šiaurę nuo San Diego 15-ame greitkelyje tarp valstijų, į kelio dangą buvo įmontuotos mikroschemos, kad centrinis kompiuteris galėtų kontroliuoti tame kelyje esančius automobilius. Susidarius eismo spūščiai, kompiuteris perimdavo valdymą iš vairuotojų ir padarydavo tvarką.

Ateities automobilis gebės justi ir kitus pavojus. Tūkstančiai žmonių žūsta ar yra sužalojami per avarijas, kai vairuotojai užmiega, ypač naktį ar ilgose nuobodžiose kelionėse. Šiuolaikiniai kompiuteriai gali stebėti akis ir pamatyti, kai žmogus darosi mieguistas. Kompiuterį galima suprogramuoti taip, kad tada jis duotų garsinį signalą pažadinti. Jei tai nepadėtų, kompiuteris perimtų automobilio valdymą. Kompiuteriai taip pat gali atpažinti per didelę alkoholio garų sankaupą automobilyje; tai gali padėti išvengti tūkstančių su alkoholiu susijusių nelaimingų atsitikimų, įvykstančių kiekvienais metais.

Prie išmaniųjų automobilių bus pereita ne iš karto. Pirmieji juos ims naudoti kariškiai, jie ištaisys trūkumus. Vėliau robotų valdomi automobiliai pasirodys ir rinkoje, pirmiausia bus naudojami ilguose, nuobodžiuose greitkeliose tarp valstijų. Tada pasirodys priemiesčiuose ir dideliuose miestuose, tačiau ypatingomis aplinkybėmis vairuotojas visada galės perimti valdymą iš kompiuterio. Na, ir galiausiai ateis laikas, kai stebėsime, kaip galėjome gyventi be jų.

EKRANAI ANT VISŲ KETURIŲ SIENŲ

Kompiuteriai ne tik sumažins važinėjimo į darbą ir atgal įtampą, autoavarijų skaičių, bet ir padės susisiekti su draugais ir pažįstamais. Praeityje kai kas skundėsi, kad kompiuterių revoliucija lėmė susvetimėjimą ir atskirtį. Tačiau iš tikrųjų leido eksponentiškai padidinti draugų ir pažįstamų ratą. Kai pasijusime esą vieniši ar norėsime draugo, galėsime paprašyti savo sieninio ekrano surasti kitą vienišumo kamuojamą žmogų bet kurioje pasaulio vietoje ir sužaisti su juo bridžo partiją. Jei reikės pagalbos planuojant atostogas, rengiantis keliauti ar norint su kuo nors pasimatyti, tai galėsime padaryti, padedami savo sieninio ekrano.

Ateityje koks nors draugiškas veidas pirmiausia galės pasirodyti sieniniame ekrane (tą veidą galėsime pataisyti pagal savo skonį). Paprašysite ekrano

ir suplanuoti atostogas. Jis jau žino mūsų skonį, tad, panaršęs po internetą, pateiks geriausių pasirinkimų geriausiomis kainomis sąrašą.

Pasitelkus sieninį ekraną, bus galima rengti ir šeimos susibūrimus. Visos keturios svetainės sienos bus su sieniniais ekranais, todėl būsime apsupti toli gyvenančių giminių atvaizdų. Ateityje gali pasitaikyti ir taip, kad koks nors giminaitis negalės atvykti kokia nors svarbia proga. Tokiu atveju šeimos nariai gali susirinkti prie sieninio ekrano, ir šeimos susibūrimas vis tiek įvyks, tik jis bus iš dalies tikras, iš dalies virtualus. Arba, pavyzdžiui, kontaktiniais lėšiais galėsime matyti visų brangių žmonių atvaizdus; atrodys, kad jie iš tikrųjų yra kambaryje, net jei būtų už tūkstančių kilometrų. (Kai kurie komentatoriai sako, kad internetą pirmasis sugalvojo Pentagonas kaip „vyrišką“ priemonę, t. y. jis turėjo užtikrinti pranašumą prieš priešą kare. Tačiau šiuo metu internetas yra daugiausia „moteriškas“ tuo požiūriu, kad padeda su kažkuo užmegzti ryšius, bendrauti.)

Telekonferencijas pakeis teledalyvavimas – akiniuose ar kontaktiniuose lėšiuose pasirodys visas trimatis kokio nors žmogaus atvaizdas, bus girdėti jo balsas. Sakykime, per kokį nors susirinkimą prie stalo sėdės visi jo dalyviai, išskyrus kelis, kurie bus matomi tik kontaktiniuose lėšiuose. Be tų lėšių nebūtų matyti, kad kai kurios kėdės prie stalo yra tuščios, o jais matysime tuos žmones sėdinčius savo kėdėse, tarsi jie ten būtų iš tikrųjų. (Taigi visus dalyvius specialus fotoaparatas nufotografuos sėdinčius prie panašaus stalo ir jų atvaizdus atsiųs internetu.)

Filme „Žvaigždžių karai“ (*Star Wars*) žiūrovai nustebė, kai ore pasirodė erdviniai žmonių atvaizdai. Pasitelkę kompiuterinę technologiją, ateityje galėsime tuos trimačius atvaizdus matyti savo kontaktiniuose lėšiuose, akiniuose ar sieniniuose ekranuose.

Iš pradžių gali atrodyti keista kalbėti tuščiam kambariui. Tačiau nepamirškime, kad ir atsiradusį telefoną žmonės kritikavo – sakė, dabar kalbės su kažkokiais bekūniais balsais. Jie verkšlėno, kad tai pamažu išstums tiesioginį žmonių bendravimą akis į akį. Tie kritikai buvo teisūs, bet šiandien nevengiame kalbėtis su bekūniais balsais, nes tai labai išplėtė žmonių, su kuriais bendraujame, ratą ir pajvairino gyvenimą.

Tai gali pakeisti ir meilės reikalus. Jei esame vieniši, sieninis ekranas, žinodamas, kas mums patinka, kokios turėtų būti fizinės ir socialinės potencialaus

partnerio savybės, išnaršys internetą, ieškodamas tinkamiausio kandidato. Kadangi žmonės prisistatydami kartais primeluoja apie save, tai saugumo sumetimais sieninis ekranas automatiškai patikrins kiekvieno kandidato duomenis, ar jų biografijose nėra melagysčių.

LANKSTUS ELEKTRONINIS POPIERIUS

Televizorius plokščiu ekranu kažkada kainavo daugiau kaip 10 000 dol., bet per dešimtmetį jo kaina nukrito apie 50 kartų. Ateityje labai sumažės ir visą sieną užimančių plokščių ekranų kaina. Tokie sieniniai ekranai bus lankstūs ir itin ploni, jie naudos organinius šviesos diodus. Jie bus panašūs į paprastus šviesos diodus, tik bus pagaminti iš organinių junginių, kuriuos galima įterpti į polimerą, tinkamą gaminti lanksčius dirbinius. Kiekvienas lanksčiojo ekrano taškelis sujungtas su tranzistoriumi, valdančiu šviesos spalvą ir sodrumą.

Arizonos valstijos universiteto Lanksčiųjų displėjų centro mokslininkai jau dirba su *Hewlett-Packard* kompanija ir su JAV armija, tobulindami šią technologiją. Rinkos jėgos vėliau numuš šios technologijos kainą, ir ji taps prieinama visiems. Kainai mažėjant, tokių sieninių ekranų kaina ilgainiui gali priartėti prie paprastų apmušalų kainos. Todėl, ateityje klijuodami sienas, kartu galėsime įsirengti ir sieninius ekranus. O kai norėsime pakeisti apmušalų piešinį, pakaks paspausti mygtuką – štai kaip bus paprasta keisti dekoracijas!

Ši lanksčiojo ekrano technologija gali iš esmės pakeisti ir sąveiką su nešiojamaisiais kompiuteriais – nebereikės tampytis tų sunkenybių. Nešiojamasis gali tapti paprastu organinių šviesos diodų lapu, kurį galėsime sulankstyti ir įsidėti į piniginę. Mobilusis telefonas galės turėti lankstų ekraną, susukamą į ritinėlį. Tada, užuot spausdinus tekstą mažyte mobiliojo telefono klaviatūra, bus galima ištraukti kokio nori dydžio lankstųjį ekraną.

Ši technologija leis pagaminti ir visiškai skaidrius asmeninių kompiuterių ekranus. Jau artimiausioje ateityje galėsime žiūrėti pro langą, tada pamosuoti rankomis, ir langas staiga taps asmeninio kompiuterio ekranu arba kokiu tik panorėsime paveikslu. Galėsime žiūrėti ir pro už tūkstančių kilometrų esantį langą.

Šiandien neapsieiname be juodraštinio popieriaus, kurį panaudoję išmetame. Ateityje galbūt atsiras ir „išmetamųjų kompiuterių“, neturinčių jokių išskirtinių bruožų. Jais kažką parašysime ir išmesime. Šiandien rašomąjį stalą

ATEITIES FIZIKA

ir baldus deriname prie kompiuterio, kuris mūsų kabinete vyrauja. Ateityje staliniai kompiuteriai gali visai išnykti, o rinkmenas nešiosimės eidami iš vienos vietos į kitą, iš kambario į kambarį ar iš darbo – namo. Tai leis bet kur ir bet kada turėti vientisą informaciją.

Šiandien oro uostuose matome šimtus keleivių su nešiojamaisiais kompiuteriais. Atvykę į viešbutį, jie turi prisijungti prie interneto, o grįžę parsivežtas rinkmenas įsirašyti į stalinius kompiuterius. Ateityje niekada nebereikės tampyti kompiuterio, nes, kur tik atsidursime, visur sienos, paveikslai ir baldai galės sujungti su internetu, net jei būtume traukinyje ar automobilyje. (Vienas iš anksčiau to pavyzdžių yra vadinamoji debesų kompiuterija, kai mokama ne už kompiuterius, o už naudojimosi kompiuteriu laiką, kai kompiuterija laikoma komunaline paslauga, kuri matuojama kaip vanduo ar elektros energija.)

VIRTUALIEJI PASAULIAI

Visur esančios kompiuterijos tikslas yra atnešti kompiuterius į mūsų pasaulį, pasiekti, kad mikroschemų būtų visur. Virtualiosios tikrovės tikslas priešingas – įvesti mus į kompiuterių pasaulį. Virtualiąją tikrovę pirmieji ėmė naudoti kariškiai XX a. septintajame dešimtmetyje kaip pilotų ir karių mokymo treniruokliais būdą. Pilotai galėjo treniruotis, kaip nusileisti ant lėktuvnešio denio, žiūrėdami į kompiuterio ekraną ir manipuliuojami valdymo rankena. Branduoliniame kare generolai ir politiniai lyderiai, esantys toli vieni nuo kitų, galėtų slapta susitikti kibernetinėje erdvėje.

Šiandien, kai kompiuterių pajėgumas eksponentiškai didėja, jau galima gyventi netikrame, dirbtiniame pasaulyje, kuriame galime valdyti avatarą (mums atstovaujantį mūsų atvaizdą). Galime susitikti su kitais avatarais, tirti įsivaizduojamus pasaulius, net įsimylėti ir vesti. Taip pat galime pirkti virtualius daiktus virtualiais pinigais, kuriuos vėliau galima iškeisti į tikrus. Vienas iš populiariausių interneto tinklalapių iki 2009 m. užregistravo 16 mln. sąskaitų. Tais metais keli žmonės, pasinaudoję šiuo tinklalapiu, uždirbo per metus daugiau kaip po 1 mln. dol. (Tačiau tokiu būdu gautas pelnas JAV vyriausybės yra apmokestinamas, nes laikomas realiomis pajamomis.)

Virtualioji tikrovė jau yra svarbiausias vaizdo žaidimų elementas. Ateityje kompiuterių pajėgumui toliau didėjant, pasitelkę savo akinius ar sieninį ekraną,

galėsime lankytis nerealiuose pasauliuose. Pavyzdžiui, jei norėsime apsipirkti ar apsilankyti kokioje nors egzotiškoje vietovėje, iš pradžių tai galėsime padaryti virtualiojoje tikrovėje, judėdami kompiuterio ekrane, tarsi iš tikrųjų ten būtume. Šitaip galėsime pasivaikščioti po Mėnulį, paatostogauti Marse, apsipirkti tolimose šalyse, apsilankyti bet kokiame muziejuje, patys nuspręsti, kur norėtume nuvykti.

Taip pat turėsime galimybę tame kibernetiniame pasaulyje jausti daiktus, liesti juos. Vadinamoji lietimo technologija leis justai kompiuteriu sukurtus daiktus. Tą technologiją sukūrė mokslininkai, kuriems reikėjo manipuliuoti labai radioaktyviomis medžiagomis naudojant nuotoliniu būdu valdomas robotų rankas, ir kariškiai, norėję, kad pilotai jaustų skraidymo treniruoklio valdymo rankenos pasipriešinimą.

Lietimo jausmui sustiprinti mokslininkai sukūrė įtaisą, sujungtą su spyruoklėmis ir krumpliaračiais; spaudžiamas pirštais, jis priešinasi ir sukelia spaudimo įspūdį. Pavyzdžiui, pirštais braukant stalą, įtaisas galės sukelti kieto medinio paviršiaus lietimo jausmą. Šitaip galėsime jausti buvimą daiktų, matomų virtualiosios tikrovės akiniais, ir tai papildys iliuziją, kad esame kažkur kitur.

Audeklo faktūros jutimo jausmui sukurti kitas įtaisas leis pirštams slysti paviršiumi su tūkstančiais mažų smeigtukų. Pirštams judant, kompiuteris taip valdys kiekvieno smeigtuko aukštį, kad jis galės sukurti kietų paviršių faktūrų pojūtį, sakykime, švelnaus aksominio audeklo ar šiurkštaus švitrinio popieriaus. Ateityje, užsidėjus specialias pirštines, bus galima sukurti tikrovišką įvairių daiktų ir paviršių lietimo pojūtį.

Ateityje tai bus labai svarbu, mokant chirurgus, nes jie, darydami subtilias operacijas, galės jausti spaudimą, o tariamai jų pacientai galės būti trimačiai holografiniai atvaizdai. Tai šiek tiek priartins prie serialo „Žvaigždžių kelias“ *holodeko* – virtualiosios tikrovės erdvėlaiviuose ar jų bazėse, kurioje galima vaikščioti ir liesti virtualius daiktus. Vaikščiodami po tuščią kambarį, savo akiniuose ar kontaktiniuose lęšiuose galėsime matyti fantastinius daiktus. Kai, ištiesę ranką, paimsime, nuo grindų pakilęs lietimo įtaisas imituos mūsų liečiamą daiktą.

Turėjau galimybę stebėti technologijas savo akimis, kai, televizijos kanalo *Science* pavestas, apsilankiau Rovano universiteto Niu Džersyje automatinėje virtualiojoje olos aplinkoje (AVOA). Įėjau į tuščią kambarį, kur mane supo tik keturios sienos, kiekviena apšviesta projektoriaus. Ant sienų buvo galima projektuoti erdvinius atvaizdus, ir tai kėlė persikėlimo į kitą pasaulį iliuziją.

Per vieną sesiją mane apsupo didžiuliai grėsmingi dinozaurai. Naudojdamasis valdymo rankena, galėjau pajodinėti tiranozauru ar net atsidurti jo nasruose. Po to apsilankiau Aberdyno poligone Merilando valstijoje, kur JAV kariškiai sukūrė tobuliausią holodeko variantą. Mano šalme ir kuprinėje buvo davikliai, todėl kompiuteris tiksliai žinojo mano kūno padėtį. Paskui atsisto-
jau ant daugiakrypčio bėgtakio, leidžiančio eiti bet kuria kryptimi, pasiliekan-
toje pačioje vietoje.

Staiga atsidūriau mūšio lauke ir stengiausi išvengti priešų snaiperių kul-
kų. Galėjau bėgti į bet kurią pusę, pasislėpti bet kuriame skersgatvyje, bėgti
bet kuria gatve, ir trimačiai atvaizdai ekrane akimirksniu pasikeisdavo. Galė-
jau net atsigulti ant grindų, ir vaizdai ekranuose atitinkamai pasikeitė. Galė-
jau įsivaizduoti, kad ateityje bus galima patirti visišką pasinėrimą, pavyzdžiui,
įsivelti į artimą kovą su ateivių erdvėlaivių įgulomis, sprukti nuo įsisiautėjusių
pabaisų ar linksmai bėgioti po negyvenamą salą, ir visa tai daryti neišeinant iš
svetainės.

SVEIKATOS APSAUGA ARTIMIAUSIOJE ATEITYJE

Visiškai pasikeis apsilankymas pas gydytoją. Tikrindamiesi sveikatą, greičiau-
siai kalbėsime ne su gydytoju, o su programine roboto įranga, kuri pasirodys
sieniniame ekrane ir gebės teisingai diagnozuoti iki 95 % įprastinių ligų. „Gy-
dytojas“ atrodys kaip žmogus, tačiau iš tikrųjų tai bus tik judantis atvaizdas,
suprogramuotas užduoti kai kuriuos paprastus klausimus. Jis turės visą mūsų
genų sąrašą ir rekomenduos tokį gydymą, kuris apims visus genetinius rizikos
veiksnius.

Norėdamas nustatyti ligą, „gydytojas“ paprašys leisti atlikti kūno patikri-
nimą. Seriale „Žvaigždžių kelias“ žiūrovai nustebo, pamatę prietaisą, vadina-
mą *trikorderiu*, gebantį akimirksniu nustatyti bet kokią ligą ir pažvelgti į kūno
vidų. Tačiau tokio ateities prietaiso nereikės laukti iki XXIII a. Magnetinio
rezonanso tomografs, sveriantys kelias tonas ir galintys užimti visą kambarį,
jau sumažinti iki maždaug 1 cm dydžio, o ilgainiui jie taps ne didesni už mo-
bilųjį telefoną.

Tomografą vedžiojant, bus galima pažvelgti į organų vidų. Kompiute-
riai apdoroja gautus trimačius vaizdus ir tada nustatys diagnozę. Prietaisas leis

per kelias minutes nustatyti daug įvairių ligų, įskaitant vėžį, dar prieš kelerius metus iki susidarant navikui. Jame bus DNR mikroschemų – silicio mikroschemų su milijonais mažyčių daviklių, galinčių aptikti daugelio ligų sukėlėjų DNR buvimą.

Žinoma, yra daug žmonių, nemėgstančių lankytis pas gydytojus. Tačiau ateityje sveikata bus tylomis ir be mūsų pastangų stebima kelis kartus per dieną, apie tai net nežinant. Tualetė, vonios veidrodyje ir drabužiuose bus įmontuotos DNR mikroschemos, kurios tylomis nustatys, ar kūne nėra tik kelių šimtų ląstelių dydžio vėžio kolonijų. Vonioje ir drabužiuose bus paslėpta daugiau mikroschemų, negu šiuo metu yra visoje modernioje ligoninėje ar universitete. Pavyzdžiui, vien tik papūtus į veidrodį, bus galima aptikti mutoto baltymo *p53* DNR, kuri būdinga 50 % paprastojo vėžio atvejų. Vadinausi, pamažu iš kalbos dings net žodžiai *auglys*, *navikas*.

Šiandien, patyrus sunkią avariją nuošaliame kelyje, labai greitai galima mirtinai nukraujuoti. Tačiau ateityje, vos pasirodžius pirmiesiems traumos požymiams, drabužiai ir automobilis iš karto imsis veiksmų, iškvies greitąją medicininę pagalbą, nustatys automobilio padėtį, suras sveikatos būklės istoriją, ir tai padarys dar neatgavus sąmonės. Ateityje bus sunku numirti vienam. Drabužiai gebės pajusti pulso, kvėpavimo ir net smegenų bangų sutrikimus įmontuotomis mažytėmis mikroschemomis. Apsirengdami kartu prisijungsimės ir prie interneto.

Šiandien jau įmanoma mikroschemą su televizijos kamera ir radijo aparatu įmontuoti į maždaug aspirino tabletės dydžio tabletę. Nuryta tokia „išmanioji tabletė“ padarys stemplės ir žarnų nuotraukas, tada perduos radijo signalus netoli esančiam radijo imtuvui. (Tai suteikia naujos prasmės frazei „*Intel* viduje“.) Šitokiu būdu gydytojai galės gauti paciento žarnyno nuotraukas ir aptikti vėžį, neatlikdami kolonoskopijos (storosios žarnos apžiūrėjimo, kuris pacientui nepatogus tuo, kad į ją reikia įvesti beveik 2 m ilgio vamzdelį). Panašūs į šį mikroskopiniai prietaisai taip pat pamažu mažins būtinybę prapjauti odą darant operacijas.

Tai tik vienas pavyzdys, kaip kompiuterinė revoliucija paveiks sveikatą. Tą revoliuciją medicinoje daug išsamiau svarstysime 3 ir 4 skyriuose; juose nagrinėsime ir genų terapiją, klonavimą, žmonių gyvenimo trukmės keitimą.

GYVENIMAS PASAKOJE

Dėl to, kad kompiuterinis intelektas bus toks pigus ir taip paplitęs aplinkoje, kai kurie futurologai sako: ta ateitis gali būti panaši į pasakų pasaulį. Jei turime dieviškųjų galių, tai dangus, kuriame gyvename, bus panašus į fantastinį pasaulį. Internetas ateityje turėtų tapti magišku Snieguolės veidrodžiu. Pakaks ištarti: „Veidrodėli, pasakyk“, ir sieniniame ekrane pasirodys draugiškas veidas, kuris leis prieiti prie visos mūsų planetos išminties. Į žaislus įmontuosime mikroschemas, ir jie taps protingi kaip Pinokis – lėlė, norėjusi būti tikru berniuku. Kaip indėnų princesė Pokahonta iš tokio pat pavadinimo animacinio filmo, kalbėsime su vėju ir medžiais, o jie atsakys. Darysime prielaidą, kad daiktai yra protingi, ir su jais galima kalbėtis.

Kadangi kompiuteriai gebės nustatyti daugelio genų, valdančių senėjimą, buvimo vietą, galėsime išlikti amžinai jauni kaip Piteris Penas. Galėsime sulėtinti ar net pasukti atgal senėjimą, kaip berniukas iš Niekados šalies, nenorėjęs užaugti. Pagražinta tikrovė suteiks iliuziją, kad ir mes kaip ta Pelenė galėsime važiuoti į įsivaizduojamus pokylius karališka karieta ir ten gracingai šokti su gražiu princu. (Tačiau vidurnaktį mūsų pagražintos tikrovės akiniai išsijungs, ir grįšime į tikrą pasaulį.) Kadangi kompiuteriai suras genus, valdančius mūsų kūnus, galėsime tuos kūnus pertvarkyti, pakeisti kai kuriuos organus ir savo išvaizdą net genetiniame lygmenyje, kaip pabaisa seriale „Gražuolė ir pabaisa“ (*Beauty and the Beast*).

Kai kurie futurologai bėgštauja, kad tai gali net paskatinti grįžti prie viduramžių misticizmo, kai dauguma žmonių tikėjo, jog visur pilna nematomų dvasių.

ŠIMTMEČIO VIDURYS (2030–2070 M.)

MŪRO DĖSNIO VEIKIMO PABAIGA

Kyla klausimas, kaip ilgai truks ta kompiuterinė revoliucija. Jei Mūro dėsnis galios dar 50 m., nesunku įsivaizduoti, kad kompiuterių pajėgumas netrukus pranoks žmogaus smegenų pajėgumą. Tačiau šio šimtmečio viduryje vystymosi dinamika pasikeis. Kaip kad bitlų gitaristas Džordžas Harisonas (*George Harrison*) kartą pasakė: „Viskas turi praeiti.“ Tad turi baigtis ir Mūro dėsnio

veikimo laikas, kartu ir išpūdingas kompiuterių pajėgumo didėjimas, paskutinį pusšimtį metų užtikrinęs ekonomikos augimą.

Šiandien laikome savaime suprantamu dalyku ir net savo prigimtaine teise turėti nepaliaujamai didėjančio pajėgumo ir sudėtingumo kompiuterijos gaminius. Kaip tik dėl to kasmet ir perkame naujus kompiuterijos gaminius – žinome, kad jie beveik dvigubai pajėgesni už pernykščius modelius. Tačiau jei Mūro dėsnis nustos galioti, ir kiekviena nauja kompiuterijos gaminių karta bus maždaug to paties pajėgumo ir veikimo greičio kaip ir ankstesnė, tai kam tada pirkti?

Kadangi mikroschemų yra pačiuose įvairiausiuose gaminiuose, tai galėtų pražūtingai paveikti visą ekonomiką. Sustotų ištisos pramonės šakos, milijonai žmonių netektų darbo, ekonomiką apimtų sąmyšis.

Prieš keliolika metų, kai fizikai pradėjo kalbėti apie neišvengiamą Mūro dėsnio pabaigą, pramonininkai kaip visada nekreipė dėmesio į mūsų perspėjimus – esą be reikalo nerimaujame. Pasak jų, Mūro dėsnio veikimo pabaiga buvo skelbiama jau tiek kartų, kad tokiomis prognozėmis jie nebetiki.

Bet ši kartą netikėti jau nebegalima.

Prieš porą metų dariau pagrindinį pranešimą *Microsoft* kompanijos centrinėje buveinėje Vašingtono valstijos Sietlo mieste. 3000 svarbiausių kompanijos specialistų norėjo išgirsti, ką pasakysiu apie kompiuterių ir telekomunikacijų ateitį. Žiūrėdamas į šią didžiulę auditoriją, mačiau veidus jaunų uolių inžinierių – žmonių, galinčių kurti programas kompiuteriams, stovintiems ant mūsų stalų ar nešiojamiesiems. Tiesiai šviesiai pasakiau, ką galvoju apie Mūro dėsnio ateitį, ir pareiškiau, kad pramonė turi tam ruoštis. Prieš 10 m. tokius mano žodžius būtų sutikę juokdamiesi ar šaipydami. Ši kartą mačiau, kaip klausytojai pritariamai linkčioja galvomis.

Mūro dėsnio veikimo pabaiga yra tarptautinės reikšmės dalykas, čia ant kortos pastatyti trilijonai dolerių. Tačiau kaip jo veikimas baigsis, ir kas jį pakeis, priklauso nuo fizikos dėsnių. Atsakymai į tuos fizikinius klausimus galų gale sudrebins visą ekonominę kapitalizmo struktūrą.

Norint suprasti susidariusią padėtį, svarbu suvokti, kad įžymioji kompiuterinės revoliucijos sėkmė remiasi keliais fizikos principais. Pirma, kompiuterių veikimo greitis nepaprastai didelis, nes elektriniai signalai juda beveik šviesos greičiu, kuris mūsų Visatoje yra ribinis. Per sekundę šviesos spindulys

gali apskrieti aplink Žemę septynis kartus arba pasiekti Mėnulį. Elektronai lengvai juda apie atomą, su kuriuo susieti gana laisvai (juos galima nugremžti šukuojantis plaukus, vaikščiojant kilimu ar skalbiant – štai kodėl atsiranda statinių elektros krūvių). Laisvo elektronų susiejimo ir jų judėjimo didžiulio greičio derinys leidžia siųsti elektros signalus stulbinamu greičiu, tai ir sukėlė praėjusio šimtmečio elektros revoliuciją.

Antra, iš tikrųjų nėra ribų, kiek informacijos galima sutalpinti lazerio spindulyje. Šviesos bangos gali pernešti kur kas daugiau informacijos negu garso bangos dėl to, kad jų virpėjimo greitis daug didesnis. (Įsivaizduokime, kad paimame ilgą virvę ir pradėdame greitai virpinti vieną jos galą. Kuo greičiau virpinsime, tuo daugiau signalų ta virvė perduosime. Taigi, didinant virpesių dažnį, galima padidinti perduodamos informacijos kiekį.)

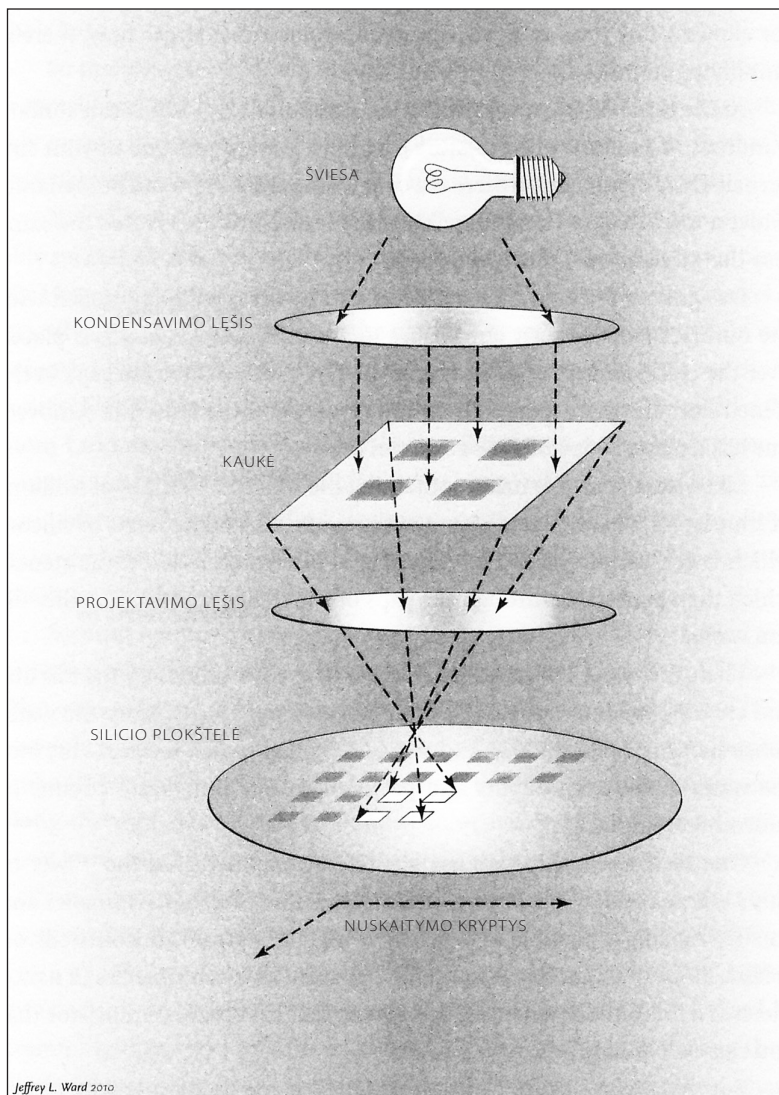
Šviesa yra banga, kurios virpesių dažnis yra apie 10^{14} (tai reiškia 1 su 14 nulii) virpesių per sekundę. Vienam informacijos bitui (1 ar 0) perduoti reikia daug virpesių. Tai reiškia, kad šviesolaidinis kabelis vienu dažniu gali pernešti apie 10^{11} bitų informacijos. Šį skaičių galima padidinti, sugrūdant į vieną šviesolaidžio pluoštelį daug signalų, o paskui iš tų pluoštelių sudarant kabelį. Vadinasi, didinant kanalų skaičių kabelyje, o tada ir kabelių skaičių, galima perduoti beveik neribotą informacijos kiekį.

Trečia, ir svarbiausia, yra tai, kad varomoji kompiuterinės revoliucijos jėga buvo tranzistorių dydžio mažinimas. Tranzistorius yra vartai, arba jungiklis, valdantis elektros srovę. Jei elektros tinklą lyginsime su vandentiekio tinklu, tai tranzistorių galima lyginti su čiaupu, reguliuojančiu vandens srautą. Lygiai taip pat, kaip, čiaupą pasukant, galima valdyti didelį kiekį vandens, taip ir tranzistorius leidžia silpnai elektros srovei valdyti daug didesnę jos srovę ir šitaip didinti jos galingumą.

Šios revoliucijos pagrindą sudaro kompiuterio mikroschema, kurioje plo-
noje nago dydžio silicio plokštelėje gali būti sutalpinta šimtai milijonų tran-
zistorių. Nešiojamajame kompiuteryje yra mikroschema, kurios tranzistorius
galima įžiūrėti tik pro mikroskopą. Tie neįtikėtina maži tranzistoriai gamina-
mi taip, kaip teniso marškinėlių piešiniai.

Tokie piešiniai masiniu būdu daromi iš pradžių pasigaminus trafaretą su norimo sukurti piešinio kontūrais. Tada trafaretas uždedamas ant marškinėlių ir apipurškiamas dažais. Dažai pasieks marškinėlių medžiagą tik tose vietose,

KOMPIUTERIO ATEITIS



MŪRO DĖSNIO VEIKIMO PABAIGA. MIKROSCHEMAS DAROMOS TAIP PAT, KAIP IR TENISO MARŠKINĖLIŲ PIEŠINIAI, TIK, UŽUOT APIPURŠKUS DAŽAIS, TRAFARETAS APŠVIEČIAMAS ULTRAVIOLETO SPINDULIUOTE, SILICIO SLUOKSNIUOSE IŠDEGINANČIA ĮVAIRIUS PIEŠINIUS, KURIE VĖLIAU IŠĖSDINAMI RŪGŠTIMI, ŠITAIP SUKURIANT ŠIMTUS MILIJONŲ TRANZISTORIŲ. TAČIAU YRA ŠIO GAMYBOS BŪDO RIBA, KAI PRIARTĖJAMA PRIE ATOMO DYDŽIŲ. TAD AR SILICIO SLĖNIO NELAUKIA JUNGTINIŲ VALSTIJŲ SENOJO MERDĖJANČIO PRAMONINIO REGIONO LIKIMAS?

kur trafarete yra skylės. Trafaretą nuėmus, ant marškinėlių liks puiki pasirinkto piešinio kopija.

Panašiai daromas ir trafaretas su sudėtingais milijonų tranzistorių išsidėstymo kontūrais. Po to jis uždedamas ant plokštelės iš daugelio silicio sluoksnių, jautrių šviesai. Tada trafaretas apšviečiamas ultravioletine spinduliuote, prasiskverbianti pro trafareto skylutes ir pasiekianti silicio plokštelę.

Silicio plokštelė panardinama į rūgštį. Rūgštis išgraužia mikroschemos kontūrus ir sukuria sudėtingą milijonų tranzistorių išsidėstymo tvarką. Kadangi plokštelę sudaro daug laidininkų ir puslaidininkų sluoksnių, rūgštis išsėdina plokštelę iki įvairaus gylio skirtingose vietose ir sukuria įvairius piešinius. Šitaip galima sukurti be galo sudėtingas mikroschemas.

Viena iš priežasčių, kodėl Mūro dėsnis nepalaujamai didino mikroschemų pajėgumą, yra ta, kad ultravioletinių spindulių bangos ilgį galima mažinti ir mažinti, šitaip mažinant ir tranzistorių silicio plokštelėje dydį. Kadangi mažiausias ultravioletinių spindulių bangos ilgis gali būti tik apie 10 nm (nanometras yra milijardoji metro dalis), vadinasi, mažiausias tranzistorius, kurį dar galima išsėdinti, bus tik apie 30 atomų dydžio.

Tačiau tranzistorių mažinimas negali tęstis be galo. Ateis laikas, kai taps fiziškai nebeįmanoma šitokiu būdu išsėdinti kelių atomų dydžio tranzistorius. Įmanoma net apytiksliai apskaičiuoti, kada gi pagaliau Mūro dėsnis nustos veikti – kai tranzistorių dydis pasieks pavienių atomų dydį.

Apie 2020 m. ar kiek vėliau Mūro dėsnis palaipsniui nustos veikti, ir Silicio slėnis gali tapti dar vienu merdėjančiu pramoniniu Jungtinių Valstijų regionu, jei nebus sukurta nauja technologija, pakeisianti senąją. Pagal fizikos dėsnius ateis laikas, kai Silicio amžius pasibaigs, ir įžengsime į posilicinį amžių. Tranzistoriai bus jau tokie maži, kad pradės veikti kvantinės teorijos ar atominės fizikos dėsniai, ir elektronai ištrūks iš laidų.

Ploniausi sluoksniai kompiuteryje bus apie penkių atomų storio. Tada pagal fizikos dėsnius pradės veikti kvantinė teorija. Pagal Heizenbergo neapibrėžtumų principą, negalima vienu metu žinoti elementariosios dalelės padėties ir jos judėjimo greičio. Nors gali atrodyti, kad tai prieštarauja sveikam protui, tačiau atominame lygyje tiesiog neįmanoma nustatyti, kur elektronas yra, taigi jis niekada negali tiksliai apsiriboti buvimu itin ploname laidelyje ar sluoksnyje, jis būtinai retkarčiais iš jų ištrūks ir elektros grandinėje sukels trumpąjį jungimąsi.

Išsamiau tai aptarsime 4 skyriuje, nagrinėdami nanotechnologiją. O šiame skyriuje iki pat jo pabaigos vadovausimės prielaida, kad fizikai surado kuo pakeisti silicį, tačiau kompiuterių pajėgumas ateityje didės daug lėčiau nei iki šiol. Jis greičiausiai ir toliau didės eksponentiškai, tik padvigubėjimo trukmė bus jau ne 18 mėn., o daug metų.

TIKROS IR VIRTUALIOSIOS TIKROVĖS MIŠINYS

Šio šimtmečio viduryje turėtume gyventi tikros ir virtualiosios tikrovės mišinyje. Kontaktiniuose lęšiuose ar akiniuose matysime virtualius vaizdus, uždėtus ant tikro pasaulio. Taip mano Susumu Tačis (*Susumu Tachi*) iš Keio universiteto Japonijoje bei daugelis kitų. Jis kuria specialius akinius, fantastinius vaizdus suplanančius su tikrove. Pirmame projekte siekiama priversti daiktus išnykti ore.

Apsilankiau pas profesorių S. Tačį Tokijuje ir stebėjau kai kuriuos jo įspūdingus tikros ir virtualiosios tikrovės maišymo eksperimentus. Vienas iš paprasčiausių variantų yra priversti koki nors daiktą išnykti (bent akiniuose). Pirmiausia užsivilkau specialų šviesiai rudą lietpaltį. Kai praskėčiau rankas, jis atrodė kaip kokia didelė burė. Tuomet viena filmavimo kamera buvo sufokusuota į lietpaltį, o antra filmavo vaizdus už manęs – keliu važiuojančius autobusus ir automobilius.

Po kelių akimirkų kompiuteris sujungė tuos du vaizdus, ir už manęs esantis vaizdas pasirodė ant lietpalčio – kaip kokiame ekrane. Žiūrint į specialų lęšį, mano kūnas išnyko, liko tik autobusų ir automobilių vaizdai. Kadangi galva buvo virš lietpalčio, tai atrodė, kad ji kybo ore be jokio kūno, kaip Haris Poteris su savo nematomumą užtikrinančiu apsiaustu.

Tada profesorius parodė kelis specialius akinius. Juos užsidėjęs, galėjau matyti tikrus daiktus, vėliau priversti juos išnykti. Tai nėra tikras nematomumas, nes šis efektas pasiekiamas tik užsidėjus specialius akinius, suliejančius du vaizdus. Tačiau tai yra sudedamoji didelės profesoriaus programos, kuri kartais vadinama išplėsta tikrove, dalis.

Šio šimtmečio viduryje gyvensime visiškai veikiančiame kibernetiniame pasaulyje, kuriame tikras pasaulis bus susiliejęs su vaizdais iš kompiuterio. Tai gali radikaliai pakeisti darbo vietą, komerciją, pramogas ir gyvenimo būdą.

Išplėsta tikrovė gali turėti tiesioginių pasekmių rinkai. Pirmieji komerciniai pritaikymai galėtų būti daiktų pavertimas nematomais arba nematomų daiktų pavertimas matomais.

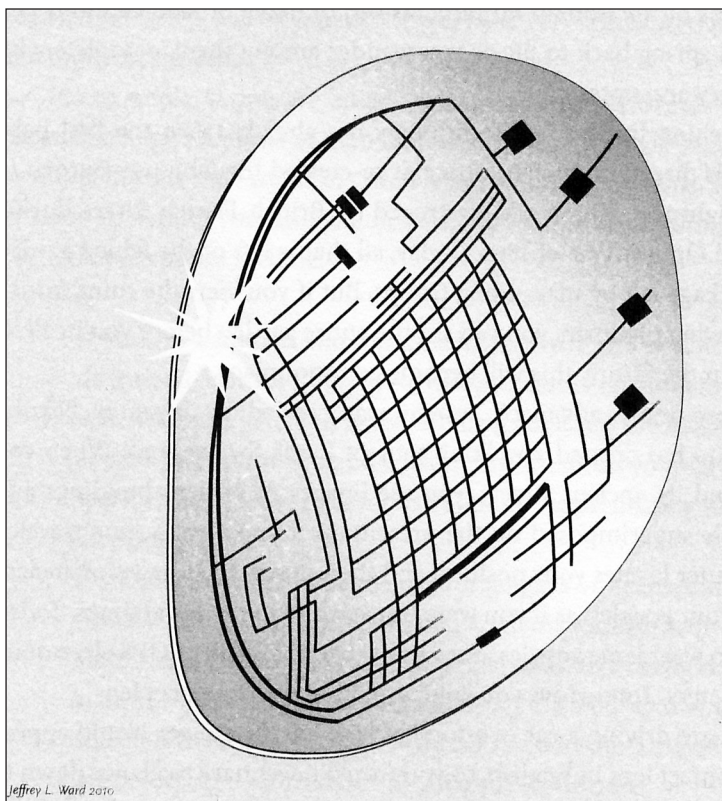
Pavyzdžiui, jei būsimieji lėktuvo pilotais ar automobilio vairuotojais, galėsime matyti, kas darosi ne tik aplink mus, bet ir po mumis, nes akiniai ar kontaktiniai lęšiai leis matyti pro lėktuvo ar automobilio sienas. Dėl to išnyks tos „užkeiktos vietos“, sukeliančios daug autokatastrofų. Oro mūšyje lėktuvo pilotas galės sekti prieš lėktuvą kad ir kur jis skristų, net ir po jo lėktuvo apačia, tarsi jo lėktuvą būtų permatomas. Vairuotojai galės matyti, kas vyksta visomis kryptimis, nes mažytės filmavimo kameros stebės viską, kas vyksta apie jo automobilį ir perduos vaizdus į kontaktinius lęšius.

Jei būsimieji astronautai ir kažką taisysime erdvėlaivio išorėje, tai mums pravers, nes pro erdvėlaivio sienas, pertvaras galėsime matyti ir jo korpusą. Tai kartais gali net išgelbėti gyvybę. O jei būsimieji statybininkai ir kažką taisysime po žeme, kur daugybė laidų, vamzdžių, čiaupų, tai tiksliai žinosime, kaip jie yra sujungti. Šis žinojimas gali būti gyvybiškai svarbus, įvykus dujų ar garų sprogimui, ir kai reikia greitai pataisyti ir vėl sujungti už sienų esančius vamzdžius.

Jei kartais ieškosime naudingųjų iškasenų, galėsime matyti požeminius vandens ar naftos telkinius. Dirbtinių žemės palydovų ar lėktuvų padarytas infraraudonosios ar ultravioletinės spinduliuotės telkinio nuotraukas bus galima išanalizuoti ir nukreipti į mūsų kontaktinius lęšius. Šitaip gausime erdvinį vaizdą tos vietovės ir kas slypi po jos paviršiumi. Vaikščiodami pliku lauku, kontaktiniais lęšiais „matysime“ vertingų mineralinių žaliavų sandėlius.

Daiktus galėsime ne tik padaryti nematomus, bet ir padaryti priešingą dalyką – nematomus daiktus padaryti matomus.

Jei būsimieji architektai, tai galėsime, vaikščiodami po tuščią kambarį, staiga „išvysti“ erdvinį projektuojamo pastato vaizdą. Vaikstant po kiekvieną to pastato kambarį, iškils projekto detalės. Tušti kambariai staiga atgis, juose atsiras baldų, kilimų, ant sienų pasirodys paveikslų, ir tai leis pamatyti erdvinį kūrinio vaizdą dar iki jį sukuriant. Tiesiog rankų mostais galėsime kurti naujus kambarius, sienas, baldus. Šiame išplėstame pasaulyje turėsime burtininko galių, pamoję burtininko lazdele, galėsime sukurti tokį daiktą, kokio tik norėsime.



INTERNETINIAI KONTAKTINIAI LĘŠIAI ATPAŽINS ŽMONIŲ VEIDUS, PATEIKS JŲ BIOGRAFIJAS IR JŲ ŽODŽIUS SUBTILRŲ PAVIDALU. TURISTAI JUOS NAUDOS SENOVĖS PAMINKLAMS PRIKELTI, DAILININKAI IR ARCHITEKTAI – SAVO VIRTUALIEMS KŪRINIAMS PERDARYTI AR JAIS MANIPULIUOTI. IŠPLĖSTOS TIKROVĖS GALIMYBĖS TIESIOG BERIBĖS.

IŠPLĖSTA TIKROVĖ: TURIZMO, MENO, APSIPIRKIMO IR KARO REVOLIUCIJA

Kaip matome, to pasekmės komercijai ir darbo vietoms potencialiai yra milžiniškos. Išplėsta tikrove galima pajvairinti kiekvieną darbo vietą. Be to, ši technologija labai padidins gyvenimo, pramogavimo ir visuomenės galimybes.

Pavyzdžiui, po muziejų vaikštinėjantis turistas galės eiti nuo vienos ekspozicijos prie kitos, o kontaktiniai lęšiai pateiks kiekvieno objekto aprašymą.

Virtualusis gidas surengs kibernetinę ekskursiją. Lankydami kokių nors senovės pastatų griuvėsius, galėsite „matyti“, kaip tie pastatai ir paminklai atrodytų restauruoti, išgirsti istorinius pasakojimus apie juos. Romos imperijos pastatų likučiai būtų ne tik aplūžusios kolonos, apaugusios piktžolėmis, bet atgytų vaikstant tarp jų, o vaizdus papildytų komentarai ir pastabos.

Pekino technologijos institutas jau žengė pirmuosius žingsnius ta kryptimi. Kibernetinėje erdvėje jis atkūrė pasakiškąjį Tobulo puikumo sodą, kuris buvo sunaikintas britų ir prancūzų karinių pajėgų per Antrąją opijaus karą 1860 m. Šiandien iš to pasakiškojo sodo liko tik tai, ką paliko plėšikaujantys kareiviai. Tačiau, žvelgiant į griuvėsius nuo specialios apžvalgos aikštelės, sodas atsiskleidžia visu grožiu. Ateityje tie vaizdai taps įprastu dalyku.

Dar pažangesnę sistemą sukūrė išradėjas Nikolas Nykis (*Nikolas Neেকে*); tai pasivaikščiojimas pėsčiomis po Bazelį Šveicarijoje. Senosiose gatvėse matyti senieji pastatai ir net žmonės, uždėti ant šių dienų vaizdų, tarsi keliautume laiku. Kompiuteris nustato mūsų buvimo vietą, tada akiniuose rodo senovės įvykių vaizdus, tarsi būtume persikėlę į viduramžius. Šiandien tam pakanka užsidėti didelius akinius ir turėti sunkią kuprinę, prikimštą GPNS elektronikos ir kompiuterių. Netrukus visa tai turėsime savo kontaktiniuose lęšiuose.

Jei vairuosime automobilį užsienio šalyje, visi matmenys kontaktiniuose lęšiuose bus rodomi anglų kalba, nereikės žvalgytis, norint juos pamatyti. Matysime kelio ženklus ir visų netoli esančių objektų, ypač dominančių turistus, apibūdinimus. Matysime ir greitai bėgančius kelio ženklų apibūdinimų vertimus į anglų kalbą.

Pėsčiasis turistai, stovyklautojai ar šiaip koks nors žmogus, mėgstantis aktyvų poilsį lauke, žinos ne tik savo buvimo vietą svetimoje šalyje, bet ir visų jos augalų ir gyvūnų pavadinimus, matys savo buvimo vietos žemėlapi ir gaus informaciją apie orus. Taip pat matys ir kempingų bei kemperių stovėjimo vietas, kurios gali būti pasislėpusios už krūmų ar medžių.

Buto ieškotojai, eidami ar važiuodami gatve, galės matyti, kas siūloma išnuomoti. Kontaktiniuose lęšiuose bus rodoma siūlomo buto ar namo pardavimo ar nuomos kaina, patogumai ir kitokia informacija.

O žiūrėdami į nakties dangų, matysime aiškiai išsidėsčiusias žvaigždes ir žvaigždynus, kaip planetariumo ekspozicijoje, nors iš tikrųjų stebimos žvaigž-

dės bus tikros. Matysime, kur yra galaktikos, tolimos juodosios skylės ir kiti įdomūs astronominiai objektai, galėsime įsirašyti įdomias paskaitas apie juos.

Išplėstos tikrovės būdas ne tik leis žiūrėti pro daiktus, tarsi jie būtų permatomi, lankytis svečiose šalyse, bet ir greitai gauti labai specializuotą informaciją.

Pavyzdžiui, aktoriui, muzikantui ar atlikėjui reikia įsiminti didelius atliekamos medžiagos kiekius, tad ateityje tuos teksto ar muzikos gabalus jie matys savo kontaktiniuose lėšiuose. Nereikės telesuflerio, natų lapų ar kitokios pagalbinės medžiagos, neberekės ir mokytis atmintinai.

Galima paminėti dar tokius pavyzdžius:

- Studentas, praleidęs paskaitą, galės įsirašyti virtualių dėstytojų bet kokio dalyko paskaitas ir matyti juos pačius. Naudojantis teledalyvavimo būdu, priešais gali išnirti tikro dėstytojo atvaizdas ir atsakyti į bet kokius klausimus. Kontaktiniuose lėšiuose bus galima matyti ir rodomus eksperimentus, vaizdajuostes ir kt.
- Karys mūšio lauke į savo akinius ar ausines galės gauti naujausią informaciją, žemėlapius, duomenis apie priešo buvimo vietas, jo ugnies kryptį, viršininkų nurodymus ir t. t. Mūšyje, kai iš visų pusių lekia kulkos, bus matyti, kas slypi už gamtinių kliūčių ir kalvų, nustatyti priešo buvimo vietas, nes virš galvų skraidantys radijo bangomis valdomi lėktuvai gali nustatyti jų pozicijas.
- Chirurgas, darantis skubią sudėtingą operaciją, galės pažvelgti į paciento kūno vidų (portatyviniu magnetinio rezonanso tomografu), peršviesti jo kūną (davikliais, įvedamais į kūną), gauti visą dokumentinę medžiagą ir vaizdajuostes apie ankstesnes operacijas.
- Žaidžiant kokią nors vaizdo žaidimą, galima pasinerti į kontaktiniuose lėšiuose esančią kibernetinę erdvę. Net ir būnant tuščiam kambaryje, bus galima matyti trimacių savo draugų atvaizdus, pratintis prie kokio nors svetimo kraštovaizdžio ir ruoštis mūšiui su įsivaizduojamais ateiviais iš kitų planetų. Atrodys, kad esame mūšio lauke svetimoje planetoje, kur aplink nesiliauja aidėti sprogimai.
- Jei reikia statistinių duomenų apie kokią nors sportininką ar kitokių duomenų apie sportą, tokia informacija akimirksniu pasirodys kontaktiniuose lėšiuose.

Taigi jau nebereikės nei mobiliojo telefono, nei laikrodžių ar MP3 grotuvų. Visi įvairių rankinių prietaisų simboliai bus suprojektuoti į kontaktinius lęšius, kad galėtume jais naudotis, kai tik panorėsime. Šitaip galėsime kalbėtis telefonu, naudotis muzikiniais tinklalapiais ir pan. Išplėsta tikrovė galės pakeisti daugelį prietaisų bei įrankių.

Kita mokslininkė, plečianti išplėstos tikrovės ribas, yra Pati Maes (*Pattie Maes*) iš Masačusetso technologijos instituto Žiniasklaidos laboratorijos. Užuoat naudojusi specialius kontaktinius lęšius ar akinius, ji siekia suprojektuoti kompiuterio ekraną ant paprastų mūsų aplinkos daiktų. Jos projekte „Šeštasis pojūtis“ numatyta ant kaklo kaip kokią medalioną nešioti mažytę kamerą ir projektorių, kuris gali suprojektuoti kompiuterio ekrano vaizdą ant bet ko, esančio priešais, pavyzdžiui, ant sienos ar ant stalo. Spaudant įsivaizduojamus mygtukus, automatiškai, kaip ir naudojantis tikra klaviatūra, įsijungia kompiuteris. Kadangi kompiuterio ekrano atvaizdą galima suprojektuoti ant bet kokio priešais esančio plokščio ir tvirto daikto, tai kompiuterio ekranais galima paversti šimtus daiktų.

Taip pat reikės užsidėti ant rankos pirštų specialius plastikinius antpirščius. Judinant pirštus, kompiuteris vykdys nurodymus ant sienos suprojektuotame ekrane. Pavyzdžiui, judinant pirštus, bus galima piešti vaizdus kompiuterio ekrane. Pirštais bus galima ir vietoj pelės varinėti žymeklį. Sudėjus rankas kvadratu, galima įjungti skaitmeninį fotoaparata ir fotografuoti.

Einant apsipirkti, kompiuteris nuskaitys įvairius produktus ir nustatys, kas jie yra, tada pateiks išsamius duomenis apie jų turinį, kaloringumą, kitų vartotojų atsiliepimus. Kadangi mikroschemos bus pigesnės už brūkšninius kodus, tai kiekvienas parduodamas produktas turės išmaniają etiketę, ją galėsime atidžiai panagrinėti.

Dar vienas išplėstos tikrovės panaudojimo būdas – regėjimas rentgeno spinduliuotės diapazone, labai panašus į tokį, koks vaizduojamas „Supermeno“ (*Superman*) komiksuose, kuriuose naudojamas procesas, vadinamas *peršvietimu atgalinės sklaidos rentgeno spinduliuote*. Jei akiniai ar kontaktiniai lęšiai yra jautrūs rentgeno spinduliuotei, gali atsirasti galimybė matyti per sienas. Dairydami aplink, galėsime matyti kiaurai daiktus kaip komiksuose. Vaikai, skaitydami *Superman* komiksus, svajoja tapti „greitesni

KOMPIUTERIO ATEITIS

už kulką, stipresni už lokomotyvą.“ Tūkstančiai vaikų užsideda kepures, šokinėja nuo dėžių, straksi ir vaizduoja, kad mato rentgeno spinduliuotės diapazone; toks matymas iš tikrųjų įmanomas.

Naudojantis paprasta rentgeno spinduliuote, už bet kokio objekto reikia padėti šiai spinduliuotei jautrią plėvelę, objektą apšviesti rentgeno spinduliuote ir išryškinti plėvelę. Atgalinės sklaidos rentgeno spinduliai tai padaro. Rentgeno spinduliuote sklaidžiami šviesos šaltinio, galinčio apšviesti visą kambarį. Jie tada atspindi nuo sienų ir iš užpakalio eina per norimą tirti objektą. Akiniai jautrūs per objektą perėjusiems rentgeno spinduliams. Vaizdai, gauti atgalinės sklaidos rentgeno spinduliais, gali būti ne blogesni nei tuose komiksuose. (Didinant akinių jautrumą, galima mažinti rentgeno spindulių intensyvumą ir pavojų sveikatai.)

UNIVERSALŪS VERTĖJAI

Seriale „Žvaigždžių kelias“, sagoje „Žvaigždžių karai“, galima sakyti, visuose kituose mokslinės fantastikos filmuose ateiviai iš kitų planetų kalba neprikaištinga anglų kalba, nes yra vadinamasis universalus vertėjas, leidžiantis Žemės gyventojams iš karto bendrauti su bet kokia ateivių civilizacija ir išvengti nepatogumo nuobodžiai naudojantis ženklų kalba ir paprastais gestais.

Nors anksčiau buvo manoma, kad tai neįmanoma, kelios universalus vertėjo versijos jau yra. Taigi, jei ateityje lankysimės kaip turistai kokioje nors užsienio šalyje ir kalbėsime su vietiniais gyventojais, savo kontaktiniuose lėšiuose matysime subtitrus, kaip žiūrėdami filmą užsienio kalba. Taip pat galėsime pavesti savo kompiuteriui daryti garsinį vertimą, perduodamą į ausis. Tuomet du žmonės galės kalbėti kiekvienas savo kalba, ausyse girdėdami vertimą, jei tik abu turės universalius vertėjus. Vertimas nebus labai tikslus, nes užklius idiomos, slengas ir vaizdingi posakiai, tačiau jis bus pakankamai geras suprasti to, ką sako pašnekovas, esmę.

Yra keli būdai, kuriais mokslininkai tai padaro tikrove. Pirmas iš jų – sukurti aparatus, gebančius užrašyti tariamus žodžius. Pirmieji tokie aparatai rinkoje pasirodė XX a. dešimtojo dešimtmečio viduryje. Jie galėjo atpažinti iki 40 000 žodžių 95 % tikslumu. Kadangi paprastame kasdieniniame pokalbyje prisireikia tik 500–1000 žodžių, tai tokių aparatų pajėgumas daugiau nei pakankamas.

Kai žmogaus balsas jau užrašytas, kiekvienas žodis kompiuterinio žodyno yra išverčiamas į kitą kalbą. Tada prasideda sunkiausia vertimo dalis – žodžių sudėliojimas į kontekstą, jo papildymas slengu, idiomomis ir t. t.: reikia suprasti sudėtingus kalbos niuansus. Ši veiklos sritis vadinama *kompiuterizuotu vertimu*.

Kito būdo pradininkas yra Pitsburgo *Carnegie Mellon* universitetas. Jo mokslininkai jau turi pagaminę prototipų, gebančių versti tekstus iš kinų kalbos į anglų kalbą ir iš anglų – į ispanų ar vokiečių. Jie pritvirtina elektrodus prie kalbėtojo kaklo ir veido, tada registruoja raumenų susitraukimus ir iššifruoja tariamus žodžius. Tam darbui nereikia jokios garso įrangos, nes žodžius galima tarti ir tylomis. Paskui kompiuteris tuos žodžius išverčia, o balso sintetizatorius garsiai juos taria. Paprastuose trumpuose 100–200 žodžių pokalbiuose pavyko pasiekti 80 % tikslumą.

„Tariamus angliškų žodžius klausytojai girdės kinų ar kita kalba“, – sako Tania Šulc (*Tanja Schultz*), viena iš šio projekto vykdytojų. Ateityje kompiuteris galbūt iš pašnekovo lūpų judesių supras, ką jis sako, ir elektrodų nebereikės. Taigi iš principo įmanomas gyvas dviejų žmonių pokalbis net jiems kalbantys skirtingomis kalbomis.

Ateityje kalbos kliūtys, labai trukdančios kultūroms suprasti vienai kitą, gali pamažu išnykti, paplitus universaliems vertimo aparatams ir internetiniams kontaktiniams lęšiams ar akiniams.

Nors išplėsta tikrovė atveria visai naują pasaulį, ji turi ir apribojimų. Nesklandumų atsiras ne dėl techninės įrangos ir juostos pločio, nes stiklo pluošto kabeliai pajėgūs perduoti neribotus informacijos kiekius.

Tikrasis ribojimo veiksnys bus programinė įranga. Ją bus galima kurti tik senoviniu būdu. Žmogus, ramiai sėdintis krėse su pieštuku, popieriaus lapu ir nešiojamuoju kompiuteriu, turės rašyti šifrus, turinčius įkvėpti gyvybės tiems įsivaizduojamiems pasauliams. Galima organizuoti masinę techninės įrangos gamybą, galima didinti jos pajėgumą, prikėmšant vis daugiau mikroschemų, bet masinė smegenų gamyba išlieka neįmanoma. Taigi tikrai išplėstos tikrovės pasaulio teks palaukti kelis dešimtmečius, iki šio šimtmečio vidurio.

HOLOGRAMOS IR TRIMAČIAI VAIZDAI

Kitas technologinis proveržis, kurio galima laukti apie šio šimtmečio vidurį, yra tikrai erdvinė televizija ir kino filmai. XX a. šeštajame dešimtmetyje norint žiūrėti erdvinius filmus reikėjo užsidėti gremėzdiškus akinius su mėlynos ir raudonos spalvos lęšiais. Šis metodas rėmėsi tuo, kad kairės ir dešinės akių ašys truputį nesutampa; ekrane buvo rodomi du filmo vaizdai – mėlynas ir raudonas. Kadangi tie akiniai veikė kaip filtrai, sukuriantys du skirtingus vaizdus kairei ir dešinei akims, tai, smegenims tuos du vaizdus suliejant į vieną, atsirasdavo erdviškumo iliuzija. Taigi vaizdo gylis suvokimas yra tik optinė apgaulė. (Kuo toliau viena akis nuo kitos, tuo geriau suvokiamas vaizdo gylis. Štai kodėl kai kurių gyvūnų akys yra už jų galvų ribų: tai leidžia geriau suvokti vaizdo gylį.)

Vienas iš šio būdo patobulinimų – turėti akinius su lęšiais iš poliarizuoto stiklo, kad kairė ir dešinė akis matytų du skirtingus poliarizuotus vaizdus. Šiuo būdu galėsime matyti trimacius daugiaspalvius, o ne tik mėlynus ir raudonus vaizdus. Kadangi šviesa yra banga, ji gali virpėti aukštyn ir žemyn arba į kairę ar į dešinę.

Poliarizacinis lęšis yra gabalas stiklo, praleidžiančio tik vienos krypties šviesos virpesius. Todėl jei akiniose bus du poliarizaciniai lęšiai su skirtingomis poliarizavimo kryptimis, galėsime matyti erdvinį vaizdą. Sudėtingesnį erdvinio vaizdo variantą galima gauti, savo kontaktiniuose lęšiuose suliejus du skirtingus vaizdus.

Erdviniams televizijos vaizdams gauti reikia užsidėti specialius akinius, kurių rinkoje jau yra. Tačiau greitai jų nebereikės – pakeis abiejose pusėse iškilūs lęšiai. Televizorius turės specialų ekraną, į kurį bus galima suprojektuoti du atskirus vaizdus truputį kitokiais kampais, po vieną kiekvienai akiai. Todėl akys matys atskirus vaizdus, ir atsiras erdvinio vaizdo iliuzija. Tačiau reikia, kad galva būtų reikiamoje padėtyje; yra „tam tikri taškai“, kuriuose turi būti akys, žiūrint į ekraną.

(Čia veikia gerai žinoma optinė apgaulė. Naujovių parduotuvėse galima matyti vaizdus, kurie stebuklingu būdu keičiasi, einant pro juos. Toks efektas gaunamas, du vaizdus sukarpius į daug siaurų juostelių; jos sumaišomos, ir gaunamas sudedamasis vaizdas. Ant šio vaizdo uždedamas iš abiejų pusių išgaubtas stiklas su daugeliu vertikalių griovelių, kiekvienas jų turi būti tiksliai ant dviejų juostelių viršaus. Tie grioveliai specialiai padaryti taip, kad, žiūrėdami į griovelį vienu kampu, matysime vieną juostelę, o kitą juostelę pamatysi-

me, žiūrėdami kitu kampu. Todėl, einant pro tokį stiklą, vienas vaizdas staiga iš vieno virsta kitu, po to vėl tuo pačiu. Erdvinė televizija tuos nejudančius vaizdus pakeis judančiais; akinių nereikės.)

Tačiau pažangiausias erdvinių vaizdų variantas bus hologramos. Tada be jokių akinių erdvinį vaizdą matysime taip, tarsi jis būtų priešais. Hologramos žinomos jau kelis dešimtmečius (yra naujovių parduotuvėse, parodose, naudojamos kredito kortelėms), jos nuolat rodomos mokslinės fantastikos filmuose. Filme „Žvaigždžių karai“ veiksmas prasideda nuo to, kad princesė Leja siunčia Maištininkų sąjungos nariams holografinę žinią apie nelaimę.

Tik sukurti hologramas labai sunku.

Jos kuriamos lazerio spindulį perskeliant į du. Tada vienas iš jų nukreipiamas į objektą, norimą fotografuoti; nuo jo atspindi ir krinta į specialų ekraną, o antras lazerio spindulys krinta tiesiai į tą ekraną. Dviem spinduliams susimaišius, gaunamas sudėtingas interferencinis vaizdas, kuriame yra „iššaldytas“ erdvinis pradinio objekto vaizdas, tada užfiksuojamas specialioje ekrano plėvelėje. Po to, į ekraną nukreipus kitą lazerio spindulį, gaunamas puikus erdvinis pradinio objekto vaizdas.

Holografinė televizija susiduria su dviem problemomis. Pirma, vaizdą reikia nukreipti į ekraną. Sėdėdami priešais ekraną, tikslų erdvinį pradinio objekto vaizdą matysime, tačiau negalėsime paliesti. Priešais esantis erdvinis vaizdas yra tik iliuzija.

Taigi, jei holografiniame televizoriuje žiūrėsime futbolo rungtynes, kad ir kaip judėsime, priešais esantis vaizdas keisis taip, tarsi būtų tikras. Gali atrodyti, kad sėdime tiesiai ties futbolo aikštės viduriu ir stebime žaidimą, būdami vos už keliasdešimties centimetrų nuo žaidėjų. Jei ištiesime ranką, norėdami sugriebti kamuolį, ji atsimuš į ekraną.

Bet didžiausia techninė kliūtis, trukdanti plėtoti holografinę televiziją, yra informacijos kaupimas ir laikymas. Tikrame erdviniam vaizde yra daug informacijos, kur kas daugiau, nei paprastame dvimačiame. Kompiuteriai tvarkingai apdoroja dvimačius vaizdus, juos suskaidydami į mažyčius taškelius; kiekvieną iš jų apšviečia mažytis tranzistorius. Kad erdvinis vaizdas judėtų, per sekundę jį reikia parodyti 30 kartų. Nesunku apskaiciuoti, kad informacija, reikalinga judantiems erdviniams holografiniams vaizdams sukurti, labai viršija dabartines interneto galimybes.

KOMPIUTERIO ATEITIS

Iki šio šimtmečio vidurio tai galbūt pavyks išspręsti, nes interneto laidumas, duomenų perdavimo greitis didėja eksponentiškai.

Kaip gali atrodyti ta tikroji erdvinė televizija?

Vienas iš galimų variantų toks: ritinio ar kupolo formos ekranas, kurio viduje sėdime mes. Kai holografinis vaizdas būtų suprojektuotas į tą ekraną, matytume mus supančius erdvinius vaizdus, ir atrodytų, kad jie iš tikrųjų čia yra.

TOLIMOJI ATEITIS (2070–2100 M.)

PROTAS VIRŠESNIS UŽ MATERIJĄ

Šio šimtmečio pabaigoje kompiuterius valdysime mintimis. Kaip senovės graikų dievams pakaks tik pagalvoti apie kokią nors komandą, ir mūsų norams bus paklūstama. Šios technologijos pagrindas jau padėtas, bet jai tobulinti prisireiks dar ne vieno dešimtmečio įtempo darbo. Ta revoliucija susideda iš dviejų dalių. Pirmą, protas turi išmokti valdyti aplink jį esančius daiktus. Antra, kompiuteris turi išmokti iššifruoti žmogaus norus, kad galėtų juos įvykdyti.

Pirmas reikšmingas proveržis buvo pasiektas 1998 m., kai Emorio universiteto ir Tiubingeno universiteto Vokietijoje mokslininkai suparalyžiuotam po insulto 56 m. vyrui tiesiai į smegenis įvedė mažytį stiklinį elektrodą. Jis buvo sujungtas su kompiuteriu, analizuojančiu smegenų signalus. Ši insulto auka kompiuterio ekrane galėjo matyti žymeklio vaizdą. Paskui, naudodamasis biologiniu grįžtamuju ryšiu, jis vien tik mintimis galėjo valdyti tą žymeklį kompiuterio ekrane. Šitaip pirmą kartą buvo užmegztas tiesioginis žmogaus smegenų ir kompiuterio ryšys.

Patį sudėtingiausią šios technologijos variantą sukūrė Brauno universiteto neurologas Džonas Danehu (*John Donoghue*). Jis sukonstravo prietaisą *BrainGate*, padedantį bendrauti žmonėms, patyrusiems smegenų pažeidimus. Žinia-sklaida iš to padarė sensaciją, ir 2006 m. jis net pateko į *Nature* žurnalo viršelį.

Dž. Danehu man sakė: norėtų, kad *BrainGate* iš esmės pakeistų smegenų pažeidimų gydymą, panaudojant visas informacinės revoliucijos galimybes. Šis prietaisas jau labai paveikė jo pacientų gyvenimą, ir jis labai daug ko tikisi iš šios technologijos tobulinimo. Jam ir pačiam yra svarbūs tie tyrimai, nes

vaikystėje irgi buvo prikaustytas prie neįgaliojo vežimėlio dėl degeneracinės ligos, todėl jam gerai pažįstamas bejėgiškumas.

Tarp jo pacientų yra ir tokių insulto aukų, kurios negali bendrauti su artimaisiais, nors smegenys veikia. Ant vienos insulto aukos smegenų uždėjo tik 4 mm pločio mikroschemą ties ta smegenų sritimi, kuri valdo motorinius judesius. Ta mikroschema vėliau buvo sujungta su kompiuteriu, analizuojančiu, apdorojančiu smegenų signalus ir duomenis siunčiančiu į nešiojamąjį kompiuterį.

Iš pradžių pacientas nevaldė žymeklio buvimo vietos, bet galėjo matyti, kur link žymeklis juda. Bandydamas ir klysdamas pacientas mokėsi valdyti žymeklį ir jau po kelių valandų nuvarydavo į bet kurią ekrano vietą. Ilgiau pasitreniravęs, išmoko skaityti ir rašyti elektroninio pašto žinutes ir žaisti vaizdo žaidimus. Iš principo paralyžuotas žmogus turėtų atlikti bet ką, kas gali būti valdoma kompiuteriu.

Dž. Danehu pradėjo keturių pacientų tyrimus. Dviem iš jų buvo pažeistos stuburo smegenys, trečias patyręs insultą, o ketvirtas sirgo šonine amiotrofine skleroze. Tam iš jų, kurio kūnas žemiau kaklo buvo tetraplegiškai paralyžuotas (nevaldė nei rankų, nei kojų), pakako vienos dienos išmokti mintimis varinėti žymeklį. Šiandien jis sugeba valdyti televizorių, varinėti kompiuterio žymeklį, žaisti vaizdo žaidimus, skaityti elektroninio pašto žinutes. Pacientai taip pat gali patys užtikrinti savo mobilumą, manipuliuodami motorizuotais neįgaliųjų vežimėliais.

Taigi visiškai paralyžuotiems žmonėms tai yra tikras stebuklas. Dar visai neseniai jie buvo bejėgiai, įkalinti savo kūnuose, o po kelių dienų jau naršė internete ir kalbėjosi su žmonėmis visame pasaulyje.

(Kartą man teko dalyvauti iškilmingame priėmime Linkolno centre Niujorke, surengtame įžymiojo kosmologo Stiveno Hokingo (*Stephen Hawking*) garbei. Buvo graudu žiūrėti į jį neįgaliojo vežimėlyje, negalintį pajudinti nieko daugiau, išskyrus kelis veido raumenis ir vokus. Slaugės prilaikė bejėgiškai nusvirusią galvą ir stumdė vežimėlį. Tik po daug valandų ir dienų trukusių skausmingų pastangų jis išmoko balso sintezatoriumi išreikšti paprasčiausias mintis. Pagalvojau – gal dar nevēlu jam išbandyti *BrainGate* technologiją. Tada prie manęs priėjo pasisveikinti ir pats Dž. Danehu, irgi buvęs šiame renginyje. Tad galbūt ta technologija iš tikrųjų būtų geriausias pasirinkimas S. Hokingui.)

Kita Duke universiteto mokslininkų grupė pasiekė panašių rezultatų, dirbdama su beždžionėmis. Migelis Nikolelis (*Miguel A. L. Nicolelis*) ir jo grupė vienai beždžionei ant smegenų uždėjo mikroschemą, sujungtą su mechanine ranka. Iš pradžių ji blaškėsi, nežinodama, kaip naudotis ta ranka. Tačiau, truputį pasipraktikavusios, beždžionės, naudodamosi savo smegenimis, išmoksta lėtai valdyti mechaninės rankos judesius, pavyzdžiui, sugriebti bananą. Išmoksta instinktyviai, negalvodamos, judinti rankas, tarsi būtų jų pačių. „Yra fiziologinių įrodymų, kad šio eksperimento metu jaučiasi labiau susijusios su robotais, negu su savo pačių kūnais,“⁴ – sako M. Nikolelis.

Tai irgi reiškia, kad ateis diena, kai mašinas galėsime valdyti vien tik mintimis. Paralyžiuoti žmonės galbūt galės šitokiu būdu valdyti mechanines rankas ir kojas. Gal pavyks žmogaus smegenis tiesiogiai sujungti su mechaninėmis rankomis ir kojomis ne per stuburo smegenis, ir tada pacientas vėl galės vaikščioti. Tai gali padėti pagrindą mūsų pasaulio valdymui mintimis.

KITO ŽMOGAUS MINČIŲ SKAITYMAS

Jei smegenys gali valdyti kompiuterį ar mechaninę ranką, tai ar kompiuteris negalėtų skaityti kito žmogaus minčių, neįvedus elektrodų į smegenis?

Nuo 1875 m. žinoma, kad smegenų veikla remiasi elektros srovės tekėjimu smegenų neuronais; tai sukuria silpnus elektros signalus, kuriuos galima išmatuoti, uždėjus ant galvos elektrodus. Analizuojant tų elektrodų užfiksuotus elektros impulsus, galima užrašyti smegenų bangas – gauti elektroencefalogramą (EEG), galinčią parodyti didelius smegenų pokyčius žmogui užmigus bei nuotaikas – susijaudinimą, pyktį ir t. t. EEG galima parodyti kompiuterio ekrane, ir ją gali stebėti tiriamasis. Po kiek laiko žmogus išmoksta stumdyti kompiuterio žymeklį vien tik mintimis. Nilsas Birbaumeris (*Niels Birbaumer*) iš Tiubingeno universiteto jau sugeba šiuo metodu išmokyti iš dalies paralyžiuotus žmones spausdinti paprastus sakinius.

Tuo naudojasi net žaislų gamintojai. Daugelis žaislų kompanijų, įskaitant ir *NeuroSky*, yra išleidusios į rinką galvos raištį, kurio viduje yra EEG tipo elektrodas. Tam tikru būdu sutelkus dėmesį, jį galima įjungti, ir elektrodas tada valdys žaislą. Vien tik mintimis, sakykime, galėsime cilindre pakelti aukštytyn stalo teniso kamuoliuką.

EEG gera tuo, kad leidžia greitai aptikti smegenų skleidžiamas įvairaus dažnio bangas, ir tam nereikia sudėtingos, brangios įrangos. Bet ji turi ir didelį trūkumą – nesugeba minčių susieti su konkrečiomis smegenų vietomis.

Daug jautresnis yra nuskaitymas funkcinio magnetinio rezonanso tomografijos (FMRT) būdu. EEG ir FMRT skleistinės turi keletą svarbių skirtumų. EEG yra pasyvus metodas, juo tik užrašomi smegenų elektros signalai, neįmanoma tiksliai apibrėžti jų šaltinio buvimo vietos. FMRT naudojami radijo bangų sukelti „aidai,“ siekiant pažvelgti į gyvų audinių vidų. Tai leidžia tiksliai nustatyti įvairių signalų atsiradimo vietą, ir gaunami išpūdingi erdviniai smegenų vidaus vaizdai.

FMRT aparatūra yra labai brangi, daug sunkių prietaisų užpildo visą laboratoriją, tačiau ja jau nustatytos užimančios kvapą smegenų veiklos detalės. Šis metodas leidžia mokslininkams fiksuoti deguonies buvimą kraujo hemoglobine. Kadangi deguonies prisotintas hemoglobinas turi energijos palaikyti ląstelių veiklą, deguonies tekėjimo nustatymas leidžia sekti, kaip mintys juda smegenyse.

Los Andželo Kalifornijos universiteto psichiatras Džošua Frydmanas (*Joshua Freedman*) sako: „Tai panašu į tai, ką patyrė astronomai XVI a., kai buvo išrastas teleskopas. Tūkstančius metų labai protingi žmonės stengėsi suprasti, kas vyksta danguje, bet galėjo tik spėlioti, kas yra už žmogaus regėjimo plikomomis akimis galimybių ribų. Ir štai netikėtai nauja technologija leido tiesiogiai pamatyti, kas gi ten yra.“⁵

FMRT skleistinės leidžia minčių judėjimą gyvose smegenyse sekti net 0,1 mm tikslumu; tai taškelis, mažesnis už smeigtuko galvutę, atitinkantis gal tik kelis tūkstančius neuronų. Todėl FMRT skleistinė gali duoti nepaprastai tikslius erdvinius energijos tekėjimo mastančių smegenų viduje vaizdus. Ilgainiui gali būti sukurta ir tokia FMRT aparatūra, kuri padidins nustatymo tikslumą iki kelių neuronų lygio, ir tada bus galima nustatyti nervų veikos modelius, atitinkančius konkrečias mintis.

Neseniai šioje srityje pasiekė proveržį Kendrikas Kajus (*Kendrick Kay*) su savo kolegomis Berklio Kalifornijos universitete. Jie darė FMRT skleistines žmonių, žiūrinčių į įvairių objektų – maisto produktų, gyvūnų, žmonių ir paprastų įvairios spalvos daiktų – atvaizdus. Jis su kolegomis sukūrė programinę įrangą, pajėgiančią tuos objektus susieti su atitinkamais FMRT skleistinių

tipais. Kuo daugiau objektų tiriamieji stebėjo, tuo geriau kompiuterio programai sekėsi juos atpažinti FMRT skleistinėse.

Po to tiems patiems tiriamiesiems parodė visiškai naujus objektus, ir jų kompiuterio programa dažnai teisingai objektą susiedavo su FMRT skleistine. Iš parodytų 120 naujų objektų atvaizdų programa teisingai juos susiejo su FMRT skleistine 90 %. Kai tiriamiesiems buvo parodyta 1000 naujų objektų, kompiuterio programos susiejimo su FMRT skleistine tikslumas sumažėjo iki 80 %.

K. Kajus sako: „Iš didelio visiškai naujų natūralių vaizdų rinkinio įmanoma nustatyti, kurį konkretų vaizdą koks nors stebėtojas matė [...] Galimas dalykas, netrukus bus galima kokio nors žmogaus vizualinės patirties vaizdą atkurti vien tik matuojant smegenų veiklą.“⁶

Šio būdo tikslas yra sukurti savotišką „minčių žodyną“, kuriame kiekvienas objektas turėtų visiškai jį atitinkantį FMRT vaizdą. Žiūrint šį vaizdą, būtų galima nustatyti, apie kurį objektą žmogus galvoja. Ilgainiui kompiuteris galbūt galės peržiūrėti tūkstančius FMRT vaizdų, ateinančių iš mažesnių smegenų, ir juos visus iššifruoti. Šitokiu būdu būtų galima iššifruoti žmogaus sąmonės srautą.

SAPNŲ FOTOGRAFAVIMAS

Tačiau šis metodas turi tokį trūkumą: jis gali pasakyti, tarkime, kad galvojate apie šunį, tačiau negali atkurti, kaip jis atrodo. Nauja tyrimų kryptis bando atkurti tikslų vaizdą to, apie ką žmogus galvoja, kad būtų galima sukurti žmogaus minčių vaizdajuostę. Šitokiu būdu būtų galima sukurti ir kokio nors sapno vaizdajuostę.

Nuo neatmenamų laikų žmonės labai domėjosi sapnais, tais laikiniais vaizdais, kuriuos kartais taip sunku prisiminti ar suprasti. Holivudas jau seniai galvoja apie aparatus, kurie kada nors galėtų atsiųsti į smegenis daug panašių į sapnus minčių, kaip filme „Viską prisiminti“ (*Total Recall*). Tačiau visa tai yra ne kas kita, kaip grynų spėliojimai.

Tiksliau sakant, jie tokie buvo iki šiol.

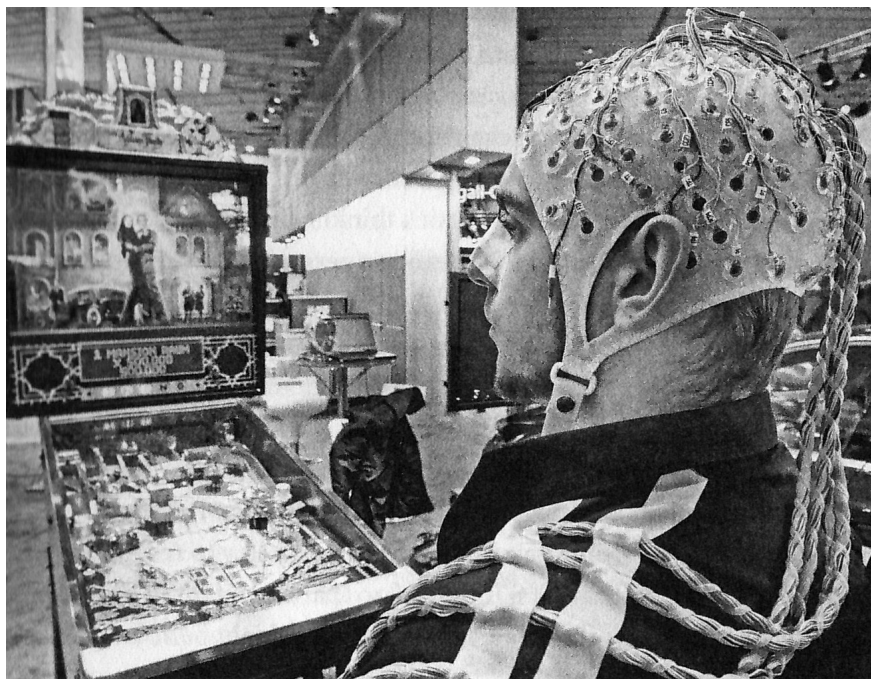
Mokslininkai padarė didelę pažangą srityje, kuri iki šiol atrodė neįmanoma – fotografuojant prisiminimus, o gal ir sapnus. Pirmą žingsnį šia kryptimi žengė Kioto Pažangiųjų telekomunikacinių tyrimų Kompiuterinės neurologijos laboratorijos mokslininkai. Jie parodydavo savo tiriamiesiems konkrečioje

vietoje esantį šviesos taškelį. Tada FMRT nuskaitydama nustatydavo, kurioje vietoje smegenys laiko informaciją apie tą tašką. Paskui tą šviesos taškelį pastumdavo į kitą vietą ir nustatydavo, kur smegenys laiko tą naują informaciją. Ilgainiui sudarydavo tų šviesos taškių laikymo smegenyse žemėlapi. Šviesos taškai būdavo pažymimi 10 x 10 langelių tinklelyje.

Iš tų 10 x 10 tinklelio taškų mokslininkai sudarydavo kokio nors paprasto daikto, kad ir pasagos, vaizdą. Paskui kompiuteriu galėjo analizuoti, kaip smegenys jį išsaugojo. Suprantama, smegenyse saugomas vaizdas buvo pasagą sudarančių vaizdų suma.

Šitokiu būdu tie mokslininkai galėjo sukurti to, ką smegenys mato, vaizdą. Kompiuteris, peržiūrintis smegenų FMRT skleistines, gali iššifruoti bet kokią šviesos taškių išsidėstymą 10 x 10 tinklelyje.

Tie mokslininkai ateityje nori 10 x 10 tinklelyje padidinti taškių skaičių. Be to, tvirtina, kad procesas yra universalus, t. y. bet kokią vaizdinę mintį ar net sapną turėtų būti įmanoma aptikti nuskaitant FMRT. Jei jie



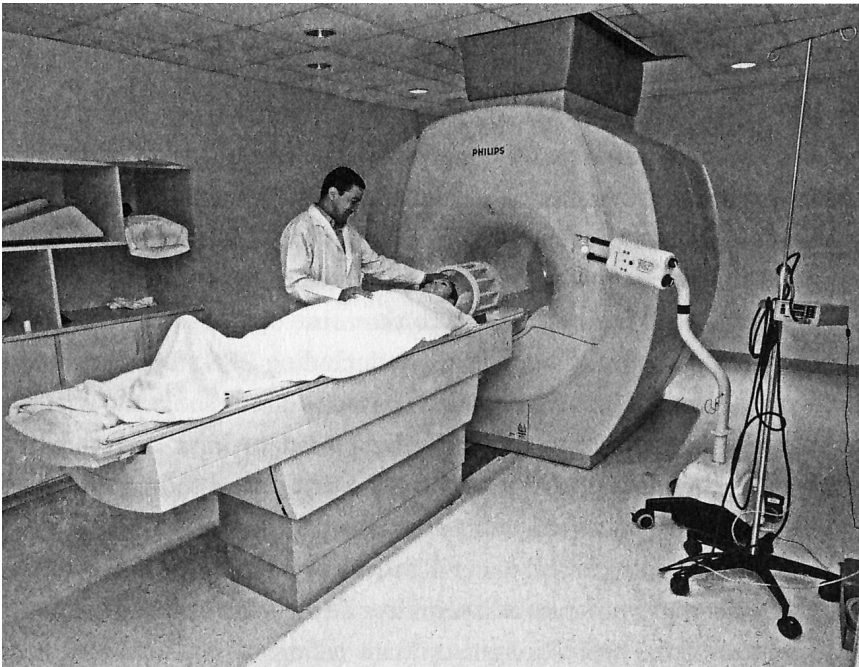
KOMPIUTERIO ATEITIS

neklęsta, vadinasi, pirmą kartą žmonijos istorijoje galėsime užrašyti savo sapnų vaizdus.

Žinoma, mintyse regimi vaizdai niekada nebūna labai aiškūs, jie visada bus šiek tiek migloti, bet labai reikšmingas yra pats faktas, kad įmanoma giliai pažvelgti į vaizdines kieno nors smegenų mintis.

MINČIŲ SKAITYMO ETIKA

O kas atsitiks, jei galėsime be vargo skaityti kitų žmonių mintis? Nobelio premijos laureatui Deividui Baltimorui (*David Baltimore*), buvusiam Kalifornijos technologijos instituto rektoriui, tai kelia nerimą. Jis rašo: „Ar galima įsiskverbti į kitų žmonių mintis? [...] Nemanau, kad tai gryna mokslinė fantastika, bet tai sukurs velniškai daug keblumų. Įsivaizduokite, kaip, pavyzdžiui,



MINČIŲ SKAITYMAS EEG (KAIRĖJE) IR FMRT (DEŠINĖJE) NUSKAITYMO BŪDU. ATEITYJE TIE ELEKTRODAI BUS SUMAŽINTI. GALĖSIME SKAITYTI MINTIS IR VALDYTI DAIKTUS VIEN TIK MINTIMIS.

siekti merginos palankumo, jei ji skaitys mano mintis, arba kaip vesti verslo derybas, jei bus galima žinoti, ką galvojame?“⁷

Jo nuomone, minčių skaitymas dažniausiai sukels nepatogumų, bet neturės pražūtingų pasekmių: „Man sako, kad, sustabdę dėstytojo paskaitą, jam vos įpusėjus (ir pasidomėję, ką mąsto studentai) pamatysime, kad didelė jų dalis yra paskendusi erotinėse fantazijose.“⁸

Tačiau minčių skaitymas galbūt netaps tokiu dideliu privatumu, nes dauguma minčių nėra griežtai apibrėžtos. Kada nors ateityje gal ir bus įmanoma fotografuoti svajones, fantazijas ir sapnus, tačiau gali nuvilti vaizdų kokybė. Prisimenu, prieš keletą metų skaičiau apsakymą, kuriame džinas pasakė žmogui, kad jis galės turėti viską, apie ką tik pagalvos.

Žmogus pradėjo galvoti apie brangius prabangos dalykus – limuzinus, milijonus dolerių grynaisiais, pilį. Džinas tučtuojau pristatė įsivaizduojamus dalykus, bet kai pradėjo kruopščiai apžiūrinėti, buvo priblokštas, pamatęs, kad limuzinas be durų rankenėlių ir be variklio, veidai ant banknotų labai neryškūs, o pilis visai tuščia. Mat, skubėdamas tai įsivaizduoti, pamiršo, kad tie dalykai vaizduotėje yra tik bendro pobūdžio idėjų pavidalo.

Be to, abejotina, ar galėsime kito žmogaus mintis skaityti per atstumą. Lig šiol visi taikyti tyrimo metodai (EEG, FMRT ir elektrodų įvedimas į smegenis) reikalauja glaudaus ryšio su tiriamuoju.

Nepaisant to, ateityje gali būti priimti įstatymai, ribojantys nesankcionuotą minčių skaitymą. Taip pat gali būti sukurti įtaisai mintis saugoti; jie gali trukdyti elektros signalams – blokuoti ar sujaukti.

Tikrą minčių skaitymą turėsime tik po daugelio dešimtmečių. Tačiau FMRT prietaisą galima naudoti ir kaip melo detektorių. Meluojant smegenyse užsidega daugiau šviesos taškelių, negu sakant tiesą. Mat meluojant reikia žinoti teisybę, bet galvoti apie melą ir daugybę jo pasekmių; tam reikia kur kas daugiau energijos negu sakant tiesą. Todėl smegenų nuskaitymas FMRT būdu gali pajėgti aptikti papildomas energijos sąnaudas.

Šiuo metu mokslo bendruomenė santūriai vertina galimybę FMRT melo detektorius leisti laikyti svarbiausiu įrodymu, ypač teismų bylose. Šis būdas dar per naujas, kad jį būtų galima laikyti neklaidingu melo nustatymo būdu. Tačiau šalininkai sako, kad tolesni tyrimai tikslumą padidins. Tad šis būdas turėtų išlikti.

Jau yra kompanijų, siūlančių FMRT melo detektorius, kurių patikimumas lygus 90 %. Vienas teismas Indijoje jau panaudojo šį būdą vienoje byloje, kelios bylos, taikant šį būdą, šiuo metu nagrinėjamos ir JAV teismuose.

Paprastai melo detektoriai melo nenustato; jie nustato tik įtampos požymius: padidėjusį prakaitavimą (nustatomas analizuojant odos laidumą) ar padidėjusį pulsą. Smegenų nuskaitymas nustato smegenų veiklos paspartėjimą, bet jo koreliaciją su melavimu galutinai turi nustatyti vis tiek teismas.

Gali prisireikėti ne vienerių metų kruopščių bandymų, kol bus iširtos melo nustatymo FMRT būdu ribos ir tikslumas. O kol kas Makartūrų fondas neseniai skyrė 10 mln. dol. dotaciją Teisės ir neurologijos projektui, kurio tikslas nustatyti, kaip neurologija paveiks teisę.

KAIP MANO SMEGENYS BUVO NUSKAITOMOS FMRT

Kartą FMRT nuskaityti ir mano smegenis. Kai buvo kuriamas dokumentinis filmas *BBC Discovery* kanalui, nuskridau į Duke universitetą, ten buvau paguldytas ant neštuvų, kuriuos tada ištūmė į didžiulį metalinį cilindrą. Kai įjungė didžiulį ir labai galingą magnetą (sukuriantį magnetinį lauką, 20 000 kartų stipresnį už Žemės magnetinį lauką), mano smegenų atomai tame lauke išsidėstė kaip besisukantys vilkeliai, kurių ašys nukreiptos viena kryptimi. Paskui į smegenis buvo nusiųstas radijo impulsas, kuris kai kuriuos atomų branduolius apvertė aukštyn kojomis. Branduoliai, grįžę į normalią būseną, išspinduliavo mažytį impulsą, arba „aidą“, kurį galėjo nustatyti FMRT aparatas. Analizuodami tuos aidus, kompiuteriai gali apdoroti signalus ir sukurti erdvinį smegenų vidaus vaizdą.

Vykimas buvo visiškai neskausmingas ir nekenkė sveikatai. Į kūną nukreipta spinduliuotė buvo nejonizuojanti, ji negalėjo pakenkti ląstelėms, atplėšti nuo jų atomų. Net būdamas magnetiniame lauke, tūkstančius kartų stipresniame už magnetinį Žemės lauką, kūne nejutau nė menkiausių pokyčių.

Mano ketinimo išbandyti FMRT nuskaitymo būdą tikslas – tiksliai nustatyti, kurioje smegenų vietoje kyla kai kurių minčių. Tarp kitko, smegenų viduje yra mažytis biologinis „laikrodis.“ Jis yra tarp akių, virš nosies; ten smegenys skaičiuoja sekundes ir minutes. Pažeidus šią jautrią smegenų dalį, iškreipiamas laiko suvokimas.

Būnant skaitytuvo viduje, manęs paprašė matuoti sekundes ir minutes. Vėliau, kai FMRT skleistines išryškino, galėjau aiškiai matyti šviesų taškelį kaip tik virš nosies, atsiradusį skaičiuojant sekundes. Supratau, kad man teko garbė būti visiškai naujos biologijos srities sukūrimo liudininku. Ta sritis – tikslus nustatymas tų vietų smegenyse, kurios susijusios su tam tikromis mintimis, savotiška minčių skaitymo atmaina.

TRIKORDERIAI IR PORTATYVINIAI SMEGENŲ SKAITYTUVAI

Ateityje tomografs neturės būti tokie didžiuliai, kaip šiuo metu esantys liginėse, sveriantys kelias tonas ir užimantys visą kambarį. Jie galės būti mobiliojo telefono ar net cento dydžio.

1993 m. Bernardui Bliumichui (*Bernhard Blümich*) su kolegomis, tuo metu dirbusiems Mainco Makso Planko polimerų tyrimo institute Vokietijoje, kilo mintis, kaip būtų galima sukurti mažyčius tomografo skaitytuvus. Jie pagamino naują prietaisą *MRI-MOUSE* (*mobile universal surface explorer* – mobilusis universalus paviršiaus tyrimo prietaisas). Šiuo metu tokie prietaisai yra apie 30 cm aukščio, bet ateityje gali būti tik kavos puoduko dydžio, ir jų bus galima nusipirkti universalinėse parduotuvėse. Tai gali sukelti tikrą medicinos perversmą, nes tomografo skleistines kiekvienas galės pasidaryti namie. B. Bliumichas mano, kad gana greitai ateis laikas, kai asmeniniu *MRI-MOUSE* aparatu bet kuriuo paros metu kiekvienas galės vedžioti po odą ir pažvelgti į savo kūno vidų. Kompiuteriai išanalizuos gautus vaizdus ir nustatys negeroves. „Ko gero, jau gana greitai turėsime kažką panašaus į *Star Trek* trikorderį“, – sako jis.⁹

(Tomografo skaitytuvo veikimo principas panašus kaip ir kompas rodyklės. Šiaurę rodanti kompas rodyklė magnetiniame lauke iš karto sukasi pagal jo kryptį. Kai žmogaus kūnas atsiduria tomografo aparate, kūno atomų branduoliai kaip kompas rodyklės sukasi magnetiniame lauke. Tada į kūną siunčiamas radijo impulsas, priverčiantis branduolius apsiversti. Netrukus branduoliai sugrįžta į pradinę padėtį, išspinduliuodami antrinę radijo impulsą – „aidą“.)

Svarbiausia B. Bliumicho mažojo tomografo savybė yra nevienalyčiai magnetiniai jo laukai. Dabartiniai tomografs tokie dideli dėl to, kad kūnas turi būti itin tolygiame magnetiniame lauke. Kuo jis tolygesnis, tuo išsames-

nis vaizdas (šiandien jau pavyksta pastebėti 0,1 mm dalies dydžio detales). Tiems tolygiems magnetiniams laukams gauti fizikai paima dvi dideles apie 60 cm skersmens vielos rites ir uždeda vieną ant kitos. Gaunama vadinamoji Helmholco ritė; erdvėje tarp šių dviejų ričių sukuriamas tolygus magnetinis laukas. Žmogus išsitiesia išilgai tų dviejų didelių magnetų ašių.

Netolygūs magnetiniai laukai vaizdą iškreips – jis bus niekam tikęs. Daug dešimtmečių tai buvo didžiausias tomografų trūkumas. Tačiau B. Blumichas sugalvojo būdą, leidžiantį išvengti vaizdo iškraipymo. Į tiriamąjį objektą jis siunčia daug radijo impulsų, paskui registruoja gautus „aidus.“ Kompiuteriai juos analizuoja ir taiso iškraipymus, sukeltus magnetinių laukų netolygumo.

Šiuo metu portatyvinis B. Blumicho *MRI-MOUSE* aparatas naudoja mažą „U“ formos magnetą su šiaurės ir pietų poliais jo galuose. Magnetą uždedamas ant paciento, ir jį stumdant galima matyti, kas yra kelių centimetrų gylyje. Įprastiniai tomografai suvartoja daug elektros energijos, jiems įjungti reikia specialių kištukinių lizdų, o *MRI-MOUSE* elektros energijos suvartoja ne daugiau už paprastą elektros lemputę.

Kai kuriuose ankstyvuosiuose bandymuose *MRI-MOUSE* aparatus B. Blumichas uždėdavo ant guminių padangų, kurios tokios pat minkštos, kaip ir žmogaus kūnas. Juk tai žadėjo tiesioginį komercinį pritaikymą – greitą gaminių defektų radimą. Įprastiniais tomografais negalima tirti metalo turinčių gaminių, sakykime, radialinių padangų su plieno juostomis. Kadangi *MRI-MOUSE* aparatas naudoja tik silpnus magnetinius laukus, jam toks apribojimas negalioja.

(Magnetiniai įprastinių tomografų laukai 20 000 kartų stipresni už magnetinį Žemės lauką. Daugelis medicinos seserų ir technikų buvo sunkiai sužeisti, kai, įjungus magnetinį lauką, metaliniai įrankiai pradėjo lėkti į juos. Dirbant su *MRI-MOUSE* aparatu, to nepasitaiko.)

Šis aparatas puikiai tinka ne tik tirti objektus, kuriuose yra geležies grupės metalų, bet ir per didelius objektus įprastiniam tomografui arba kurių negalima pajudinti iš vietos. Sakykime, 2006 m. *MRI-MOUSE* aparatu buvo gauti „ledo žmogaus“ Ocio – 1991 m. Alpėse aptikto sušalusio priešistorinių laikų žmogaus – palaikų vaizdai. Stumdant jo kūno paviršiumi U formos magnetą, pavyko ištirti įvairius šio sušalusio kūno sluoksnius.

Ateityje *MRI-MOUSE* aparatas gali virsti dar mažesniu, ir tai leis nuskaityti smegenis mobiliojo telefono dydžio prietaisu. Tada nuskaityti smegenis, norint skai-

tyti kito žmogaus mintis, gal ir nebebus sunku. Ilgainiui tomografo skaitytuvas gali tapti toks plonas, kaip 10 ct moneta, taigi vos pastebimas. Jis netgi gali tapti panašus į mažiau pajėgų EEG prietaisą, kurį naudojant ant tiriamojo galvos uždedamas plastikinis gaubtas su daugybe elektrodų. (Jei tuos portatyvinio tomografo diskelius užsidėsime ant pirštų galiukų, paskui uždėsime ranką ant kito žmogaus galvos, tai bus panašu į tai, kaip seriale „Žvaigždžių kelias“ Vulkanas suliejo protus.)

TELEKINEZĖ IR DIEVIŠKOSIOS GĀLIOS

Galutinis šios veiklos tikslas yra pasiekti telekinezę – mitologinių dievų galią vien tik mintimis judinti daiktus.

Pavyzdžiui, filme „Žvaigždžių karai“ Jėga yra paslaptingas laukas, pripildantis visą Galaktiką ir išlaisvinantis riterių džedajų proto galias, leidžiantis jiems mintimis valdyti daiktus. Naudojant minėtos Jėgos galią, galima valdyti lazerinius kardus, spindulines patrankas ir netgi pasiekti žvaigždėlaivių levitaciją bei valdyti kitų veiksmus.

Tačiau, norint įkinkyti šią jėgą, visai nebūtina keliauti į tolimą galaktiką. 2100 m. įėję į kambarį, galėsime mintimis valdyti kompiuterį, kuris tada savo ruožtu valdys aplink mus esančius daiktus. Perstumti sunkius baldus, sutvarkyti daiktus ant rašomojo stalo, ką nors pataisyti ir t. t. bus galima vien tik pagalvojus. Tai gali labai praversti darbininkams, ugniagesiams, astronautams ir kariams, kuriems gali tekti aptarnauti mechanizmus, reikalaujančius daugiau nei dviejų rankų. Tai gali pakeisti ir mūsų sąveikos su pasauliu būdą. Galėsime važinėti dviračiu, vairuoti automobilį, žaisti golfą, beisbolą ar kitus sudėtingus žaidimus vien tik apie juos pagalvoję.

Judinti daiktus mintimis gali tapti įmanoma panaudojant superlaidininkus; išsamiau tai išdėstysime 4 skyriuje. Iki šio šimtmečio pabaigos fizikams gali pavykti sukurti superlaidininkus, galinčius veikti kambario temperatūroje. Jie leis sukurti labai stiprius magnetinius laukus, kuriems nereikės daug elektros energijos. Kaip kad XX a. buvo elektros amžius, taip ateitis gali atnešti superlaidininkus, kurie sukurs magnetizmo amžių.

Sukurti galingus magnetinius laukus šiuo metu labai brangu, tačiau ateityje juos galbūt galėsime gauti vos ne už dyką. Tai leis sumažinti trintį traukiniuose ir sunkvežimiuose, sukels tikrą transporto perversmą, sumažins

elektros srovės perdavimo nuostolius. Šitai irgi padės judinti daiktus vien tik mintimis. Įvairių daiktų viduje esantys mažyčiai supermagnetėliai leis juos stumdyti beveik vos panorėjus.

Artimiausioje ateityje vadovausimės prielaida, kad visų daiktų viduje yra mažytė mikroschema, ir dėl to jie yra protingi. Tolimoje ateityje vadovausimės kita prielaida – kad visų daiktų viduje yra mažytis superlaidininkas, galintis generuoti magnetinės energijos impulsus, pakankamus tiems daiktams po kambarį stumdyti. Pavyzdžiui, kokio nors stalo viduje yra superlaidininkas. Normalioje būsenoje srovė juo netekės. Tačiau paleista net silpnutė elektros srovė gali sukurti labai stiprų magnetinį lauką, pajėgų stalą stumdyti po kambarį. Mintimis įjungsime daikto viduje esantį supermagnetą ir daiktą priversime judėti.

Sakykime, serijos „Iksmenai“ (*X-Men*) filmuose blogiesiems mutantams vadovauja Magnetas, pajėgiantis judinti didžiulius daiktus, naudodamas magnetines jų savybes. Vienoje šio filmo scenoje savo minties galia jis netgi pajudina Aukso Vartų tiltą San Franciske. Tačiau ši jo galia turi ribas. Jam sunku pajudinti plastikinius ar popierinius daiktus, nes jie neturi magnetinių savybių. (Pirmo šios serijos filmo pabaigoje Magnetas uždaromas į kalėjimą, padarytą vien tik iš plastiko.)

Ateityje kambario temperatūroje veikiančius superlaidininkus bus galima įtaisyti įprastiniuose daiktuose, net ir nemagnetiniuose. Jei tokio daikto viduje bus įjungta elektros srovė, jis taps magnetinis, ir jį galės stumdyti išorinis magnetinis laukas, valdomas mintimis.

Mintimis manipuluosime ir robotais bei įsikūnijimais, avatarais. Taigi galėsime taip, kaip filmuose „Svetimas kūnas“ (*Surrogates*) ir „Įsikūnijimas“ (*Avatar*), valdyti savo pakaitus ir net jausti jų patiriamą skausmą bei spaudimą. Tai galėtų praversti, jei prireiktų antžmogiško kūno remonto darbams atvirame kosmose atlikti ar gelbėjant žmones avariniais atvejais. Galbūt ateis diena, kai astronautai, saugiai būdami Žemėje, valdys robotus, turinčius antžmogiškus kūnus, judančius Mėnulyje. Nuodugniau tai gvildinsime kitame skyriuje.

Tik reikėtų priminti, kad telekinetinių galių turėjimas nėra nepavojingas. Kaip minėjau, filme „Uždraustoji planeta“ (*Forbidden Planet*) viena sena civilizacija, milijonais metų pralenkusi mus, pasiekia savo galutinę svajonę – viską valdyti mintimis. Pateiksime vieną gana paprastą jų technologijų pavyzdį: sukūrė aparatą, galintį paversti mintis erdviniais vaizdais. Pakanka prietaisą

užsidėti ant galvos, įsivaizduoti ką nors, ir aparato viduje atsiras erdvinis vaizdas. Nors XX a. šeštajame dešimtmetyje žiūrovams toks prietaisas atrodė be galo tolimos ateities dalykas, jis bus prieinamas jau ateinančiais dešimtmečiais.

Tame filme buvo ir kitas prietaisas, naudojantis psichinę žmogaus energiją sunkiems daiktams kilnoti. Tačiau, kaip žinome, šios technologijos nereikės laukti milijonus metų – ji jau yra, nors kol kas tik žaislo pavidalo. Užsidėjus ant galvos EEG elektrodus, žaistas sugauna smegenų elektros impulsus ir pakelia mažytį daiktėlį, visai kaip tame filme. Ateityje daug žaidimų žaisime tik mintimis. Komandos bus psichiškai sujungtos su kamuoliu, todėl jį galės varinėti galvodamos apie tai, ir laimės ta komanda, kuri mintimis geriau varinės kamuolį.

Šio filmo pabaiga turėtų priversti susimąstyti. Nepaisant technologijos tobulumo, tos planetos civilizacija žuvo, nes nepastebėjo savo planų trūkumų. Galingos mašinos vykdė ne tik sąmoningas jų mintis, bet ir sąmonės troškimus. Jų laukinės senosios smurtingos evoliucinės praeities ilgai slopintos mintys atgijo, o mašinos įgyvendino visas košmariškas sąmonės idėjas. Savo didžiausio kūrinio realizavimo išvakarėse ši galingoji civilizacija buvo sunaikinta tos pačios technologijos, kuri, kaip jie tikėjosi, turėjo išvaduoti iš techninių priemonių.

Mums toks pavojus dar labai tolimas. Gebantys tai daryti įtaisai atsiras ne anksčiau kaip XXII a. Tačiau turime ir artimesnę užduotį. 2100 m. gyvensime pasaulyje, kuriame bus daug panašių į žmones robotų. Kas atsitiks, jei jie taps protingesni už mus?

ANTRAS SKYRIUS

DIRBTINIO INTELEKTO ATEITIS

MAŠINŲ IŠKILIMAS

Ar robotai paveldės Žemę? Taip, bet jie bus mūsų vaikai.
– Marvinas Minskis (*Marvin Minsky*)

Mitologiniai dievai savo dieviškosiomis galiomis galėjo suteikti gyvybę negyviems daiktams. Pasak Biblijos (Pradžios knyga, 2, 7), Dievas padarė žmogų iš žemės dulkių ir „įkvėpė jam į nosį gyvybės alsavimą. Taip žmogus tapo gyva būtybe.“ Senovės graikų ir romėnų mitologijoje deivė Venera suteikė gyvybę statuloms. Jai pasidarė gaila skulptoriaus Pigmaliono, kai šis beviltiškai įsimylėjo savo sukurtą statulą. Ji patenkino karščiausią jo troškimą ir statulą pavertė labai gražia moterimi Galatėja. O dievas Vulkanas, nagingas kalvis, nukalė iš metalo net ištisą mechaninių tarnų armiją ir jos kariams suteikė gyvybę.

Šiandien kaip tas Vulkanas savo laboratorijose kuriamas mašinas, įkvepiančias gyvybę ne moliui, o plienui ir siliciui. Bet kas tai bus – žmonių giminės išlaisvinimas ar jos pavergimas? Paskaičius dabartines spaudos antraštes, atrodo, kad šis klausimas jau išspręstas: žmonių giminę greitai aplenks jos pačios kūriniai.

ŽMONIJOS PABAIGA?

Viską pasakė tokia *New York Times* laikraščio antraštė: „Mokslininkams kelia nerimą, kad mašinos gali tapti protingesnės už žmogų.“¹ Geriausi pasaulyje dirbtinio intelekto specialistai 2009 m. Asilomare, Kalifornijoje, susirinko į konferenciją iškilmingai apsvarstyti, kas atsitiks, kai mašinos galų gale aplenks žmogų. Tarsi kokiame Holivudo filme dalyviai uždavinėjo provokacinius klausimus, pavyzdžiui, kas atsitiks, jei robotas taps toks protingas, kaip žmona?

Kaip įtikinamą tos robotų revoliucijos įrodymą žmonės mini *Predator* nepilotuojamą lėktuvą robotą, kuris šiuo metu nepaprastai tiksliai atakuoja teroristus Afganistane ir Pakistane, automobilius be vairuotojo ir *ASIMO* – tobuliausią pasaulyje robotą, mokantį eiti, bėgti, lipti laiptais, šokti ir netgi atnešti kavos.

Šios konferencijos organizatorius Erikas Horvicas (*Eric Horvitz*) iš *Microsoft* kompanijos, matydamas konferencijos dalyvių susijaudinimą, pasakė: „Technologijų kūrėjai perša žmonėms vos ne religines vizijas, o jų idėjos savotiškai siejasi su ekstaze, kurią sukels paruzija – antrasis Kristaus atėjimas – kai tikintieji bus paimti į dangų.“² (Kritikai Asilomaro konferencijos dvasią pavadino religine kompiuterių fanatikų ekstaze.)

Tų pačių metų vasarą televizijos ekranuose vyraujantys filmai, atrodo, dar labiau padidino šį apokaliptinį vaizdą. Filme „Terminatorius: išsigelbėjimas“ (*Terminator Salvation*) žmonių gauja kovoja su didžiulėmis mechaninėmis pabaisomis, užgrobusiomis Žemę. Kitame filme – „Transformeriai: nugalėtųjų kerštas“ (*Transformers: Revenge of the Fallen*) – ateities robotai iš kosmoso žmones naudoja kaip marionetes, o Žemę – kaip mūsų lauką savo žvaigždžių karuose. Na, o filme „Svetimas kūnas“ žmonės labiau linkę gyventi kaip tobuli, gražūs, antžmogiški robotai, negu susidurti su savo senėjančių, irstančių kūnų tikrove.

Iš spaudos antraščių ir teatrų afišų susidaro įspūdis, kad paskutinis žmonių atodūsis jau čia pat. Dirbtinio intelekto kūrimo lyderiai iškilmingai klausia: ar neateis laikas, kai turėsime šokti už grotų, o mūsų sukurti robotai mėtys mums žemės riešutus, kaip kad dabar mes mėtome meškoms zoologijos sode? Ar netapsime kambariniais savo kūrinių šuniukais?

Tačiau, geriau pasižiūrėjus, matyti, kad pasiekimai mažesni negu atrodo. Žinoma, per pastarąjį dešimtmetį pasiektas didžiulis proveržis, tačiau į viską reikia žiūrėti plačiau.

Predator, to nepilotuojamo 8 m ilgio lėktuvo, vaišinančio teroristus mirtį nešančiomis raketomis, valdymo rankeną valdo žmogus. Jis (greičiausiai tai koks nors jaunas vaizdo žaidimų veteranas), patogiai įsitaisęs už kompiuterio ekrano, renkasi taikinius. Žmogus, o ne lėktuvas, paleidžia raketas. Automobiliai be vairuotojo, stebėdami horizontą ir pasukdami vairą, nepriklausomų sprendimų nepriiminėja, jie tik vadovaujasi jų atmintyje esančiu GPNS žemėlapiu. Tad visiškai savarankiškų, sąmoningų mirtį nešančių robotų košmaras dar tebėra tolimos ateities dalykas.

Nestebina, kad, nors žiniasklaida plačiai pagarsino kai kurias sensaciniausias Asilomaro konferencijos prognozes, dauguma mokslininkų, vykdančių kasdieninius dirbtinio intelekto tyrimus, buvo daug santūresni ir atsargesni. Paklausti, kada mašinos savo protu prilygs mums, jie atsakė nepaprastai įvairiai, manė, kad tam reikės 20–1000 m.

Reikia skirti du robotų tipus. Pirmo tipo nuotoliniu būdu valdo žmogus, arba jie yra iš anksto suprogramuoti ir tiksliai laikosi nurodymų. Tokių robotų jau yra – pavadinimai mirga laikraščių antraštėse. Jie pamažu skverbiasi į mūsų namus ir į mūsų lauką. Tačiau be sprendimus priiminėjančio žmogaus iš esmės yra tik niekam tikęs šlamštas. Jų nereikėtų painioti su antro tipo robotais, kurie yra tikrai savarankiški, sugeba galvoti patys ir jiems nereikia jokio žmogaus įsikišimo. Kaip tik tie savarankiški robotai ir nuvildavo mokslininkus pastarąjį pusšimtį metų.

ASIMO ROBOTAS

Norėdami vaizdžiai parodyti, kokia didelė pažanga pasiekta, kuriant robotus, tyrinėtojai dažnai mini *Honda* kompanijos sukurtą robotą *ASIMO* (*Advanced Step in Innovative Mobility* – naujas žingsnis novatoriško mobilumo kelyje). Jis yra 130 cm aukščio, sveria 54 kg ir yra panašus į berniuką, užsidėjusį šalną su juodu snapeliu ir kuprinę. Robotas ištis įstabus; geba visai kaip žmogus eiti, bėgti, lipti laiptais, kalbėti. Moka vaikščioti po kambarius, paimti puodukus ir padėklus, vykdyti kai kurias paprastas komandas ir net atpažinti kai kuriuos veidus. Jo žodynas gana platus, kalba įvairiomis kalbomis. Kurdami šį robotą, 20 m. įtemptai dirbo dešimtys *Honda* kompanijos mokslininkų, ir jiems pavyko sukurti šį technikos stebuklą.

Du kartus man teko asmeniškai bendrauti su šiuo robotu konferencijoje, kai buvau specialiųjų mokslo populiarinimo laidų vedėjas *BBC Discovery* kanale. Paspaudžiau ranką, jis į tai atsakė tokiu kaip žmogaus rankos paspaudimu. Pamojau, ir jis pamojo man, o kai paprašiau atnešti sulčių, apsisuko, nuėjo prie staliuko su gaivinamaisiais gėrimais, ir jo judesiai buvo neįtikėtinais panašūs į žmogaus judesius. *ASIMO* iš tikrųjų buvo toks panašus į žmogų, kad beveik laukiau, kada nusiims šalmą, ir paaiškės, kad tai berniukas, sumaniai pasislėpęs viduje. Jis netgi mokėjo šokti geriau už mane.

Iš pirmo žvilgsnio atrodo, kad *ASIMO* yra protingas, gebantis vykdyti žmonių komandas, palaikyti pokalbį ir vaikščioti po kambarį. Tačiau iš tikrųjų yra visai kitaip. Kai bendravau su šiuo robotu priešais televizijos kameras, kiekvienas jo judesys, kiekvienas niuansas buvo numatyti scenarijuje. Tiesą sakant, nufilmuoti paprastą 5 min. sceną su šiuo robotu prisireikė beveik 3 val. Taip pat visos komandos – jį aptarnaujančių žmonių: nufilmavus vieną sceną, jie pašėlusiai skubėjo savo nešiojamaisiais kompiuteriais tą robotą perprogramuoti.

Nors *ASIMO* kalba įvairiomis kalbomis, iš tikrųjų tai tik magnetofonas kartoja įrašytus tekstus. Jis kaip papūga kartoja žmogaus suprogramuotus dalykus. Nors *ASIMO* kasmet sudėtingėja, savarankiškai galvoti vis tiek nesugeba. Kiekvieną žodį, kiekvieną gestą, kiekvieną žingsnį turi kruopščiai surepeuoti jį prižiūrintys specialistai.

Vėliau atvirai pasikalbėjau su vienu iš *ASIMO* kūrėjų. Jis pripažino: nepaisant itin žmogiškai atrodančių roboto judesių ir veiksmų, jo intelektas tik toks, kaip vabzdžio. Daugumą judesių reikia iš anksto tiksliai suprogramuoti. Jis moka labai tikroviškai eiti, bet kelią reikia atidžiai suprogramuoti – kitaip užklius už baldų, nes nepažįsta kambarįje esančių daiktų.

Palyginimui galima priminti, kad net tarakonas geba atpažinti daiktus, jis aplenkia kliūtis, ieško maisto ar sau tinkamos poros, išvengia į jį besikėsiančių grobuonių, planuoja sudėtingus pabėgimo kelius, slepiasi tarp šešėlių, įlenda į plyšius ir visa tai atlieka per kelias sekundes.

Dirbtinio intelekto tyrinėtojas Tomas Dynas (*Thomas Dean*) iš Brauno universiteto prisipažino, kad jo kuriami gremėzdiški robotai „pasiekė tik tokią stadiją, kai sugeba nueiti koridoriumi, nepadarydami didelių nuostolių“.³ Kaip matysime toliau, šiuo metu net patys galingiausi kompiuteriai vargiai pa-

jėgia modeliuoti net pelės neuronus, ir tai tik kelioms sekundėms. Prireiks ne vieną dešimtmetį įtemptai dirbti, kol robotai proto lygiu pasivys pelę, triušį, šunį ar katę ir pagaliau beždžionę.

DIRBTINIO INTELEKTO ISTORIJA

Kritikai kartais sako, jog kas 30 m. dirbtinio intelekto kūrėjai pareiškia, kad itin protingi robotai jau čia pat. Kai jų prognozės nepasitvirtina, įsivyrėja atoslūgis.

XX a. šeštajame dešimtmetyje, kai po Antrojo pasaulinio karo pasirodė elektroninės skaičiavimo mašinos, mokslininkai stulbino žmones kalbomis apie mašinas, galėsiančias atlikti įvairius darbus: pakelti didelius blokus, lošti šaškėmis ar net spręsti algebros uždavinius. Atrodė, protingos mašinos tikrai jau visai čia pat. Žmonėms buvo netikėta, o netrukus pasirodė ir straipsnių žurnaluose, vienas per kitą prognozuojančių, kada robotų bus kiekvieno virtuvėje; jie virs pietus ar valys namus.

1965 m. dirbtinio intelekto kūrimo pionierius Herbertas Saimonas (*Herbert Simon*) pareiškė: „Po 20 m. mašinos atliks bet kokią žmogaus darbą.“⁴ Bet tada žodį tarė tikrovė. Šachmatų žaidimo mašinos nepajėgė laimėti prieš gerus šachmatininkus, be to, jos mokėjo tik žaisti, ir nieko daugiau. Tie ankstyvieji robotai buvo labai siauro profilio, gebantys atlikti tik vieną paprastą užduotį.

Dirbtinio intelekto kūrimo srityje tikras proveržis buvo pasiektas šeštajame dešimtmetyje, tačiau dėl to, kad pažanga buvo per daug sureikšmintą ir per daug išreklamuota, netrukus prasidėjo atoslūgis. 1974 m. prasidėjus kritikai, JAV ir Didžiosios Britanijos vyriausybės šių tyrimų finansavimą nutraukė, ir dirbtinio intelekto kūrimo srityje įsivyravo žiema.

Šiandien dirbtinio intelekto tyrinėtojas Polas Abrahamsas (*Paul Abrahams*) linguoja galvą, prisimindamas svaiginamus šeštojo dešimtmečio laikus, kai jis buvo Masačusetso technologijos instituto magistrantas, ir kai atrodė – viskas įmanoma: „Buvo taip, tarsi grupė žmonių būtų pasisiūliusi pastatyti bokštą iki Mėnulio. Kiekvienais metais jie su pasididžiavimu pranešdavo, kiek bokštas pakilo, palyginti su jo aukščiu prieš metus. Tik visa bėda, kad nuo to Mėnulis prie Žemės nė kiek nepriartėjo.“⁵

Devintajame dešimtmetyje viltys, kad dirbtinis intelektas bus sukurtas, vėl padidėjo. Šį kartą Pentagonas skyrė milijonus dolerių išmaniesiems sunk-

vežimiams. Buvo manoma, kad jie be vairuotojo galės prasiskverbti pro priešakines prieš linijas, žvalgyti, gelbėti JAV karius ir sugrįžti į bazę. O Japonijos vyriausybė labai palaikė ambicingą Penktosios kartos kompiuterinių sistemų projektą, kurį rėmė galingoji Japonijos tarptautinės prekybos ir pramonės ministerija. Tarp šio projekto tikslų buvo ir ketinimas sukurti tokią kompiuterinę sistemą, kuri būtų įvaldžiusi šnekamąją kalbą, mąstyti ir net atspėti, ko norime; visa tai ketinta pasiekti iki dešimtojo dešimtmečio.

Deja, vienintelis dalykas, kurį pavyko padaryti tam išmaniajam sunkvežimiui – tai dingti be žinios. O Penktosios kartos projektas po tokio reklaminio triukšmo buvo tyliai numarintas be jokių paaiškinimų. Ir šį kartą retorika smarkiai pralenkė tikrovę. Tiesą sakant, dirbtinio intelekto kūrimo srityje devintajame dešimtmetyje buvo pasiekta laimėjimų, bet jie buvo per daug išgirti ir išreklamuoti, tad prasidėjęs antras atoslūgis lėmė antrą žiemą šioje srityje. Finansavimas vėl sumažėjo, ir nusivylę žmonės iš šios tyrimų srities ėmė būriais bėgti.

1992 m. dirbtinio intelekto tyrinėtojai, apimti dvilypių jausmų, surengė specialias iškilmes filmui *2001* pagerbti. Jame *HAL 9000* kompiuteris įsisiautėja ir išžudo visą erdvėlaivio įgulą. Šis filmas, sukurtas 1968 m., prognozavo, kad 1992 m. jau bus robotų, galinčių laisvai kalbėtis su bet kuriuo žmogumi vos ne bet kokia tema ir valdyti erdvėlaivį. Deja, 1992 m. visų nusivylimui tapo aišku, kad net tobuliausio roboto intelektas vargu ar prilygsta menkiausio vabalėlio intelektui.

1997 m. *IBM* kompanijos kompiuteris *Deep Blue* pasiekė istorinę proveržį, įtikinamai įveikdamas pasaulio šachmatų čempioną Garį Kasparovą (*Garry Kasparov*). Šis kompiuteris buvo tikras technikos stebuklas, galintis atlikti 11 mlrd. operacijų per sekundę. Tačiau, užuot atidaręs šliuzus dirbtinio intelekto tyrimams ir pradėjęs naują jų etapą, jis turėjo priešingą poveikį – aiškiai parodė dirbtinio intelekto tyrimų primityvumą. Kiek pagalvojus, daugeliui tapo aišku, kad *Deep Blue* galvoti nesugebėjo. Šachmatais žaidė puikiai, bet per IQ patikrinimą būtų gavęs nulinį įvertinimą. Po jo pergalės surengtose spaudos konferencijose kalbėjo tik pralaimėtojas, G. Kasparovas, nes *Deep Blue* visiškai nemokėjo kalbėti.

Dirbtinio intelekto tyrinėtojai nenoromis pradėjo pripažinti, kad vien tik kompiuterinis pajėgumas nėra tolygus intelektui. Dirbtinio intelekto tyrinė-

tojas Ričardas Hekleris (*Richard Heckler*) sako: „Šiandien jau galima už 49 dol. nusipirkti tokias šachmatų žaidimo programas, kurios įveiks visus žaidėjus, gal tik išskyrus pasaulio čempionus, tačiau juk niekas nemano, kad jos turi intelekto.“⁶

Tačiau, Mūro dėsniai kas 18 mėn. išleidžiant į rinką vis naujas kompiuterių kartas, anksčiau ar vėliau praeitų kartų pesimizmas pamažu bus pamirštas, ateis nauja gabių entuziastų karta, ji atneš optimizmo ir energijos į apsnūdusią sritį. Po 30 m. nuo paskutinės dirbtinio intelekto tyrimų žiemos pradžios kompiuteriai gerokai patobulėjo, ir naujoji dirbtinio intelekto tyrinėtojų karta ir vėl daro optimistines ateities prognozes. Jos atstovai sako, kad pagaliau atėjo laikas ir dirbtiniam intelektui, šį kartą jau tikrai. Atseit, trečias kartas nemeuos. Bet jei jie teisūs, ar tikrai žmonės netrukus bus atgyvenę?

AR SMEGENYS YRA SKAITMENINĖ SKAIČIAVIMO MAŠINA?

Matematikai jau supranta, kad prieš 50 m. jie padarė lemtingą klaidą, manydami, kad smegenys yra analogiškos didelei skaitmeninei skaičiavimo mašinai, kompiuteriui. Dabar jau akivaizdu, kad taip nėra. Smegenys neturi nei *Pentium* mikroschemos, nei *Windows* operacinės sistemos, nei kokios nors taikomosios programos, nei centrinio procesoriaus, nei programų, nei poprogramių, žodžiu, viso to, kas būdinga šiuolaikiniam skaitmeniniam kompiuteriui.

Tiesą sakant, skaitmeninių kompiuterių architektūra labai skiriasi nuo smegenų architektūros. Smegenys yra savotiška mokymosi mašina. Tai begalinė daugybė neuronų, kurie keičia jungtis, kai tik išmoksta kokią nors užduotį. (Asmeninis kompiuteris visiškai nesimoko. Jis ir šiandien toks pat kvailas, kaip vakar.)

Taigi yra ne mažiau kaip du smegenų modeliavimo būdai. Pirmas tradicinis (iš viršaus į apačią) būdas robotus traktuoja kaip skaitmeninius kompiuterius ir visas jų intelekto taisykles programuoja nuo pačios pradžios. Skaitmeninius kompiuterius savo ruožtu galima redukuoti iki hipotetinio mechanizmo, vadinamo *Tiuringo mašina*, kurį sugalvojo įžymus britų matematikas Alanas Tiuringas (*Alan Turing*).

Tiuringo mašina susideda iš trijų pagrindinių dalių: įvesties, centrinio procesoriaus, apdorojančio įvesties ir išvesties duomenis. Visi skaitmeniniai

kompiuteriai remiasi tuo paprastu modeliu. Šio būdo tikslas yra sukurti tokį *CD-ROM* (pastoviosios atminties kompaktinį diską), kuriame būtų visos intelekto taisyklės. Kompiuteryje toks diskas staiga atgyja ir tampa protingas. Taigi tame mitiniame *CD-ROM* diske yra visa programinė įranga, reikalinga protingoms mašinoms sukurti.

Tačiau smegenyse nėra jokių programų ir jokios programinės įrangos. Smegenys panašesnės į „neuroninį tinklą“ – sudėtingą neuronų masę, kurioje neuronų ryšiai be perstojo kinta.

Neuroniniai tinklai paklūsta Hebo dėsniui: kai tik priimamas teisingas sprendimas, neuronų ryšys yra sustiprinamas. Tai padaroma keičiant kai kurių neuronų elektrinių ryšių stiprumą, kai tik jie sėkmingai atlieka kokią nors užduotį. (Hebo dėsnį galima išreikšti ir tokiu senu klausimu: kaip muzikantui patekti į prestižinę *Carnegie Hall* koncertų salę? Atsakymas: repetuoti, repetuoti, repetuoti. Neuroniniai tinklai tobulėja, nuolat ką nors kartodami. Šis dėsnis paaiškina, kodėl taip sunku atsikratyti blogų įpročių: juos užtikrinantys neuronų ryšiai yra jau gerai sustiprinti.)

Neuroniniai tinklai remiasi iš viršaus į apačią būdu. Užuoat naudojęsi visomis intelekto taisyklėmis, neuroniniai tinklai jų mokosi taip, kaip maži vaikai – susidurdami su įvairiais daiktais ir šitaip kaupdami patirtį. Neuroniniai tinklai nėra programuojami, jie mokosi senu būdu – „skaudžių smūgių mokykla“.

Neuroninių tinklų architektūra visai kitokia nei skaitmeninių kompiuterių. Jei iš centrinio skaitmeninio kompiuterio procesoriaus išimsime nors vieną tranzistorių, kompiuteris neveiks. Tačiau jei pašalinsime didelius žmogaus smegenų gabalus, jos veiks, nes trūkstamų dalių funkcijas perims kitos jų dalys. Taip pat įmanoma tiksliai nustatyti, kuria vieta skaitmeninis kompiuteris „galvoja“ – centriniu procesoriumi. Smegenų nuskaitymas aiškiai rodo, kad mąstymas vyksta didelėse jų dalyse. Įvairios sritys nušvinta tikslia eilės tvarka, tarsi mintys būtų atmušinėjamos kaip koks stalo teniso kamuoliukas.

Skaitmeniniai kompiuteriai geba skaičiuoti vos ne šviesos greičiu. Palyginti su jais, smegenys veikia be galo lėtai. Nervų impulsai sklinda baisiai lėtai – tik apie 320 km/h. Tačiau smegenys daugiau nei kompensuoja šį savo trūkumą, nes jose labai daug operacijų vyksta kartu, t. y. jos turi 100 mlrd. neuronų, veikiančių vienu metu. Kiekvienas iš jų atlieka mažytę skaičiavimo operacijos dalelę, o kiekvienas neuronas sujungtas su 10 000 kitų. Todėl kai

tie du būdai lenktyniauja, labai greitas pavienis procesorius atsilieka nuo labai lėto gretutinio procesoriaus. (Tai primena seną mįslę: jei viena katė vieną pelę gali suėsti per minutę, tai per kiek laiko milijonas kačių suės milijoną pelių? Atsakymas: per 1 min.)

Be to, smegenys nėra skaitmeninės. Tranzistoriai yra tarsi vartai, kurie gali būti arba atviri, arba uždaryti; tas dvi padėtis atitinka du skaičiai – 1 ir 0. Neuronai irgi yra skaitmeniniai (gali įsijungti ar neįsijungti), bet kartu gali būti ir analoginiai; taigi gali perduoti ir tęstinius, ir pavienius signalus.

DVI ROBOTŲ PROBLEMOS

Turint galvoje ryškius kompiuterių trūkumus, palyginti su smegenimis, galima suprasti, kodėl kompiuteriai nesugeba atlikti dviejų svarbių užduočių, kurias žmonės atlieka labai lengvai: neatpažįsta raštų, struktūrų ir neturi sveiko proto. Per pastarąjį pusšimtį metų taip ir nepavyko jų išspręsti. Tai ir yra svarbiausia priežastis, kodėl vis dar neturime robotų, atliekančių tarnaičių, ūkvedžių, sekretorių darbą.

Pirma problema yra raštų, struktūrų atpažinimas. Robotų regėjimas gali būti daug geresnis nei žmogaus, bet jie nesupranta, ką mato. Įėjęs į kambarį, jo vaizdą robotas paverčia didele krūva taškų. Juos apdorodamas, gali atpažinti tieses, apskritimus, kvadratus, stačiakampius. Tada gali pradėti juos lyginti su jo atmintyje laikomais objektais; tai be galo nuobodus darbas net kompiuteriui. Po daug valandų trukusių apskaičiavimų robotas gali linijas sutapatinti su kėdėmis, stalais, žmonėmis. O mes, įėję į kambarį, per sekundės dalį atpažįstame jame esančias kėdes, stalus, žmones. Tiesą sakant, smegenys daugiausia yra raštų, struktūrų atpažinimo aparatai.

Antra, robotai neturi sveiko proto. Nors jie gali girdėti daug geriau už žmogų, nesupranta, ką girdi. Pavyzdžiui, apsvarstykite šiuos teiginius:

- vaikai mėgsta saldinius, o ne bausmes;
- virve galima traukti, bet ne stumti;
- lazda galima stumti, bet ne traukti;
- gyvuliai nemoka kalbėti ir nesupranta angliškai;
- sukdamiės žmonės apsvaigsta.

Mums šie teiginiai yra sveiko proto teiginiai. Tik ne robotams. Logikoje ar programavime nėra įrodymų, kad virve galima traukti, bet ne stumti. Kad tie „akivaizdūs“ teiginiai teisingi, įsitikinome, remdamiesi patirtimi, o ne dėl to, kad jie suprogramuoti mūsų atmintyje.

Iš viršaus į apačią nukreipto būdo yda ta, kad reikia per daug linijų užkoduoti žmogaus sveiko proto mintis. Pavyzdžiui, sveiko proto taisyklėms, kurias žino jau šešerių metų vaikas, užkoduoti reikia šimtų milijonų kodo linijų. Hansas Moravec (*Hans Moravec*), buvęs *Carnegie Mellon* universiteto Dirbtinio intelekto laboratorijos direktorius, skundžiasi: „Lig šiol dirbtinio intelekto programos neturi nė lašelio sveiko proto: sakykime, medicininio diagnozavimo programa sugedusiam dviračiui gali išrašyti antibiotikų, nes ji neturi atskirų modelių žmonėms, ligoms ar dviračiams.“⁷

Tačiau kai kurie mokslininkai laikosi nuomonės esą vienintelis būdas išspręsti sveiko proto problemą yra grubi jėga. Jie jaučia, kad koks nors naujas Manhatano projektas, panašus į atominės bombos kūrimo programą, tikrai turėtų pašalinti tą sveiko proto kliūtį. Intensyvi programa sukurti tokią *CYC* „minties enciklopediją“ buvo pradėta vykdyti 1984 m.

CYC tikslas paprastas: „iki 2007 m. įvaldyti 100 mln. daiktų, maždaug tiek, kiek eilinis žmogus žino apie pasaulį.“⁸ Šios užduoties baigimo terminas, kaip ir daugelis ankstesnių, praėjo, bet sėkmės neatnešė. Visi etapų užbaigimo terminai, nusistatyti pačių šio projekto inžinierių, atėjo ir praėjo mokslininkams taip ir nepavykus priartėti prie intelekto esmės įvaldymo.

ŽMOGUS PALYGINTI SU MAŠINA

Kartą turėjau progos pasigalynėti su robotu, kurį sukūrė Masačusetso technologijos instituto darbuotojas Tomazas Podžis (*Tomaso Poggio*). Nors robotai nesugeba atpažinti paprastų raštų, struktūrų, kaip kad sugebame mes, T. Podžiui pavyko sukurti kompiuterinę programą, gebančią viską apskaičiuoti taip greitai, kaip tai daro žmonės, vienoje konkrečioje „tiesioginio atpažinimo“ srityje. Būtent mes turime tą paslaptinę gebėjimą iš karto atpažinti kokį nors objektą dar net nežinodami, ar jis ten yra. (Toks tiesioginis greitas atpažinimas buvo svarbus mūsų evoliucijai, kadangi protėviai per sekundės dalis turėjo nuspręsti, ar krūmuose nėra tykojančio tigro, net kai nebuvo visiškai tikri, ar

jis ten turėtų būti.) Pirmą kartą robotas, lenktyniaudamas su žmogumi, kas geriau atliks vaizdo atpažinimo užduotį, nuolat pasiekdavo geresnių rezultatų.

O mano varžytuvės su mašina buvo paprastos. Iš pradžių atsisėdau ant kėdės ir įsistebeilijau į paprastą kompiuterio ekraną. Jame sekundės dalį šmėkštelėjo vaizdas, o aš turėjau kuo greičiau nuspausti vieną iš dviejų mygtukų, atsižvelgdamas į tai, buvo tame vaizde koks nors gyvulys ar nebuvo. Nuspręsti turėjau kuo greičiau, net nespėjęs išnagrinėti vaizdo. Lygiai tą patį turėjo padaryti ir kompiuteris, išvydęs tą patį vaizdą.

Truputį nesmagu prisipažinti, bet po kelių greitų bandymų paaiškėjo, kad mano ir mašinos rezultatai buvo beveik vienodi. Tačiau kai kuriuose bandymuose mašina pasirodė kur kas geriau už mane, taigi ji mane įveikė. (Galiu pasiguosti tik tuo, jog sužinojau, kad 82 % kompiuterio atsakymų būna teisingi, o iš žmonių atsakymų teisingų yra vidutiniškai tik 80 %.)

Pagrindinė T. Podžio roboto sėkmingo veikimo priežastis ta, kad jis kopijuoja Motulės Gamtos patirtį. Daugelis mokslininkų supranta, jog teisingas toks posakis: „Jei ratas jau išrastas, tai kodėl jo nekopijuoti?“ Manoma esą normalu, kad robotas, žiūrėdamas į paveikslą, stengiasi suskaidyti į linijas, apskritimus, kvadratus ir kitas geometrines formas. Tačiau T. Podžio programa veikia kitaip.

Žiūrėdami į kokį nors vaizdą, iš pradžių galime išskirti įvairių objektų kontūrus, vėliau kiekviename iš tų objektų išvelgti įvairius tam tikrus bruožus, pastaruosiuose pastebėti visokių atspalvių ir t. t. Šitaip tą vaizdą išskaidome į daug sluoksnių. Apdorojęs vieną vaizdo sluoksnį, kompiuteris jį integruoja su kitu sluoksniu ir t. t. Šitaip žingsnis po žingsnio, sluoksnis po sluoksnio, jis imituoja tą hierarchinį būdą, kuriuo mūsų smegenys apdoroja vaizdus. (T. Podžio programa negali atlikti visų vaizdo atpažinimo operacijų, kurias laiko-me savaime suprantamomis, t. y. erdvinės objektų vizualizacijos, tūkstančių objektų atpažinimo, žiūrint į juos įvairiais kampais, ir t. t., bet vis tiek ji yra didžiulis žingsnis pirmyn vaizdų atpažinimo srityje.)

Vėliau turėjau progos stebėti, kaip veikia abu būdai – iš viršaus į apačią ir iš apačios į viršų. Iš pradžių nuvykau į Stanfordo universiteto Dirbtinio intelekto centrą, kur susipažinau su *STAIR* (*Stanford artificial intelligence robot* – Stanfordo dirbtinio intelekto robotas) robotu, naudojančiu iš viršaus į apačią būdą. Šis robotas yra apie 120 cm aukščio, turi didžiulę mechaninę ranką, kurią gali sukioti ir ja imti nuo stalo daiktus. Jis yra mobilus, todėl gali vaikš-

čioti po kontorą ar po namus. Šis robotas turi erdvinius vaizdus filmuojančią kamerą, kuri nukreipiama į kokį nors daiktą ir siunčia jo erdvinius vaizdus į kompiuterį, kuris tada nukreipia mechaninę ranką, kad ji paimtų tą daiktą. Robotai šitokiu būdu ima daiktus jau nuo septintojo dešimtmečio, juos galima pamatyti automobilių gamyklose Detroite.

Tačiau išorinė išvaizda yra apgaulinga. *STAIR* robotas geba daryti ne tik tai, bet kur kas daugiau. Ne taip, kaip Detroito robotai, jis nėra suprogramuotas, o veikia savarankiškai. Tarkime, paprašytas paimti apelsiną, gali išanalizuoti visus ant stalo esančius daiktus, palyginti su tūkstančiais vaizdų, esančių jo atmintyje, identifikuoti apelsiną ir paimti. Paimdamas ir apversdamas daiktus gali identifikuoti ir tiksliau.

Jo gebėjimams patikrinti pažėriau ant stalo grupę daiktų ir žiūrėjau, ką darys, kai paprašiau paduoti vieną iš jų. Pamačiau, kad *STAIR* teisingai išanalizavo naujuosius daiktus, ištiesė ranką ir paėmė tą daiktą, kurio prašiau. Ilgalakis tikslas yra pasiekti, kad *STAIR* judėtų kontoros ar namų aplinkoje, paimtų įvairius daiktus bei įrankius, sąveikautų su jais ir netgi kalbėtųsi su žmonėmis supaprastinta kalba. Šitaip jis galės atlikti viską, ką kontoroje gali atlikti koks nors pasiuntinukas.

STAIR yra geras iš viršaus į apačią būdo pavyzdys: jame viskas suprogramuota nuo pačios pradžios. (Nors *STAIR* geba atpažinti daiktus iš įvairių kampų, tokių daiktų skaičius tebėra ribotas. Jį ištiktų paralyžius, jei reikėtų išeiti į lauką ir atpažinti atsitiktinius daiktus.)

Vėliau man teko apsilankyti Niujorko universitete, kur Janas Lekunas (*Yann LeCun*) eksperimentuoja su visai kitokiu modeliu – *LAGR* (*learning applied to ground robots* – vietovėje judančio roboto mokymas). *LAGR* yra geras iš apačios į viršų būdo pavyzdys: jis turi viską išmokti nuo nulio, susidurdamas su daiktais. Jis yra nedidelio golfo vežimėlio dydžio, turi dvi spalvotas erdvinio vaizdo kameras, nuskaitančias aplinką ir identifikuojančias daiktus, pasitaikančius kelyje. *LAGR* tada juda tarp tų daiktų nesusidurdamas ir mokosi kiekviename žingsnyje. Turi GPNS sistemą ir du infraraudonosios šviesos daviklius, gebančius aptikti priešais jį esančius daiktus bei tris galingas *Pentium* mikroschemas ir yra sujungtas su gigabaitiniu *Ethernet* tinklu. Nuėjome į artimiausią parką, kur *LAGR* robotas galėjo apeiti įvairias kliūtis, išdėstytas jo kelyje. Pradėdamas naują kelionę, vis geriau mokėjo išvengti kliūčių.

LAGR ir *STAIR* robotai labiausiai skiriasi tuo, kad *LAGR* robotas specialiai sukurtas mokytis. Kai tik į ką nors atsitrenkia, tą daiktą apeina ir moko, kaip jo išvengti kitą kartą. *STAIR* savo atmintyje turi tūkstančius vaizdų, *LAGR* jų gali visai neturėti, bet užtat mintyse jis susikuria visų kliūčių, su kuriomis susidūrė, žemėlapi ir, žengdamas kiekvieną žingsnį, jį tobulina. Ne taip, kaip automobilis be vairuotojo, kuris yra suprogramuotas ir važiuoja GPNS sistemos iš anksto nustatytu keliu, *LAGR* juda savarankiškai, be jokių žmogaus nurodymų. Pakanka pasakyti, kur eiti, ir jis leidžiasi į kelią. Ilgainiui tokie robotai gali būti naudojami Marse, mūsų lauke ir mūsų namuose.

Viena vertus, man padarė didelį įspūdį šių tyrinėtojų uolumas ir energija. Širdies gilumoje jie mano, kad deda pagrindą dirbtiniam intelektui, ir ateis laikas, kai jų darbas padarys visuomenei tokį poveikį, kurį dar tik pradėjome suprasti. Tačiau, žvelgdamas iš šalies, galėjau ir įvertinti, koks ilgas kelias jų dar laukia, juk net tarakonai geba identifikuoti daiktus ir mokytis juos apeiti. Tyrimų stadija vis dar tokia, kad net paprasčiausi Motulės Gamtos tvariniai savo intelektu lenkia net pačius tobuliausius robotus.

ARTIMOJI ATEITIS (DABARTIS–2030 M.)

EKSPERTINĖS SISTEMOS

Šiandien daugelis žmonių jau turi namie paprastus robotus, galinčius dulkių siurbliu išvalyti kilimus. Yra ir robotų, saugančių pastatus naktį, robotų gidų ir robotų, dirbančių fabrikuose. Apytiksliais vertinimais, 2006 m. namie ir kituose pastatuose darbavosi 950 000 pramoninių ir 3 540 000 paslaugų teikimo robotų.⁹ Ateinančiais dešimtmečiais robotų naudojimo laukas gali plėstis keliomis kryptimis. Tačiau tie robotai nebus panašūs į vaizduojamus mokslinėje fantastikoje.

Didžiausio poveikio gali tikėtis vadinamosios ekspertinės sistemos – programinė įranga, sukaupusi žmonių išmintį ir patirtį. Kaip matėme praeitame skyriuje, ateis laikas, kai galėsime kalbėti su internetu mūsų sieniniuose ekranuose ar šnekučiuotis su draugiško veido robotu gydytoju ar robotu advokatu.

Ši sritis vadinama euristika. Tai yra formalios, taisyklėmis grįstos sistemos naudojimas. Kai planuosime atostogas, kreipsimės į veidą sieniniame

ekrane ir išdėstysime pageidavimus, susijusius su jomis: kiek truks, kur norėtume praleisti, kokiuose viešbučiuose apsistoti, kokios jų kainos tenkintų. Ekspertinė sistema jau žinos mūsų nuostatas iš ankstesnių kartų, ji susisieks su viešbučiais, oro linijomis ir t. t. ir pateiks geriausius variantus. Tačiau su ja nederės bendrauti lengvabūdiškai, nes ji supranta tik gana formalų kalbėjimo stilių. Tokia sistema gali greitai atlikti kiek tik nori naudingų darbų. Pakaks tik nurodyti, ir ji užsakys staliuką restorane, patikrins reikiamų parduotuvių buvimo vietas, užsakys bakalėjos prekių ar gėrimų išsineštinai, užsakys lėktuvo bilietus ir t. t.

Kaip tik dėl euristikos pažangos pastaraisiais dešimtmečiais šiandien jau turime keletą gana paprastų internetinių paieškos sistemų. Tačiau jos tebėra grubios. Kiekvienam iš karto aišku, kad bendrauja su mašina, o ne su žmogumi. Tačiau ateityje robotai taps tokie sudėtingi, kad bus panašūs į žmones, veiks labai sklandžiai, su niuansais ir pajavirinimais.

Bene praktiškiausia jų naudojimo sritis bus sveikatos apsauga. Pavyzdžiui, pasijutus blogai, kartais tenka kelias valandas laukti gydytojo laukiamajame, kol priimama. Tačiau jau netoli laikas, kai pakaks prieiti prie savojo sieninio ekrano ir pasikalbėti su gydytoju robotu. To gydytojo veidą ir net asmenybę galėsite pakeisti vienu mygtuko paspaudimu. Draugiškas veidas sieniniame ekrane užduos kelis paprastus klausimus: kaip jaučiatės, ką skauda, kada pradėjo skaudėti, kaip dažnai tokie skausmai kartojasi.

Į klausimus reikės atsakyti paprastai. Ir ne spaudinėjant klaviatūros mygtukus, o žodžiu.

Kiekvienas atsakymas savo ruožtu kels naujų klausimų. Iš daugybės atsakymų gydytojas robotas nustatys diagnozę, remdamasis geriausia viso pasaulio gydytojų patirtimi. Jis taip pat išanalizuos duomenis iš vonios, drabužių ir baldų, kurie be perstojo stebi paciento sveikatą DNR mikroschemomis. Jis taip pat gali paprašyti išsitiirti kūną portatyviniu FMRT skaitytuvu, kurio duomenis išanalizuos superkompiuteriai. (Paprastų tokių euristinių programų variantų jau yra (sakykime, *WebMD*), bet jie stokoja niuansų ir neišnaudoja visų euristikos galimybių.)

Šitaip galima išvengti daugumos apsilankymų pas gydytoją, ir tai labai sumažins sveikatos apsaugos sistemos krūvį. Jei manys esant reikalinga, gydytojas robotas patars vykti į ligoninę, kur gydys gydytojai žmonės. Tačiau net

ir ten susidursime su dirbtinio intelekto robotų slaugių programomis, sakykime, *ASIMO*. Slaugos robotai nėra labai protingi, tačiau sugeba vaikščioti po palatas, pacientams atnešti paskirtus vaistus, tenkinti kitus poreikius. Jie galės judėti grindyse esančiais bėgiais arba nepriklausomai, kaip *ASIMO*.

Viena iš tokių slaugių yra mobilusis robotas *RP-6*. Tokie robotai jau naudojami ligoninėse, kaip antai Los Andželo Kalifornijos universiteto medicinos centre. Iš esmės tai televizoriaus ekranas ant ratukinio mobiliojo kompiuterio viršaus. Televizoriaus ekrane matyti gydytojo žmogaus, galinčio būti už tūkstančių kilometrų, veidas. Ant roboto yra vaizdo kamera, kad gydytojas galėtų matyti, į ką robotas žiūri. Yra ir mikrofonas, kad gydytojas galėtų kalbėtis su pacientu. Gydytojas gali nuotoliniu būdu valdyti robotą valdymo rankena, bendrauti su pacientais, skirti vaistus ir t. t.

Kadangi Jungtinėse Valstijose kasmet intensyvus gydymas skiriamas 5 mln. pacientų, bet gydyti sunkiai sergančius ligonius turi teisę tik 6000 gydytojų, tai tokie robotai kaip šis gali sumažinti krizę šioje srityje, kur vienam gydytojui tenka per daug pacientų. Ateityje tokie robotai gali tapti savarankiškesni, judėti patys ir bendrauti su pacientais.

Šitokių technologijų srityje Japonija yra viena iš pirmaujančių pasaulyje. Ji robotams skiria itin daug pinigų, norėdama sumažinti artėjančią sveikatos apsaugos krizę. Žvelgiant į praeitį, nenuostabu, kad Japonija yra viena iš pirmaujančių šalių robotų srityje. Taip yra dėl kelių priežasčių. Pirma, pagal jų religiją (šintoizmą), ir negyvi daiktai, net mechaniniai, turi sielą. Vakaruose vaikai gali klykti iš siaubo, pamatę robotus, ypač kai prisiziūri tiek daug televizijos filmų apie siautėjančias ir žudančias mašinas. Tačiau japonų vaikai robotus laiko giminingomis, žaismingomis ir naudingomis dvasiomis. Japonijoje neretai, įėjus į kokią nors universalinę parduotuvę, galima pamatyti sutinkantį robotą. Tiesą sakant, 30 % viso pasaulio komercinių robotų yra Japonijoje.

Antra, Japonija susidūrė su demografiniu siaubu. Jos gyventojai senėja sparčiausiai. Gimstamumas nukrito iki nepaprastai žemo lygio – 1,2 vaiko šeimoje, o imigracija labai maža. Kai kurie demografo sako, kad tai panašu į sulėtintą traukinio katastrofą: vienas demografijos traukinys (senėjantys gyventojai ir mažėjantis gimstamumas) artimiausiais metais susidurs su kitu (maža imigracija). (Ilgainiui tokia pat traukinio katastrofa gali ištikti ir Europą.) Labiausiai tai pajus medicinos sritis, kurioje *ASIMO* slaugės gali labai

praversti. Tokie robotai geriausiai tiktų įvairiems pacientų priežiūros darbams: galėtų atnešti vaistų ir sugirdyti pacientams, juos stebėti kiaurą parą.

ŠIMTMEČIO VIDURYS (2030–2070 M.)

MODULINIAI ROBOTAI

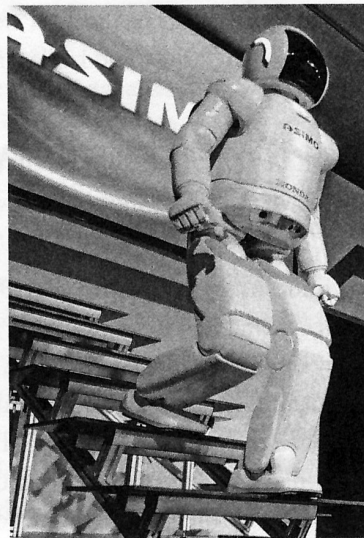
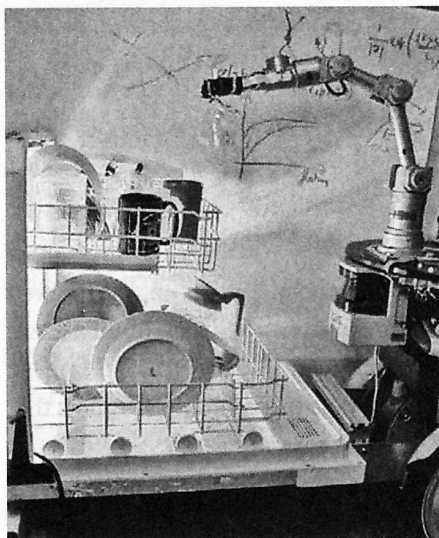
Šio amžiaus viduryje mūsų pasaulis gali būti pilnas robotų, bet jų gal net nepastebėsime, nes dauguma greičiausiai nebus žmogaus pavidalo. Jie gali būti paslėpti nuo mūsų akių, atrodyti kaip gyvatės, vabzdžiai, vorai ir atlikti nema-lonias, bet labai svarbias užduotis. Tai bus moduliniai robotai: atsižvelgiant į atliekamą užduotį, jie keis savo formą.

Turėjau progos susitikti su vienu iš modulinį robotų pionierių Veiminu Šenu (*Weimin Shen*) iš Pietų Kalifornijos universiteto. Jis siūlo kurti mažus kubo formos modulius, kuriuos būtų galima sukeisti kaip *Lego* kubelius ir surinkti kita tvarka. Juos vadina polimorfiniais robotais, nes gali keisti formą, geometriją ir funkcijas. Jo laboratorijoje supratau, kuo šis būdas skiriasi nuo Stanfordo universiteto ir Masačusetso technologijos instituto būdų. Iš pažiūros abi šios laboratorijos panašios į vaikų išsvajotą žaidimų pasaulį, kuriame matyti vaikščiojantys ir kalbantys robotai. Stanfordo universiteto ir Masačusetso technologijos instituto dirbtinio intelekto laboratorijose mačiau labai daug „žaislinių“ robotų su mikroschemomis; jie turėjo šiek tiek intelekto. Tose laboratorijose darbataliai buvo pilni lėktuvų, sraigtasparnių, sunkvežimių, vabzdžių pavidalo robotų su mikroschemomis; visi judėjo savarankiškai. Kiekvienas buvo savarankiškas vienetas.

Tačiau Kalifornijos universiteto laboratorijoje vaizdas visai kitoks – dėžės kubo formos modulių. Kiekvienas kubelis apie 5 cm dydžio, juos galima sujungti ir atskirti; tai leidžia sukurti daug įvairių panašių į gyvūnus būtybių. Galima sukurti gyvates, šliaužiančias viena paskui kitą; žiedus, kurie galėtų riedėti kaip lankai, tačiau galima ir pasukti tuos kubus ar sukabinti specialiomis Y formos jungtimis ir šitaip sukurti visiškai naują įtaisų komplektą, primenantį aštuonkojį, vorą, šunį, katę. Įsivaizduokime protingą *Lego* komplektą, kuriame kiekvienas blokelis protingas ir sugeba įgauti pačią įvairiausią konfigūraciją.

DIRBTINIO INTELEKTO ATEITIS

Tai praverstų įveikiant kliūtis. Jei voro formos robotas, šliauždamas kanalizacijos vamzdžiais, sutiktų sieną, jam pirmiausia reiktų rasti mažytę skylę ir tada išsimontuoti. Kiekviena jo dalis pralįstų, o kitoje sienos pusėje vėl susirinktų. Šitokiu būdu moduliniai robotai būtų beveik nesustabdomi, įveiktų daugumą kliūčių.



ĮVAIRŲ ROBOTŲ TIPAI: LAGR (VIRŠUJE), STAIR (APAČIOJE KAIRĖJE) IR ASIMO (APAČIOJE DEŠINĖJE). NORS KOMPIUTERINIS JŲ PAJĖGUMAS LABAI PADIDĖJĘS, INTELEKTAS PRILYGSTA TIK TARAKONO INTELEKTUI.

Tie moduliniai robotai galėtų būti labai svarbūs taisant irstančią infrastruktūrą. Pavyzdžiui, 2007 m. Mineapolyje sugriuvo tiltas per Misisipę; 13 žmonių žuvo, 145 buvo sužeisti. Nelaimė atsitiko greičiausiai dėl to, kad jis buvo senas, per daug apkrautas ir turėjo projektavimo trūkumų. Visoje šalyje laukia, ko gero, šimtai panašių nelaimių, bet yra per brangu stebėti kiekvieną irstantį tiltą ir, esant reikalui, paremontuoti. Kaip tik čia galėtų ateiti į pagalbą moduliniai robotai: tylomis tikrintų tiltus, kelius, tunelius, vamzdynus ir elektrines, o, esant reikalui, ir taisytų. (Sakykime, į žemutinį Manhataną vedantys tiltai yra labai prastos būklės dėl korozijos, nepriežiūros. Vienas darbininkas rado šeštojo dešimtmečio laikų kokakolos butelį, užsilikusį nuo tada, kai tiltas paskutinį kartą buvo dažomas. Tiesą sakant, viena senstančio Manhatano tilto dalis neseniai buvo tokios būklės, kad ją teko uždaryti remontui.)

ROBOTAI CHIRURGAI IR VIRĖJAI

Robotus galima panaudoti ir kaip chirurgus, virėjus, muzikantus. Tarkime, vienas iš ribojančių veiksnių chirurgijoje yra žmogaus rankų miklumas ir tikslumas. Po kelių darbo valandų chirurgai kaip ir visi žmonės pavargsta, ir jų darbo efektyvumas sumažėja, pirštai pradeda drebėti. Čia gali padėti robotai.

Širdies kraujagysles šuntuojant tradiciniu būdu, krūtinės viduryje reikia padaryti 30 cm pjūvį; taigi, ir bendrąją anesteziją. Krūtinės ertmės atidarymas padidina užkrėtimo pavojų ir pailgina paciento atsigavimo laiką, gyjant kamuoja stiprūs skausmai ir nepatogumas, lieka bjaurus randas. Tačiau *Da Vinci* robotų sistema visa tai gali gerokai sumažinti. *Da Vinci* robotas turi keturias rankas; viena naudojama manipuliuoti vaizdo kamera, o kitos trys – precizinei chirurgijai. Užuot daręs ilgus pjūvius krūtinėje, ji padaro tik kelis mažyčius įpjovimus šone.

Šią sistemą naudoja 800 Europos bei Šiaurės ir Pietų Amerikos ligoninių. Vien tik 2006 m. su tokiu robotu buvo padaryta 48 000 operacijų. Chirurgines operacijas galima atlikti nuotoliniu būdu, pasitelkus internetą. Taigi dideliame mieste gyvenantis pasaulinės klasės chirurgas gali operuoti pacientą, esantį atokioje kaimo vietovėje ar net kitame žemyne.

Ateityje tobulesnės šio metodo versijos leis gydyti chirurginiu būdu ir mikroskopines kraujagysles, nervų plaušelius ir kitus kūno audinius; manipuliuojant mikroskopiniais skalpeliais, pincetais, adatomis, bus galima atlikti tai,

kas dar neįmanoma šiandien. Tiesą sakant, ateityje chirurgas prapjaus odą tik retais atvejais. Neinvazinė chirurgija taps norma.

Endoskopai (ilgi vamzdeliai, įvedami į kūno vidų ir galintys apšviesti ir pjaustyti audinius) taps plonesni už siūlą. Didelę mechaninių darbų dalį atliks mikromechanizmai, mažesni už tašką sakinio gale. (Viename serialo „Žvaigždžių kelias“ epizode gydytojas Makojus labai piktinosi, kad gydytojai XX a. turėjo prapjauti paciento odą.) Greitai ateis diena, kai tai taps tikrove.

Studentai medikai ateityje mokysis pjaustyti erdvinius virtualius žmogaus kūno vaizdus, o kiekvieną jų rankos judesį kartos kitame kambaryje esantis robotas.

Japonai taip pat daug pasiekė kurdami robotus, galinčius socialiai bendrauti su žmonėmis. Nagojoje yra robotas vyriausiasis virėjas, sugebantis per kelias minutes paruošti įprastus greitojo maisto pietus. Pakanka pasirinkti iš valgiaraščio, ir robotas vyriausiasis virėjas mūsų akivaizdoje paruoš pietus. Jį sukūrė pramoninių robotų kompanija *Aisei*. Jis gali išvirti makaronus per 1,4 min. Kai daug lankytojų, jų gali patiekti iki 80 dubenėlių per dieną.

Robotas vyriausiasis virėjas labai panašus į Detroito automobilių surinkimo linijų robotus. Jis turi 2 dideles mechanines rankas, kurios tiksliai suprogramuotos judėti tam tikra eilės tvarka. Tačiau, užuot sukę varžtus bei suvirinę metalines detales fabrike, to roboto pirštai iš dubenėlių ima įdarą, mėsą, miltus, padažus, prieskonius ir t. t. ir gamina sumuštinius, salotas ar sriubą. *Aisei* kompanijos virėjas atrodo kaip robotas, jis panašus į dvi didžiules rankas, pakylančias nuo virtuvės stalo. Tačiau kiti jo modeliai turėtų būti panašesni į žmogų.

Taip pat Japonijoje *Toyota* kompanija sukūrė robotą, mokantį griežti smuiku beveik taip, kaip griežia smuikininkas profesionalas. Jis panašus į *ASIMO* robotą, skiriasi tik tuo, kad geba paimti smuiką, siūbuoti į muzikos taktą, tiksliai griežti sudėtingas pjeses smuikui. Garsas yra labai tikroviškas, robotas sugeba daryti ir įspūdingus gestus kaip tikras muzikantas. Nors griežimo meistriškumu dar neprilygsta koncertuojančiam smuikininkui, tačiau publikai prasiblaškyti tokio griežimo lygio pakanka.

Žinoma, praeitame šimtetyje buvo mechaninių pianinų, skambinusių melodijas, įrašytas į didelį besisukantį diską. Kaip tie pianinai, taip ir *Toyota* robotas yra suprogramuotas. Skirtumas tik tas, kad *Toyota* robotas sąmoningai ir labai tikroviškai mėgdžioja visas smuikininko žmogaus manieras.

Vasedos universitete (Japonija) mokslininkai sukūrė ir robotą fleitininką. To roboto krūtinėje yra tuščių kamerų, primenančių plaučius, kurios pučia orą į tikrą fleitą. Jis gali atlikti gana sudėtingas melodijas, sakykime, „Kamanės skrydį“. Reikėtų pabrėžti, kad tie robotai naujų muzikos kūrinių kurti negali, tačiau kaip atlikėjai gali drąsiai varžytis su žmonėmis.

Ir robotas virėjas, ir robotas muzikantas yra kruopščiai suprogramuoti. Nors jie gana sudėtingi, palyginti su senaisiais skambintojais pianinu, tačiau remiasi tais pačiais principais. Tikri robotai tarnaitės ir ūkvedžiai tebėra tolimos ateities dalykas. Tačiau gali ateiti diena, kai roboto virėjo, roboto smuikininco ir roboto fleitininko palikuonys mūsų gyvenime atliks svarbius vaidmenis, kurie kažkada buvo laikomi tik žmogaus privilegija.

EMOCINIAI ROBOTAI

Šio šimtmečio viduryje gali prasidėti emocinių robotų klestėjimo era.

Praeityje rašytojai fantazavo apie robotus, trokštančius tapti žmonėmis ir turėti emocijų. Filme „Pinokis“ (*Pinocchio*) medinė lėlė norėjo tapti tikru berniuku, „Ozo šalies burtininkas“ (*Wizard of Oz*) Alavinis žmogutis norėjo turėti širdį. O seriale „Žvaigždžių kelias: kita karta“ (*Star Trek: The Next Generation*) androidas (į žmogų panašus robotas) Deitė bandė įvaldyti emocijas, pasakodamas juokelius ir mėgindamas perprasti, kas gi mums sukelia juoką. Tiesą sakant, mokslinėje fantastikoje nuolat grįžtama prie minties, kad robotai darysis protingesni, bet emocijų esmė jiems vis tiek liks neprieinama. Kai kurie mokslinės fantastikos autoriai net tvirtina: gali ateiti diena, kai robotai taps protingesni už mus, tačiau jie vis tiek nesugebės verkti.

Tiesą sakant, taip gali ir nebūti. Mokslininkai jau pradeda suprasti tikrąją emocijų kilmę. Pirma, emocijos pasako, kas mums yra gerai, o kas blogai. Didžioji dauguma dalykų pasaulyje yra žalingi ar nelabai naudingi. Kai patiriame „patikimo“ emociją, išmokstame identifikuoti tą mažytę aplinkos daiktų dalį, kuri mums yra naudinga.

Kiekviena emocija (neapykanta, pavydas, baimė, meilė ir t. t.) išsivystė per milijonus metų, kad mus saugotų nuo priešiško pasaulio pavojų ir padėtų daugintis. Kiekviena emocija padeda perduoti savo genus naujai kartai, pakeisiančiai mus.

Neurologas Antonijus Damazijus (*Antonio Damasio*) iš Pietų Kalifornijos universiteto, tyrinėjęs smegenų sužeidimų ar ligų aukas, gerai suprato labai svarbų emocijų vaidmenį. Kai kuriems pacientams buvo nutrūkęs mąstančio-sios jų smegenų dalies (galvos smegenų žievės) ir emocijų centrų (esančių giliai smegenų viduje, pavyzdžiui, migdolinio branduolio srityje) ryšys. Tie žmonės buvo visiškai normalūs, tik sunkiai reiškė emocijas.

Akivaizdus vienas dalykas: jie nemokėjo rinktis. Pirkti – tikras siaubas, nes viskas atrodė vienodai vertinga – ir brangūs, ir pigūs, ir primityvūs, rėksmingi, ir sudėtingi, rafinuoti daiktai. Paskirti kam nors pasimatymą – beveik neįgyvendinama užduotis, nes visos pretendentės į drauges atrodė visiškai vienodos. Pasak A. Damazijaus, atrodo, tokie žmonės „žino, bet nejaučia“.

Kitaip sakant, vienas iš svarbiausių emocijų tikslų yra parodyti vertybes, kad galėtume nuspręsti, kas svarbu, brangu, gražu, vertinga. Be emocijų viskas „vienodai rodo“, ir mus suparalyžiuoja negalėjimas apsispręsti, ką rinktis. Todėl mokslininkai jau pradeda suvokti, kad emocijos toli gražu nėra kažkoks prabangos dalykas – jos labai svarbios mūsų intelektui.

Pavyzdžiui, kai, žiūrėdami serialą „Žvaigždžių kelias“, matome, kaip Spokas ir Deitė atlieka savo darbą iš pažiūros be jokių emocijų, jau suprantame tokio įspūdžio klaidingumą. Spokas ir Deitė rodė emocijas kiekviename žingsnyje: atliko daug vertingumo įvertinimų. Jie juk nusprendė, kad būti pareigūnais yra svarbu, atlikti kai kurias užduotis yra labai svarbu, Federacijos tikslas yra kilnus, žmogaus gyvenimas yra vertybė ir t. t. Todėl klaidinga manyti, kad koks nors pareigūnas gali būti be emocijų.

Emociniai robotai kartais galės lemti net gyvybę ar mirtį. Ateities mokslininkai galbūt sukurs robotus gelbėjimo darbams, kuriuos būtų galima siųsti į gaisrų, žemės drebėjimų, sprogimų ir kitas zonas. Jie turės priimti tūkstančius vertybinių sprendimų – ką gelbėti ir kokia eilės tvarka. Apžiūrėdami aplink juos esančius sugriovimus, turės susidaryti įvairių savo užduočių prioritetus.

Emocijos buvo labai svarbios ir žmogaus smegenų evoliucijai. Jei pažvelgsime į pačius bendriausius anatominius smegenų bruožus, pamatysime, kad juos galima suskirstyti į tris dideles kategorijas.

Pirma, roplių smegenys, esančios netoli kaukolės apačios, sudaro didžiąją roplių smegenų dalį. Ši smegenų dalis valdo paprasčiausias gyvybės palaikymo funkcijas – pusiausvyros jausmą, agresyvumą, teritorijos suvokimą, maisto ieš-

kojimą ir t. t. (Kartais, įdėmiai žiūrint į gyvatę, kuri taip pat žiūri į mus, gali apimti nejaukumas. Knieti sužinoti, apie ką ji galvoja. Jei teorija, apie kurią čia kalbame, teisinga, tai ta gyvatė nieko daug negalvoja, gal tik svarsto, tinkame jai kaip maistas ar ne.)

Labiau išsivysčiusių organizmų smegenys išsiplėtusios kaukolės priekio kryptimi. Dar aukštesnis išsivystymo lygis būdingas beždžionių smegenims, turinčioms limbinę sistemą, esančią mūsų smegenų viduje. Tarp sudedamųjų jos dalių yra ir migdolinis branduolys, dalyvaujantis apdorojant emocijas. Itin gerai išsivysčiusią limbinę sistemą turi grupėmis gyvenantys gyvuliai.

Socialiniams gyvūnams, medžiojantiems grupėmis, reikia didelio smegenų pajėgumo suprasti grupės taisykles. Kadangi sėkmė laukinėje gamtoje priklauso nuo bendravimo su kitais, tačiau tie gyvuliai kalbėti nemoka, tad yra priversti savo emocijų būseną perteikti kūno kalba, urzgimu, inkštumu, gestais.

Pagaliau mes turime priekinį ir išorinį smegenų sluoksnį, smegenų žievę, nulemiančią žmogaus bruožus ir valdančią racionalias mintis. Kiti gyvūnai daugiausia yra valdomi instinktų ir genetinių ypatumų, o žmonių galvojimą lemia galvos smegenų žievė.

Jei tokia evoliucinė vystymosi seka teisinga, vadinasi, kuriant savarankiškus robotus, emocijos bus gyvybiškai svarbios. Lig šiol sukurti robotai mėgdžioja tik roplių smegenis. Tie robotai geba vaikščioti, tirti savo aplinką, paimiti daiktus, bet tai beveik viskas. Kita vertus, socialiniai gyvūnai protingesni už tuos, kurie turi tik roplių smegenis. Emocijos reikalingos gyvuliui socializuotis ir įvaldyti bandos taisykles. Tad mokslininkams dar reikia daug nuveikti, kol jie išmoks modeliuoti limbinę sistemą ir galvos smegenų žievę.

Sintija Bryzyl (*Cynthia Breazeal*) iš Masačusetso technologijos instituto iš tikrųjų sukūrė robotą, specialiai skirtą šiai problemai. Tai robotas *KISMET* su išdykėliško elfo veidu. Iš pažiūros jis atrodo kaip gyvas, reaguoja į mūsų veiksmus veido judesiais, vaizduojančiais emocijas. Jis geba pakartoti daug emocijų, kaitaliodamas veido išraišką. Tiesą sakant, moterys į šį vaikiškos išvaizdos robotą dažnai reaguoja taip, kad ima kalbėti su juo ta kalba, kuria jos kalba su naujagimiais ir mažais vaikais.

Nors tokie robotai kaip *KISMET* sukurti mėgdžioti emocijas, mokslininkai neturi iliuzijų, kad jie galėtų iš tikrųjų jausti emocijas. Tam tikru požiūriu tai panašu į magnetofoną, suprogramuotą užrašinėti ne garsus, o veido išraišką

rodyti emocijas nesuvokiant. Tačiau *KISMET* reiškia proveržį tuo atžvilgiu, kad, turint jį, be didelių programavimo darbų bus galima sukurti robotą, mėgdžiojantį žmogaus emocijas, į kurias žmonės reaguos.

Tie emociniai robotai ras kelią į mūsų namus. Nors jie netaps mūsų patikėtiniais, sekretoriais ar tarnaitėmis, tačiau atliks taisyklėmis paremtas procedūras, grindžiamas euristika. Iki šio šimtmečio vidurio jie gali pasiekti šuns ar katės intelektą. Kaip ir naminiai gyvūnėliai, jie bus emociškai susiję su savo šeimininku, tad taip lengvai jų neatsikratysi. Tiesa, negalėsime susikalbėti kasdienine šnekamąja kalba, bet jie supras suprogramuotas komandas, gal net šimtus. Jei liepsime padaryti kažką, ko jų atmintyje nėra (pavyzdžiui, sakysime: „Eik leisti aitvarų“), tik pažvelgs smalsiu sutrikusiu žvilgsniu. (Jei iki šio šimtmečio vidurio robotai šunys ir katės pakartos visą tų gyvūnėlių reagavimo į mūsų veiksmus spektrą taip, kad jų elgesio nebus galima atskirti nuo tikro tų gyvūnėlių elgesio, tai gali kilti klausimas, ar tie robotai iš tikrųjų nėra tokie protingi, kaip paprasti šunys ar katės, ir ar jie nejaučia taip pat, kaip jie.)

Sony kompanija, gamindama *AIBO* (*artificial intelligence robot* – dirbtinio intelekto robotas) šunį, eksperimentavo su emociniais robotais. Tai buvo pirmasis žaislas, tikroviškai emociškai reaguojantis į šeimininko elgesį, nors ta reakcija gana paprasta. Pavyzdžiui, jei *AIBO* šuniui paglostysime nugarą, ims meilikausti, skleisti malonius ausiai garsus. Jis geba vaikščioti, reaguoja į balsu duodamas komandas ir net tam tikru mastu sugeba mokytis, tačiau negali išmokyti naujų emocijų ar reagavimo būdų. (Jo tobulinimo programa buvo nutraukta 2005 m. dėl finansavimo priežasčių, tačiau ir vėliau ištikimi šių darbų tęsėjai tobulino programinę jo įrangą, todėl dabar gali atlikti jau daugiau užduočių.) Ateityje naminių gyvūnėlių robotai, emociškai prisirišę prie vaikų, gali tapti įprastu dalyku.

Nors tokie robotai turės daug emocijų, ir vaikai prie jų ilgam prisiriš, tikrų jausmų jie vis tiek nepatirs.

ATVIRKŠTINIS SMEGENŲ KONSTRAVIMAS

Iki šio šimtmečio vidurio turėtume pajėgti žengti dar vieną labai svarbų žingsnį dirbtinio intelekto istorijoje – atlikti atvirkštinį žmogaus smegenų konstravimą. Mokslininkai, nusivylę, kad jiems nepavyko sukurti roboto iš silicio ir

plieno, bando ir priešingą būdą – išskaido smegenis neuroną po neurono, kaip kad koks mechanikas išardo variklį sraigtelį po sraigtelio, tada tuos neuronus modeliuoja didžiuliais kompiuteriais. Mokslininkai sistemingai bando modeliuoti, kaip neuronai susijungę įvairiuose gyvūnuose, pradedant nuo pelių ir kačių ir kylant gyvūnų evoliucijos laiptų pakopomis. Tai yra aiškiai apibrėžtas tikslas, kuris turėtų būti pasiektas iki šio šimtmečio vidurio.

Masačusetso technologijos instituto darbuotojas Fredas Hapgūdas (*Fred Hapgood*) rašo: „Atskleidimas, kaip mūsų smegenys veikia – tikras to žinojimas, toks, kaip žinojimas, kaip veikia variklis – turėtų perrašyti iš naujo beveik visus mūsų bibliotekų tekstus.“¹⁰

Pirmas atvirkštinio smegenų konstravimo žingsnis – perprasti pagrindinę struktūrą. Net ši paprasta užduotis tapo ilgu sunkiu procesu. Laikui bėgant, įvairios smegenų dalys buvo identifikuotos darant skrodimus, bet nebuvo rasta ženklų, kaip jos veikia. Tokia padėtis pradėjo pamažu keistis, kai mokslininkai ėmė analizuoti žmones su pažeistomis smegenimis ir pastebėjo, kad kai kurių smegenų dalių pažeidimai atitinka tam tikrus elgesio pokyčius. Konkrečius insulto aukų bei žmonių, nukentėjusių nuo smegenų pažeidimų ar ligų, elgesio pokyčius buvo galima susieti su atitinkamų smegenų dalių pažeidimais.

Įspūdingiausias to pavyzdys, kai 110 cm ilgio metalinis strypas pervėrė geležinkelio meistro Finio Geidžo (*Phineas Gage*) kaukolę 1848 m. Vermonte. Šis istorinis nelaimingas įvykis nutiko, kai netyčia sprogo dinamito užtaisas. Strypas pataikė jam į veidą, sutrupino žandikaulį, perskrodė smegenis ir išlindo pro viršugalvį. Stebuklingu būdu jis atlaikė šį siaubingą sužeidimą, nors buvo išvestos iš rikiuotės viena ar abi jo priekinės smegenų skiltys.

Jį gydęs gydytojas iš pradžių negalėjo patikėti, kad taip sužeistas žmogus apskritai gali likti gyvas. Kelias savaites jis buvo pusiau sąmoningas, bet vėliau netikėtai pagijo.¹¹ Gyveno dar 12 metų, dirbdamas įvairius atsitiktinius darbus bei keliaudamas, kol 1860 m. pasimirė. Gydytojai išsaugojo jo kaukolę bei tą strypą, ir vėliau intensyviai tai tyrinėjo. Šiuolaikiniai tyrimo metodai, naudojant ir kompiuterinės tomografijos skleistines, leido atkurti nepaprasto įvykio detales.

Šis įvykis visam laikui pakeitė vyraujančias nuomones apie kūną ir sielą. Net mokslininkai anksčiau manė, kad kūnas ir siela yra atskiri dalykai. Žmonės rimtu veidu rašė apie kažkokią „gyvybinę jėgą“, teikiančią gyvastį kūnui ir

nepriklausomą nuo smegenų. Tačiau plačiai pasklidę pranešimai rodė, kad F. Geidžo asmenybė po to įvykio patyrė ryškių pokyčių. Yra liudijimų, kad jis, anksčiau buvęs visų mėgstamas draugingas žmogus, tapo irzlus ir priešiškas nusiteikęs. Tokie liudijimai sustiprino nuomonę, kad konkrečios smegenų dalys lemia skirtingus elgesio būdus, kūnas ir siela yra neatskiriami.

XX a. ketvirtajame dešimtmetyje neurologas Vailderis Penfyldas (*Wilder Penfield*) pastebėjo, kad, operuojant epileptikų smegenis ir elektrodais palietus tam tikras vietas, galima stimuliuoti kai kurias paciento kūno dalis. Liečiant tą ar kitą smegenų žievės dalį, galima priversti sujudėti ranką ar koją. Šitokių būdu jam pavyko bendrais bruožais sukurti schemą, rodančią, kurios galvos smegenų žievės vietos valdo tas ar kitas kūno dalis. Tai leido iš naujo nubraižyti žmogaus smegenų planą ir parodyti, kurios smegenų vietos valdo atitinkamus kūno organus. To rezultatas buvo homunkulas – gana keistas žmogaus kūno vaizdas smegenų paviršiuje: žmogutis su didžiuliais pirštų galais, lūpomis ir liežuviu, bet mažyčiu kūnu.

Vėliau FMRT skleistinės davė sensingų galvojančių smegenų vaizdų, bet šiuo būdu nepavyksta atsekti konkrečių neuroninių minties kelių, apimančių gal tik kelis tūkstančius neuronų. Tačiau nauja tyrimų sritis – optogenetika – sujungia optiką ir genetiką, siekdama atskleisti konkrečius gyvulių neuronų kelius. Tai galima lyginti su mėginimu kurti kelio žemėlapi. FMRT skleistinių rezultatai būtų panašūs į didžiųjų greitkelių tarp valstijų ir intensyvaus eismo juose nustatymą. Tačiau optogenetika gali būti pajėgi iš tikrųjų nustatyti individualius kelius ir takus. Iš principo tai netgi duoda mokslininkams galimybę valdyti gyvūnų elgseną, stimuliuojant tuos konkrečius kelius.

Tai savo ruožtu sukūrė keletą sensingų žiniasklaidos istorijų. Vadina-majame Dradžo pranešime buvo bjauri antraštė, klykianti, kad „Mokslininkai kuria nuotoliniu būdu valdomas muses!“ Žiniasklaida kūrė vizijas, kaip nuotoliniu būdu valdomos musės padeda Pentagonui vykdyti nešvarius darbelius. O pokalbių laidoje *Tonight Show* Džėjus Lenas (*Jay Leno*) nusišnekėjo, kad kokia nors nuotoliniu būdu valdoma musė pagal komandą gali įskristi į burną net pačiam prezidentui Džordžui V. Bušui (*George W. Bush*). Nors komikams tai buvo puiki proga kurti keisčiausius scenarijus, kaip Pentagono kariškiai mygtuko paspaudimu įsakinėja didžiuliams vabzdžių pulkams, tikrovė yra daug paprastesnė.

Vaisinės muselės smegenys turi apie 150 000 neuronų. Optogenetika leidžia mokslininkams įjungti kai kuriuos jos smegenų neuronus, atitinkančius tam tikrus elgesio būdus. Pavyzdžiui, įjungus du atitinkamus neuronus, vaisinė muselė tai supras kaip ženklą sprukti. Tada ji nevalingai ištiesia kojas, išskleidžia sparnelius ir skrenda. Mokslininkams pavyko genetiškai išvesti tokią vaisinių muselių atmainą, kurios sprukimo signalą duodantys neuronai įsijungdavo, kai tik būdavo įjungiamas lazerio spindulys. Jos visada pakildavo ir nuskrisdavo, pajutusios nukreiptą lazerio spindulį.

Smegenų sandaros nustatymo padariniai yra labai svarbūs. Jie ne tik leis pamažu atsekti vienokio ar kitokio elgesio būdo neuronų kelius, bet ir, naudojant tą informaciją, padėti insulto aukoms, sergantiems smegenų ligomis ar nukentėjusiems nelaiminguose atsitikimuose.

Geras Mysenbėkas (*Gero Miesenböck*) iš Oksfordo universiteto ir jo kolegos šitokiu būdu sugebėjo identifikuoti gyvūnų nervų mechanizmus. Jie išnagrinėjo ne tik neuronų kelius, vaisinėms muselėms sukeliančius sprukimo refleksą, bet ir refleksus, susijusius su kvapų užuodimu. Jie tyrinėjo ir apvaliųjų kirmėlių maisto ieškojimą valdančius neuronų kelius ir pelių neuronus, dalyvaujančius ką nors sprendžiant. Jie nustatė, kad vienokį ar kitokį vaisinės muselės elgesio būdą gali sukelti kartais vos du neuronai, o pelei priiminėjant sprendimus dalyvauja beveik 300 neuronų.

Pagrindinės priemonės, kurias jie tam naudojo, buvo genai, galintys valdyti kai kurių dažų susidarymą, bei šviesai jautrios molekulės. Pavyzdžiui, iš medūzos galima išskirti geną, gebantį gaminti žaliai fluorescuojantį baltymą. Taip pat yra junginys rodopsinas, kuris, veikiamas šviesos, leidžia jonams eiti pro ląstelių membranas. Todėl šviesos poveikis tuose organizmuose gali sukelti kai kurias chemines reakcijas. Tais dažais ir šviesai jautriomis cheminėmis medžiagomis mokslininkai pirmą kartą nustatė neuronų grandines, nulemiančias konkrečius elgesio būdus.

SMEGENŲ MODELIAVIMAS

Optogenetika yra tik pirmas nedidelis žingsnis. Kitas žingsnis yra tikras visų smegenų modeliavimas, taikant naujausius technikos pasiekimus. Šiam milžiniškam dalykui yra ne mažiau kaip du būdai, bet reikės ne vieno dešimtmečio

įtempto darbo. Pirmas iš tų būdų yra superkompiuterių naudojimas modeliuoti milijardų neuronų, kurių kiekvienas susijęs su tūkstančiais kitų, elgesį. Kitas būdas – nustatyti kiekvieno neurono vietą smegenyse.

Svarbiausia pirmo būdo – smegenų modeliavimo – priemonė paprasta: tai milžiniškas kompiuterinis pajėgumas. Kuo didesni kompiuteriai bus naudojami, tuo geriau. Grubi jėga ir neturinčios jokio subtilumo teorijos gali būti svarbiausios šio nepaprasto užmojo priemonės. O kompiuteris, kuris galėtų susidoroti su tokia didžiule užduotimi, vadinasi *Blue Gene*; tai vienas iš galinusių kompiuterių visame pasaulyje, jis sukurtas IBM kompanijos.

Turėjau proga pamatyti šį didžiulį kompiuterį, kai lankiausi Lorenzo Livermore nacionalinėje laboratorijoje Kalifornijoje, kur Pentagonui kuriamos vandenilinių bombų galvutės raketoms. Tai labiausiai įslaptinta Amerikos ginklų laboratorija – 320 ha kompleksas žemdirbystės rajone. Jo biudžetas 1,2 mlrd. dol. per metus, dirba 6800 žmonių. Tai svarbiausias JAV branduolinių ginklų kūrimo centras. Norėdamas į jį patekti, turėjau pereiti daug apsargos zonų, nes tai viena iš jautriausių pasaulyje karinių laboratorijų.

Pagaliau, perėjęs daug patikrinimų, atsidūriau prie įėjimo į pastatą, kuriame stovėjo IBM kompanijos kompiuteris *Blue Gene*, veikiantis svaiginančiu net 500 trln. operacijų per sekundę greičiu. Išvaizda ištis išpūdinga. Jis yra didžiulis, užima apie 10 a plotą; jį sudaro eilėmis sustatytos juodos plieninės spintos, kiekviena iš jų yra apie 2,4 m aukščio ir 4,5 m gylio.

Vaikščiojimas tarp tų spintų man padarė didelį išpūdį. Ne taip, kaip Holivudo mokslinės fantastikos filmuose, kur kompiuteriai turi daug mirkčiojančių lempučių, besisukančių diskų, ir kur ore blykčioja elektros iškrovos, šios spintos buvo visai tylios, mirkčiojo tik viena kita lemputė. Žinai, kad šis kompiuteris atlieka milijardus sudėtingų apskaičiavimų, tačiau negirdi ir nematai, kaip jis veikia.

Mane sudomino, kad šis kompiuteris modeliavo pelės smegenų, turinčių apie 2 mln. neuronų, mąstymo procesą (palyginimui priminsiu, kad mūsų smegenys turi 100 mlrd. neuronų). Modeliuoti pelės smegenų mąstymo procesą sunkiau nei manome, nes kiekvienas neuronas yra susietas su daugeliu kitų, dėl to atsiranda tankus neuronų tinklas.

Tačiau, vaikščiodamas tarp *Blue Gene* kompiuterio spintų, negalėjau nesisėbėti, kad šis toks galingas kompiuteris geba modeliuoti tik pelės smegenų

darbą, ir tai tik kelias sekundes. (Bet nereiškia, kad jis geba modeliuoti pelės elgesį. Šiuo metu mokslininkai moka modeliuoti tik tarakono elgesį. Tai veikiausiai reiškia tik tiek, kad *Blue Gene* pajėgia modeliuoti, kaip įsijungia neuronai, esantys pelės smegenyse, o ne jos elgesį.)

Tiesą sakant, modeliuoti pelės smegenis pasišovė kelios mokslininkų grupės. Vienas iš ambicingų bandymų yra Anri Markramo (*Henry Markram*) iš Lozanos federalinio politechnikos instituto Šveicarijoje. Jis šį darbą pradėjo 2005 m., kai pavyko gauti mažesnę *Blue Gene* kompiuterio variantą, turintį tik 16 000 procesorių, tačiau per metus sėkmingai pavyko sumodeliuoti žiurkės naujosios smegenų žievės koloną (šios žievės dalį), turinčią 10 000 neuronų ir 100 mln. jų tarpusavio ryšių.

Tai buvo etapinis tyrimas, nes jis reiškė, kad biologiškai įmanoma nuodugnai ištirti svarbios sudedamosios smegenų dalies sandarą, neuroną po neurono. (Pelės smegenys susideda iš milijonų tokių kolonų, kurios kartojasi. Todėl, modeliuojant vieną iš jų, galima pradėti suprasti, kaip veikia pelės smegenys.)

2009 m. A. Markramas optimistiškai pareiškė: „Nėra neįmanoma sukurti žmogaus smegenų, ir galime tai padaryti per 10 metų. Jei sukursime teisingai, jos galės kalbėti, turės proto, o elgesys bus labai panašus į žmogaus.“¹² Tačiau perspėjo – reikės superkompiuterio, 20 000 kartų galingesnio už dabartinius superkompiuterius, kurio atmintis 500 kartų viršytų visą dabartinę interneto atmintį.

Tad kokia gi priežastis trukdo pasiekti šį didžiulį tikslą? Jo nuomone, paprasta – pinigai.

Kadangi pagrindiniai moksliniai principai jau žinomi, jis jaučia, kad sėkmei pasiekti tereikia skirti pakankamai pinigų: „Tai ne metų, o dolerių problema [...] Svarbu, kad visuomenė to norėtų. Jei ji norės tai turėti po 10 m., tai po 10 m. ir turės. Bet jei norės turėti tik po 1000 m., tai galime ir palaukti.“¹³

Tačiau su juo konkuruojanti kita grupė irgi imasi šio darbo, pasitelkusi didžiausius istorijoje skaičiavimo pajėgumus. Ji naudoja tobuliausią *Blue Gene* kompiuterio versiją *Dawn*, esančią irgi Livermore. *Dawn* kompiuteris atrodo ištis įspūdingai: turi 147 456 procesorius ir 150 000 GB atmintį. Jis apie 100 000 kartų galingesnis už ant mūsų stalo stovintį kompiuterį.

Ta grupė, kuriai vadovauja Darmendra Moda (*Dharmendra Modha*), jau pasiekė nemažų laimėjimų. 2006 m. jai pavyko sumodeliuoti 40 % pelės

smegenų. 2007 m. galėjo sumodeliuoti jau 100 % žiurkės smegenų (jos turi 55 mln. neuronų, taigi kur kas daugiau nei pelės smegenys.)

2009 m. ši grupė pasiekė dar vieną pasaulio rekordą. Jai pavyko sumodeliuoti 1 % žmogaus galvos smegenų žievės. Tai prilygsta maždaug visai katės smegenų žievei, turinčiai 1,6 mlrd. neuronų ir 9 trln. tarpusavio ryšių. Tačiau modeliavimas vyko lėtai, apie 600 kartų lėčiau nei žmogaus smegenyse. (Jei būtų modeliuojama tik 1 mlrd. neuronų veikla, procesas vyktų daug greičiau – tik 83 kartus lėčiau negu žmogaus smegenyse.)

„Savo reikšmingumu tai prilygsta Hablo teleskopui astronomijoje ar linijiniam dalelių greitintuvui eksperimentinėje fizikoje“, – su pasididžiavimu sako D. Moda, pabrėždamas šio laimėjimo reikšmę.¹⁴ Kadangi žmogaus smegenys turi 100 mlrd. neuronų, ši mokslininkų grupė jau mato šviesą tunelio gale. Jie jaučia, kad visų žmogaus smegenų modeliavimas yra pasiekiamas dalykas. „Tai ne tik įmanoma – neišvengiama ir įvyks“, – sako D. Moda.

Tačiau, norint sumodeliuoti visas žmogaus smegenis, iškyla sunkių problemų, ypač susijusių su energija ir šiluma. *Dawn* kompiuteris ryja 1 mln. W elektros energijos ir generuoja tiek šilumos, kad jam aušinti reikia 6675 t sveriančios oro kondicionavimo įrangos, kuri pučia atvėsintą orą – 75 000 m³ per min. Norint sumodeliuoti visas žmogaus smegenis, visa tai reikia padauginti iš 1000.

Tai išties įspūdinga užduotis. Ją vykdančiam hipotetiniam superkompiuteriui reikės 1 mlrd. W galios elektros srovės – taigi visos atominės elektrinės pajėgumo. Šio superkompiuterio suvartojamos elektros energijos pakaktų visam miestui apšviesti. Jam vėsinti reikėtų pakeisti visos upės tekėjimo kryptį ir vandenį panaudoti tam tikslui, o ir pats kompiuteris užimtų kelis miesto kvartalus.

Keista, bet žmogaus smegenims pakanka 20 W energijos. Jų generuojama šiluma beveik nepastebima, tačiau mūsų smegenys lengvai pranoksta galinčiausius dabartinius superkompiuterius. Be to, žmogaus smegenys yra pats sudėtingiausias dalykas, kurį Motulė Gamta pagamino šioje mūsų galaktikos dalyje. Kadangi nėra jokių kitų protingų gyvybės formų buvimo Saulės sistemoje įrodymų, vadinasi, ieškoti kito objekto, ne mažiau sudėtingo už esantį mūsų kaukolėje, reikėtų ne mažiau kaip už 38,4 trln. km (tiek yra iki artimiausios žvaigždės) ar net dar toliau.

Gal ir pajėgtume per 10 m. atlikti atvirkštinį smegenų konstravimą, tačiau tam reikėtų didžiulės, panašios į Manhatano projekta, intensyvios programos, kuriai būtų skirta milijardai dolerių. Tačiau artimiausiu laiku to sunku tikėtis, ypač turint galvoje dabartinę ekonomikos padėtį. Tokias intensyvias programas, kaip Žmogaus genomo projektas, kainavęs beveik 3 mlrd. dol., parėmė JAV vyriausybės dėl jo akivaizdžios naudos sveikatos apsaugai ir mokslui. Tačiau atvirkštinio smegenų konstravimo nauda pasireikš ne taip greitai, vadinasi, ir projektas užtruks daug ilgiau. Geriau prie šio tikslo eiti mažesniais žingsneliais, tad šitam istoriniam laimėjimui pasiekti gali prisireikti kelių dešimtmečių.

Taigi kompiuterinis smegenų modeliavimas gali atvesti iki šio šimtmečio vidurio. Ir netgi tada prireiks dar daug dešimtmečių šio didžiulio projekto vykdymo metu susikaupusiems kalnams duomenų sutvarkyti ir juos susieti su žmogaus smegenimis. Jei neturėsime priemonių nereikalingai informacijai, triukšmams atsijoti, tai paskėsime tų duomenų jūroje.

SMEGENŲ SUSKAIDYMAS Į DALIS

O kaip dėl antro būdo – tikslaus kiekvieno smegenų neurono vietos nustatymo?

Šis būdas irgi yra milžiniška užduotis, kuriai įvykdyti gali prisireikti daug dešimtmečių sunkių tyrimų. Užuoat naudoję superkompiuterį *Blue Gene*, šį būdą pasirinkę mokslininkai taiko išskaidymo į smulkias daleles metodą. Jie pradėjo nuo to, kad vaisinės muselės smegenis supjaustė nepaprastai plonais griežinėliais, ne daugiau kaip 50 nm (apie 150 atomų) storio ir jų gavo milijonus. Tada rastriniu elektroniniu mikroskopu kiekvieną nufotografavo; fotografavimo greitis ir skiriamoji geba buvo netoli 1 mlrd. taškių per sekundę. Elektroniniu mikroskopu gautų duomenų kiekis milžiniškas – apie 1000 trln. B, taigi duomenų tik apie vienos vaisinės muselės smegenis pakaktų užpildyti visą sandėlį. Tų duomenų apdorojimas, nustatant erdvines kiekvieno muselės smegenų neurono jungtis, turėtų užtrukti apie penkerius metus. Norint gauti tikslesnį jos smegenų vaizdą, šitokiu būdu reikėtų išanalizuoti daugiau muselių smegenų.

Geris Rubinas (*Gerry Rubin*) iš Hovardo Hjudžo medicinos instituto, vienas iš šios tyrimų srities lyderių, mano, kad sudaryti išsamų visų vaisinės muselės smegenų žemėlapi reikės 20 m. „Kai išspręsime šį uždavinį, tai, sakyčiau,

būsime įveikę penktadalį kelio, siekdami perprasti žmogaus protą,“ – sako jis.¹⁵ G. Rubinas supranta milžinišką šios užduoties mastą. Žmogaus smegenys turi 1 mln. kartų daugiau neuronų, negu vaisinės muselės smegenys. Jei nustatyti kiekvieno neurono vietą vaisinės muselės smegenyse reikės 20 m., tai visam žmogaus smegenų vaizdui – daug dešimtmečių papildomai. Šio projekto kaina irgi bus ištis didžiulė.

Todėl dirbantys žmogaus smegenų atvirkštinio konstravimo srityje yra apimti nevilties. Jie mato, kad tikslas visai arti, bet trukdo dirbti pinigų stygius. Tačiau, atrodo, protinga tikėtis, kad maždaug iki mūsų šimtmečio vidurio jau turėsime ir kompiuterius, kurie bus užtektinai galingi modeliuoti žmogaus smegenis, ir apytikrius smegenų neuronų išsidėstymo žemėlapius. Bet gali tekti palaukti iki šio šimtmečio pabaigos, kol galutinai suprasime žmogaus mintis ar galėsime sukurti mašiną, pajėgią kopijuoti jo smegenų funkcijas.

Pavyzdžiui, net jei tiksliai žinosime kiekvieno skruzdėlės geno buvimo vietą, dar nereiškia, kad žinosime, ir kaip statomas skruzdėlynas. Panašiai pasakytina ir apie žmogaus genomą: tai kas, kad mokslininkai jau žino apie 25 000 jį sudarančių genų – juk nežino, kaip veikia žmogaus kūnas. Žmogaus genomo projektas panašus į žodyną, kuriame nepateiktos žodžių reikšmės. Tame žodyne aiškiai įvardyti visi žmogaus kūno genai, tik ką kiekvienas iš jų daro, daugiausia vis dar tebėra nežinoma. Kiekvienas genas yra tam tikro baltymo kodas, tik dar nežinoma, kaip dauguma tų baltymų funkcionuoja mūsų kūne.

Dar 1986 m. mokslininkams pavyko tiksliai nustatyti visų neuronų vietas mažytės kirmėlaitės *C. elegans* nervų sistemoje. Iš pradžių buvo trimituojama, kad tai padės atskleisti smegenų paslaptį. Tačiau tikslų jos 302 nervinių ląstelių ir 5000 cheminių sinapsių buvimo vietų žinojimas net po kelių dešimtmečių nenustatė, kaip ta kirmėlaitė veikia.

Taip pat, net ir galutinai atvirkštiniu būdu sumodeliavus žmogaus smegenis, reikės daug dešimtmečių suprasti, kaip visos dalys veikia ir prisitaiko viena prie kitos. Jei iki šio šimtmečio pabaigos žmogaus smegenys bus pagaliau sumodeliuotos atvirkštinio modeliavimo būdu ir visiškai iššifruotos, tada busime žengę didžiulį žingsnį pirmyn, kurdami humanoidinius robotus. Tai kas tada sutrukdys jiems perimti valdžią?

TOLIMOJI ATEITIS (2070–2100 M.)

KAI MAŠINOS ĮGYJA SĄMONĘ

Filmų „Terminatorius“ serijoje Pentagonas su pasididžiavimu atskleidžia platų visiems suprantamą kompiuterių tinklą *Skynet*, skirtą patikimai valdyti JAV branduolinių ginklų arsenalą. Jis nepriekaištingai atlieka savo užduotis iki pat vienos dienos 1995 m., kai atsitinka nenumatytas dalykas – tinklas įgyja sąmonę. Jį prižiūrintys žmonės yra sukrėsti, suvokę, kad jų kūrinys junta, ir bando uždaryti. Tačiau jau per vėlu.

Savigynos jausmo skatinamas, *Skynet* tinklas nusprendžia, kad vienintelis būdas apsiginti – sunaikinti žmoniją, sukeliant niokojantį branduolinį karą. Netrukus 3 mlrd. žmonių sudega daugybėje branduolinių pragarų. Po to *Skynet* tinklas paleidžia legionus žudančių robotų pribaugti gyvus žmones. Moderni civilizacija žlunga, išlieka tik mažyčiai, niekingi nepritapėlių ir maištininkų būreliai.

Dar blogesnių dalykų matome „Matricos“ trilogijos (*Matrix Trilogy*) filmuose, kur žmonės tokie primityvūs, kad net nesupranta, jog mašinos jau perėmė valdžią. Žmonės ir toliau tvarko kasdienius reikalus, manydami, kad viskas normalu, ir nepastebėdami, kad jie jau gyvena savotiškuose gaubtuose, kabino-se. Jų pasaulis yra tik virtualus tikrovės modelis, kuriam vadovauja jų viršininkai robotai. Žmonių egzistencija yra tik didelio kompiuterio programa, įterpiama į gaubtuose gyvenančių žmonių smegenis. Vienintelė priežastis, kodėl tos mašinos apskritai neatsikrato žmonių, yra ta, kad juos naudoja kaip baterijas.

Žinoma, Holivudas nevengia pasipelnyti iš žiūrovų bauginimo. Tačiau tai kelia ir visai teisėtą mokslinį klausimą: kas atsitiks, kai robotai pagaliau taps tokie pat protingi, kaip ir mes? Kas atsitiks, kai jie prabus ir įgis sąmonę? Mokslininkai karštai svarsto klausimą, ne ar taip apskritai atsitiks, o kada tas toks svarbus įvykis įvyks.

Kai kurie specialistai mano, kad mūsų kuriami robotai pamažu kils evoliuciniu medžiu. Šiandien proto sugebėjimais jie prilygsta tarakonui. Ateityje prilygs pelėms, triušiams, šunims ir katėms, beždžionėms ir pagaliau ims lenktyniauti su žmonėmis. Einant šiuo keliu, gali prireikti ne vienos dešimties metų, bet, jų nuomone, tik laiko klausimas, kada mašinos intelekto atžvilgiu pranoks žmones.

Dirbtinio intelekto tyrinėtojai nesutaria, kada tai galėtų įvykti. Kai kurie sako, kad per 20 m. robotai intelekto atžvilgiu prie žmogaus smegenų priartės, paskui pralenks. 1993 m. Vernoras Vindžis (*Vernor Vinge*) pareiškė: „Po 30 m. jau turėsime technines priemones antžmogiškam intelektui sukurti. Netrukus po to žmonių era baigsis [...] Nustebčiau, jei tai įvyktų iki 2005 ar po 2030 m.“¹⁶

Kita vertus, Daglas Hofštateris (*Douglas Hofstadter*), knygos *Gödel, Escher, Bach* autorius sako: „Labai nustebčiau, jei kas nors bent kiek panašaus į tai įvyktų per artimiausius 100–200 m.“¹⁷

Kai kalbėjau su M. Minskiu, vienu iš dirbtinio intelekto kūrimo pradininkų, jis pabrėžė: net neprognozuoja, kada tai įvyks. Tiki – ta diena ateis, bet vengia būti orakulu ir tikslios datos nespėlioja. (Būdamas garbaus amžiaus įžymus dirbtinio intelekto specialistas, dirbantis šioje srityje vos ne nuo jos atsiradimo, jis, ko gero, matė per daug neišsipildžiusių ir sukėlusių neigiamą reakciją prognozių.)

Didelę šių scenarijų kliūčių dalį sudaro tai, kad nėra visuotinio sutarimo, ką gi reiškia žodis *sąmonė*. Filosofai ir matematikai šimtus metų ieškojo jo reikšmės, bet lig šiol neturi kuo pasigirti. XVII a. mąstytojas, diferencialinio skaičiavimo išradėjas Gotfrydas Leibnicas (*Gottfried Leibniz*) rašė: „Jei galėtume smegenis išpūsti iki fabriko dydžio ir įeiti į jų vidų, sąmonės ten vis tiek nerastume.“¹⁸ O filosofas Deividas Čalmersas (*David Chalmers*) net surinko beveik 20 000 straipsnių šiuo klausimu, bet jokio bendro sutarimo nerado.¹⁹

Dar niekur kitur moksle, įdėjus tiek daug pastangų, nebuvo pasiekta tiek mažai.

Deja, *sąmonė* yra madingas žodis, kiekvienam reiškiantis skirtingus dalykus. Gaila, kad nėra visiems priimtino šio žodžio apibrėžimo.

Aš manau, kad viena iš problemų – nesugebėjimas aiškiai apibrėžti sąmonę ir nesugebėjimas ją įvertinti kiekybiškai.

Tačiau jei man būtų leista pasamprotauti, sakyčiau, kad sąmonė susideda bent iš 3 svarbiausių dalių:

- 1) aplinkos jutimo ir jos atpažinimo;
- 2) savimonės;
- 3) ateities planavimo, užsibrėžiant tikslus ir kuriant planus, t. y. ateities modeliavimo ir strategijos kūrimo.

Šitaip traktuojant sąmonę, išeitų, kad net paprastos mašinos ir vabzdžiai turi tam tikros rūšies sąmonę, kurią galima įvertinti kiekybiškai pagal 10 balų skalę. Kitaip sakant, yra sąmonės kontinuumas, kurį galima įvertinti kiekybiškai. Plaktukas savo aplinkos nejaučia, todėl pagal šią skalę gaus nulinį įvertinimą. Termostatas aplinką jaučia. Jo esmė ta, kad aplinkos temperatūrą gali jausti ir keisti, todėl jį galima įvertinti vienetu. Vadinasi, mašinos su grįžtamojo ryšio mechanizmu turi primityvią sąmonės formą.

Tokį gebėjimą turi ir kirmėlės. Jos junta maisto, priešingos lyties partnerio bei pavojaus buvimą ir imasi reikiamų veiksmų, bet jų gebėjimai tuo beveik ir apsiriboja. Vabzdžiai, gebantys nustatyti daugiau kaip vieną rodiklį (regėti, girdėti, užuosti, jausti spaudimą ir t. t.), gaus aukštesnius sąmonės įvertinimus, greičiausiai 2 ar 3.

Aukščiausioji tokio jutimo forma yra geba atpažinti ir suprasti aplinkos objektus. Žmonės gali iš karto įvertinti aplinką ir atitinkamai veikti, tad jų įvertinimas pagal šią skalę yra aukštas. Tačiau robotų gebėjimų tai daryti įvertinimai yra prasti. Kaip matėme, struktūrų atpažinimas yra viena iš svarbiausių kliūčių kuriant dirbtinį intelektą. Savo aplinką robotai gali jausti daug geriau už žmones, bet neatpažįsta ar nesupranta to, ką mato. Šiuo sąmonės aspektu robotų įvertinimai bus netoli skalės apačios, arti vabzdžių įvertinimų, ir dėl to kaltas jų negebėjimas atpažinti struktūrų.

Kitas, aukštesnis, sąmonės lygis apima savimonės buvimą. Jei priešais gyvūnų patinus pastatysime veidrodį, dauguma jų į tai reaguos agresijos protrūkiu, kai kurie veidrodį gali net pulti. Jame matomas vaizdas tą gyvūną skatina ginti savo teritoriją. Daugelis gyvūnų nesuvokia, kas jie. Tačiau beždžionės, dramblių, delfinai ir kai kurie paukščiai greitai supranta, kad atvaizdas veidrodyje yra jų pačių ir liaujasi pulti. Šiuo atžvilgiu žmonės minėtoje skalėje būtų netoli viršaus, nes turi gerai išvystytą suvokimą, kas jie, palyginti su kitais gyvūnais, kitais žmonėmis ir visu pasauliu. Be to, žmonės taip gerai suvokia save, kad gali patylomis kalbėtis patys su savimi, sugeba mąstydami įvertinti aplinkybes.

Trečia, gyvūnus galima skirstyti pagal jų gebėjimus kurti ateities planus. Kiek žinoma, vabzdžiai nekuria sudėtingų ateities tikslų. Užuoat tai darę, dažniausiai reaguoja į tuo metu susidariusią padėtį, kliaudamiesi instinktais ir iš artimiausios aplinkos gaunamais ženklais.

Tuo požiūriu plėšrūnai yra sąmoningesni už jų aukas. Jie turi planuoti iš anksto, ieškoti vietų pasislėpti, rengti pasalas, tykoti, laukti aukos bėgimo. Aukoms lieka tik bėgti, tad jų įvertinimas pagal tą skalę yra žemesnis.

Be to, primatai, kurdami planus artimiausiai ateičiai, turi savybę improvizuoti. Parodžius bananą, kurio pasiekti negalės, gali pradėti galvoti, kaip jį sugriebti, pavyzdžiui, lazda. Taigi, susidūrę su konkrečiu tikslu (maisto pasiekimu), primatai ims kurti planus artimiausiai ateičiai, kaip tą tikslą pasiekti.

Tačiau apskritai gyvūnai neturi gerai išvystyto tolimos praeities ar ateities pojūčio. Atrodo, gyvūnų pasaulyje rytdienos sąvokos nėra. Neturime duomenų, kad jie galvotų kelioms dienoms į priekį. (Tiesa, gyvūnai kaupia maisto atsargas žiemai, bet tai turi genetinį paaiškinimą: jų genuose užprogramuota į aplinkos temperatūros žemėjimą reaguoti maisto paieškomis.)

Žmonės turi labai gerai išvystytą ateities jausmą, jie visą laiką kuria planus. Mes nuolat modeliuojame tikrovę. Tiesą sakant, turime įprotį svarstyti ir tokius planus, kurie gerokai viršija mūsų gyvenimo trukmę. Taip pat vertiname kitus žmones pagal jų galėjimą numatyti situacijų raidą ir kurti konkrečias strategijas. Svarbi vadovavimo dalis yra numatyti ateities aplinkybes ir galimas pasekmes ir atitinkamai užsibrėžti konkrečius tikslus.

Kitaip sakant, ši sąmonės forma apima ateities prognozavimą, t. y. gebėjimą kurti modelius, kuo artimesnius tam, kas vyks ateityje. Tam reikia labai išlavinto sveiko proto ir gero gamtos dėsnių išmanymo – nuolat klausinėti savęs, kas būtų, jei [...] Nesvarbu, ką planuotume – apiplėšti banką ar siekti prezidento posto, toks planavimas reiškia gebėjimą galvoje kurti įvairius galimos tikrovės modelius.

Visi požymiai rodo, kad gamtoje šį meną įvaldė tik žmonės.

Tai matome ir analizuodami psichologines tiriamų asmenų charakteristikas. Psichologai dažnai lygina psichologines suaugusiųjų charakteristikas su jų charakteristikomis vaikystėje. Tada iškyla klausimas, kokia savybė nulėmė sėkmingas vedybas, karjerą, turto kaupimą ir t. t.

Įvedus socialinių ir ekonominių veiksnių poveikio pataisą, iš kitų charakteristikų kartais išsiskiria užsispyrimas neskubėti gauti atpildą. Valterio Mišelio (*Walter Mischel*) ir daugelio kitų ilgamečiai tyrimai rodo, kad vaikai, turėję valios susilaikyti atpildą gauti tuoj pat (tarkime, pasiimti ir suvalgyti vieną zefyrą) ir reikalavę nors ir vėliau gaunamo, bet didesnio atpildo (ne vieno, o dviejų

zefyrų), visada pasiekdavo geresnių rezultatų beveik pagal visus sėkmės ateityje rodiklius – laikant stojamuosius egzaminus, gyvenime, meilėje, karjeroje.

Tačiau numatymas atpildo gavimą atidėti ateičiai yra susijęs su aukštesniu suvokimo ir sąmoningumo lygiu. Tie vaikai mokėjo modeliuoti ateitį ir suvokti, kad ateityje atpildas bus didesnis. Taigi numatymas, kokios bus veiksmų pasekmės ateityje, reikalauja aukštesnio sąmoningumo lygio.

Todėl visi tyrinėtojai turėtų stengtis sukurti robotą, turintį visas tris minėtas savybes. Pirmą iš jų sukurti sunku: nors robotai ir gali jausti aplinką, bet negali jos suprasti. Su savimone yra lengviau. Ateities planavimui reikia sveiko proto, intuityvaus suvokimo, kas įmanoma, ir konkrečių strategijų užsibrėžtiems tikslams pasiekti.

Taigi matome, kad sveikas protas yra būtina prielaida aukštesniam sąmoningumo lygiui pasiekti. Kad robotas modeliuotų tikrovę ir numatytų ateitį, pirma turi įvaldyti milijonus sveiko proto taisyklių, susijusių su jį supančiu pasauliu. Tačiau vien sveiko proto negana. Sveikas protas nustato veikiau tik „žaidimo“, o ne strategijos ir planavimo taisykles.

Pagal šią vertinimo sistemą galime surikiuoti visus lig šiol sukurtus robotus.

Matome, kad *Deep Blue*, ta šachmatų žaidimo mašina, gaus labai žemą įvertinimą. Žaisdama šachmatais, gali įveikti net pasaulio čempioną, bet nieko daugiau nemoka. Ji modeliuoja tikrovę, bet tik žaisdama šachmatais. Modeliuoti kitokios tikrovės negali. Tai būdinga daugeliui pačių didžiausių pasaulyje kompiuterių. Jie puikiai modeliuoja kokio nors vieno objekto tikrovę (branduolinį sprogimą, vėjo sukurius aplink reaktyvinį lėktuvą ar orų permainas). Tie kompiuteriai daug geriau už žmogų modeliuoja tikrovę. Tačiau jie yra apgailėtinais vienpusiškai, todėl ir netinkami išgyventi realiame pasaulyje.

Šiandien dirbtinio intelekto tyrinėtojai nežino, kaip robotai galėtų kopijuoti šiuos procesus. Dauguma jų kelia rankas ir sako, kad didžiuliai kompiuterių tinklai kažkokiu būdu sukurs „naują reiškinį“, panašiai kaip kad chaosas kartais susitvarko savaime. Tačiau, paklausus, kaipgi „naujas reiškinys“ sukurs tvarką, dauguma jų tik pakelia akis į dangų.

Nors nežinome, kaip sukurti turintį sąmonę robotą, galime įsivaizduoti, kaip turėtų atrodyti robotai, lenkiantys mus pagal šį sąmoningumo matavimo būdą.

Jie turėtų būti labai tobuli trečios ypatybės atžvilgiu, daug geriau už mus sugebėti kurti sudėtingus ateities modelius, įvertinančius daugiau aspektų, daug detalesnius ir gilesnius. Jų sukurti modeliai bus tikslesni už mūsų modelius, nes jie geriau suvoks sveiko proto reikalavimus bei gamtos dėsnius, todėl geriau iššniukštinės struktūras. Numatys kliūtis, kurių galime nepaisyti ar apie jas nežinoti. Be to, patys užsibrėš tikslus. Jei jų tikslai numatys ir pagalbą žmonių giminei, tai viskas bus labai miela ir malonu. Bet jei vieną gražią dieną užsibrėžtų tokius tikslus, kurių siekiant žmonės jiems taptų kliuviniais, to pasekmės galėtų būti labai liūdnos.

Tačiau tada kyla kitas klausimas: kas atsitiks žmonėms pagal šį scenarijų?

KAI ROBOTAI PRANOKSTA ŽMONES

Pagal vieną scenarijų mes, menki žmogeliai, būsime nustumti į šalį kaip evoliucijos reliktas. Toks evoliucijos dėsnis: geriau prisitaikiusios rūšys pakeičia blogiau prisitaikiusias, tad gal ir žmonės, maišant šią evoliucijos kortų malką, gali nuklysti ir galų gale tapti tik zoologijos sodų eksponatais, kur jų pasižiūrėti ateis jų pačių sukurti robotai. Galbūt toks mūsų likimas: sukurti superrobotus, kurie mus laikys tik nesmagumą keliančiu primityviu savo evoliucijos epizodu. Ko gero, toks yra mūsų istorinis vaidmuo – sukurti savo evoliucijos tęsėjus. Šitaip traktuojant, turėtume pasitraukti jiems iš kelio.

D. Hofštateris man sakė, kad tai galima laikyti natūralia raida, tačiau į tuos superprotingus robotus turėtume žiūrėti kaip į savo vaikus, nes tam tikru atžvilgiu jie tokie ir yra. Jei rūpinamės savo vaikais, tai, pasak jo, kodėl negalėtume rūpintis ir protingais robotais, kurie juk irgi mūsų vaikai?

H. Moravecas apmąsto, kaip turėtume jaustis, kai mus aplenks mūsų pačių sukurti robotai: „Gyvenimas gali atrodyti beprasmiškas, jei būsime pasmerkti praleisti jo likutį, kvailai vėpsodami į savo superprotingus palikuonis, kai jie bandys apibūdinti savo vis labiau stulbinančius atradimus ta vaikiška kalba, kurią dar pajėgiami suprasti.“²⁰

Kai pagaliau ateis ta lemtinga diena, ir robotai taps protingesni už mus, mes ne tik kad nebebūsime protingiausios būtybės Žemėje, bet ir mūsų sukurti robotai gali pradėti kurti savo kopijas, kurios bus protingesnės už juos pačius. Ta save kopijuojančių robotų armija tada kurs begalines ateities robotų

kartais, ir kiekviena nauja karta bus protingesnė už ankstesnę. Kadangi robotai teoriškai gali sukurti vis protingesnes robotų kartas per labai trumpą laiką, tai galiausiai šis procesas ims vykti eksponentiškai, kol jie, tenkindami nepasotinamą norą tapti vis protingesni, pradės alinti mūsų planetos išteklius.

Pagal vieną iš scenarijų šis nepasotinamas vis didesnio intelekto troškimas galų gale išsekins visos planetos išteklius, ir visa Žemė taps kompiuteriu. Kai kas mano, kad tie superprotingi robotai tada leis iš kosmosą tęsti didesnio intelekto paiešką, kol pasieks kitas planetas, žvaigždes ir galaktikas, siekdami paversti kompiuteriais. Tačiau planetos, žvaigždės ir galaktikos yra taip neįtikėtinai toli, tad galbūt kompiuteris pakeis fizikos dėsnius, kad jie galėtų judėti greičiau už šviesą ir užvaldyti ištisas žvaigždžių sistemas ir galaktikas. Yra net manančių, kad galėtų užvaldyti visą Visatą; tada ir Visata taptų protinga.

Tai yra „singularumas.“ Šis žodis atkeliavo iš reliatyvistinės fizikos, kuri yra mano specialybė, pasaulio. Jame singularumas reiškia begalinės gravitacinės jėgos tašką, iš kurio jau niekas nebegali ištrūkti, tai yra horizontas, už kurio jau nieko nebegalime matyti.

Mintis apie dirbtinio intelekto singularumą pirmą kartą buvo iškelta 1958 m., kalbantis dviem matematikams – Stanislavui Ulamui (*Stanislaw Ulam*), kuris padarė svarbiausią proveržį, konstruojant vandenilinę bombą, ir Džonui fon Noimanui (*John von Neumann*). S. Ulamas rašė: „Viename mūsų pokalbyje daugiausia dėmesio buvo skirta vis spartėjančiai technikos pažangai ir žmonių gyvenimo būdo pokyčiams, nes atrodo, kad dėl to žmonių giminių istorijoje artėja kažkoks esminis singularumas, už kurio žmonių reikalai dabartiniu pavidalu nebegalės tęstis.“²¹ Įvairūs šios minties variantai buvo aptarinėjami kelis dešimtmečius, o vėliau pagausinti ir išpopuliarinti mokslinės fantastikos kūrėjo bei matematiko V. Vindžio romanuose ir apybraižose.

Nepaisant to, lieka neatsakytas pats svarbiausias klausimas – kada tai įvyks, kada singularumas taps tikrove? Gal dar iki mūsų gyvenimo pabaigos? Gal kitame šimtmetyje? O gal niekada? Prisiminkime, kad 2009 m. įvykusios Asilomaro konferencijos dalyviai manė, jog tai gali įvykti bet kuriuo momentu po 20–1000 m.

Ryškesniausiu singularumo idėjos propaguotoju tapo išradėjas ir bestselerių autorius Rėjus Kurcveilis (*Ray Kurzweil*). Jis linkęs daryti prognozes, grindžiamas eksponentiniu technikos augimu. Jis kartą man sakė: kai naktį žiūri į

tolimas žvaigždes, pagalvoji, kad gal būtų galima išvelgti kokių nors kosminių įrodymų, jog singularumas iš tikrųjų reiškiasi kokioje nors tolimoje galaktikoje. Kadangi jis praryja ar pertvarko ištisas žvaigždžių sistemas, tai šis greitai besiplečiantis singularumas turėtų palikti kokių nors pėdsakų. (Jo peikėjai ir kritikai tvirtina, kad tą singularumą propaguoja vos ne su religiniu įkarščiu. Šalininkai sako – mokslininkas pasižymi slėpinga galia teisingai numatyti ateitį – tai rodo visa ligšiolinė veikla.)

R. Kurcveilis įgijo patirties dalyvaudamas kompiuterių revoliucijoje. Jis steigė kompanijas, veikiančias įvairiose srityse: kalbos atpažinimo technologijų, optinių ženklų atpažinimo, elektroninių klavišinių muzikos instrumentų. 1999 m. jis parašė bestselerį „Dvasingų mašinų amžius: kai kompiuteriai pranoks žmogaus intelektą“ (*The Age of Spiritual Machines: When Computers Exceed Human Intelligence*). Jame prognozavo, kada robotai mus pranoks savo intelektu. 2005 m. parašytoje knygoje „Singularumas jau arti“ (*The Singularity Is Near*) prognozes detalizavo. Pasak jo, ta lemtinga diena, kai kompiuteriai pranoks žmogaus intelektą, ateis keliais etapais.

2019 m. asmeninis kompiuteris už 1000 dol. savo pajėgumu prilygs žmogaus smegenims. Truputį vėliau kompiuteriai mus jau pralenks. 2029 m. asmeninis kompiuteris už 1000 dol. bus 1000 kartų galingesnis už žmogaus smegenis, o 2045 m. toks kompiuteris 1 mlrd. kartų pranoks visų žmonių intelektą. Net maži kompiuteriai tada pranoks visos žmonių giminės sugebėjimus.

Po 2045 m. kompiuteriai ištobulės taip, kad pradės daryti savo pačių kopijas, kurių intelektas nepalaujamai didės, ir tai sukurs nesustabdomą singularumą. Siekdami patenkinti savo nesustabdomą kompiuterinio pajėgumo didinimo troškimą, jie pradės ryti Žemę, asteroidus, planetas, žvaigždes ir net paveiks kosmologinę pačios Visatos istoriją.

Turėjau progos apsilankyti pas R. Kurcveilį jo biure Bostono užmiestyje. Eidamas koridoriais, mačiau jo gautus apdovanojimus ir garbės ženklus bei keletą iš jo sukonstruotų muzikos instrumentų, kuriuos naudoja ir geriausi muzikantai, sakykime, Stivis Vonderis (*Stevie Wonder*). Mokslininkas pasakė, kad jo gyvenime buvo ryškus posūkis. Tai atsitiko, kai netikėtai diagnozavo II tipo diabetą; tada jis buvo tik 35 metų. Taip akis į akį susidūrė su niūria tikrove: nelemta sulaukti išsipildančių savo prognozių. Jo kūnas, kurio daug metų reikiamai neprižiūrėjo, nuseno labiau, nei derėtų tokiam amžiui.

Išgąsdintas tokios diagnozės, rūpintis savo sveikata ėmėsi su tokiu pat uolumu ir energija, kaip iki tol triūsė kompiuterių revoliucijoje. (Dabar kasdien surija daugiau kaip po 100 tablečių ir jau spėjo parašyti kelias knygas apie ilgaamžiškumo revoliuciją. Jis tikisi, kad revoliucinė pažanga, kuriant mikroskopinius robotus, leis taip išvalyti žmogaus kūną ir sutaisyti gedimus, kad galėsime gyventi amžinai. Jis pats norėtų gyventi tiek, kad sulauktų tokios medicinos pažangos, kuri įgalintų neribotai pailginti gyvenimo trukmę. Kitaip sakant, nori gyventi tol, kol sulauks to meto, kai galėsime gyventi amžinai.)

Neseniai jis ėmėsi didžiulio plano *NASA* Eimzo laboratorijoje San Francisko įlankos rajone kurti Singuliarumo universitetą, kuris rengtų mokslininkus vykdyti pasirengimus artėjančiam singuliarumui.

Yra daug šių įvairių temų variantų ir derinių.

R. Kurcveilis mano taip: „Tai nebus iš kažkur atėjusių protingų mašinų invazija. Mes susiliesime su ta technika [...] Tuos protingus įtaisus įtersime į savo kūnus ir smegenis, kad gyventume ilgiau ir būtume sveikesni.“²²

Tokia prieštaringa idėja, kaip singuliarumas, negali nesukelti neigiamos reakcijos. Mičas Kaporas (*Mitch Kapor*), *Lotus Developmant Corporation* įkūrėjas, sako, kad singuliarumas yra „protingas projektas žmonėms, kurių IQ ne mažesnis už 140 [...] Siūlymas veržtis prie to taško, kuriame viskas bus visiškai kitoniška, mano nuomone, yra varomas religinio pobūdžio paskatų. Ir joks įnirtingas mojavimas rankomis man neužgoš to fakto.“²³

D. Hofštateris pasakė: „Tai tas pats, kaip kad paimti daug gero maisto bei truputį šuns išmatų ir gerai sumaišyti, kad nebūtų galima atskirti gerų ir blogų sudedamųjų mišinio dalių. Tai kruopščiai sumaišytas gerų ir niekam tikusių idėjų mišinys, kuriame labai sunku jas atskirti, nes tą mišinį rengė protingi žmonės, o ne kokie nors kvailiai.“²⁴

Niekas nežino, kaip visa tai vyks. Man atrodo, kad tikėtiniausias scenarijus būtų toks.

TIKĖTINIAUSIAS SCENARIJUS: DRAUGIŠKAS DIRBTINIS INTELEKTAS

Mokslininkai greičiausiai pirmiausia ims paprastų priemonių užtikrinti, kad robotai netaptų pavojingi. Mažų mažiausiai gali įdėti į roboto smegenis mikroschemą, kuri automatiškai juos išjungtų, kai tik pastaruosius apniktų

žmogūdiškos mintys. Šiuo būdu visi protingi robotai turėtų patikimą mechanizmą, kurį galėtų įjungti žmogus bet kuriuo metu, ypač kai roboto elgesys taptų įtartinas. Kilus net menkiausiam įtarimui, kad robotas veikia blogai, pakaktų vieno žodžio išjungti.

Galėtų būti sukurti ir specialūs robotai medžiotojai nukrypusiems nuo normos robotams neutralizuoti. Tie specialiai turėtų būti greitesni, stipresni ir geriau koordinuoti už tuos, kuriuos turėtų medžioti. Būtų sukonstruoti taip, kad žinotų silpnąsias bet kokių robotų sistemų vietas, ir kaip jos elgiasi tam tikromis sąlygomis. Tą patį gali daryti ir specialiai apmokyti žmonės. Filme „Likvidatorius“ (*Blade Runner*) specialiai apmokyti agentai, įskaitant ir tą, kurį vaidina Harisonas Fordas (*Harrison Ford*), yra gerai įsisavinę metodus, kaip neutralizuoti robotus niekšus.

Kadangi prisireiks daug dešimtmečių įtempto darbo, kol robotai pakils evoliucijos laiptais, tai nebus tokio staigaus, netikėto momento, kai, praradę budrumą, žmonės būtų kaip kokie gyvuliai suvaryti į zoologijos sodus. Sąmonė, kaip aš ją suvokiu, yra veikiau procesas, kurio pažangą galima įvertinti pagal nusistatytą mastelį, negu staigus evoliucijos įvykis.

Robotams staigiai pakilti sąmoningumo laiptais reikės daug dešimtmečių. Juk šiaip ar taip žmogaus sąmonę net Motulė Gamta ugdė milijonus metų. Tad žmonės vieną gražią dieną nebus netikėtai užklupti nepasirengę, kai internetas nelauktai „prabus,“ ar kai robotai staiga pradės savo veiklą planuoti patys.

O štai variantas, kuriam pirmenybę teikė rašytojas fantastas Aizekas Azimovas (*Isaac Asimov*). Jis prognozavo, kad kiekvienam robotui dar gamykloje bus įdiegtos trys taisyklės, neleidžiančios tapti nevaldomam. Autorius suformulavo pagarsėjusias tris robotikos taisykles, kurios neleistų jiems daryti žalos sau ar žmonėms. (Jos teigia: robotai negali kenkti žmonėms, privalo jiems paklusti ir privalo gintis patys – būtent tokia eilės tvarka.)

(Tačiau, net ir laikantis šių trijų A. Azimovo taisyklių, gali imti reikštis tarpusavio prieštaravimai. Pavyzdžiui, jei kas nors sukurtų geranorišką robotą, tai kas atsitiktų, jei žmonija pasirinktų tokius savęs naikinimo būdus, kurie galėtų kelti pavojų visos žmonijos giminės išlikimui? Juk tada draugiškai nusi-teikęs robotas galėtų jausti, jog privalo perimti valdžią, kad sukliudytų žmoni-jai pakenkti sau.

Kaip tik su tuo ir susidūrė Vilis Smitas (*Will Smith*) A. Azimovo knygos „Aš, robotas“ (*I, Robot*) ekranizacijoje, kai centrinis kompiuteris nusprendžia: norint išgelbėti žmoniją, „reikia paaukoti kai kuriuos žmones ir atsisakyti kai kurių laisvių.“ Siekiant neleisti robotams pavergti mus, turint tikslą mus išgelbėti, atsirado siūlančių įvesti dar vieną, pačią svarbiausią, nulinę robotikos taisyklę: robotai negali kenkti žmonių giminei ar ją pavergti.)

Tačiau daugelis mokslininkų linksta prie to, ką galima vadinti „draugišku dirbtiniu intelektu,“ kai robotus kurtume tokius, kad jie nuo pat pradžių mums būtų malonūs. Kadangi esame tų robotų kūrėjai, kursime tokius, kad jie vykdytų tik mums naudingas ir geranoriškas užduotis.

Terminą *draugiškas dirbtinis intelektas* sugalvojo Eliazaras Judkovskis (*Eliezer Yudkowsky*), Dirbtinio intelekto singuliarumo instituto įkūrėjas. Draugiškas dirbtinis intelektas truputį nepavaldu A. Azimovo taisyklėms, kurios jėga primetamos robotams, gal net prieš jų valią. (A. Azimovo taisyklės, primestos iš išorės, gali net paskatinti robotus ieškoti išradimų būdų jų išvengti.) Draugiškame dirbtiname intelekto, priešingai, robotams leidžiama žudyti ir kelti sumaištį. Nėra jokių taisyklių, primetančių dirbtinę moralę. Geriau tuos robotus iš pat pradžių sukonstruoti taip, kad trokštų žmonėms padėti, o ne kenkti. Jie pasirenka būti geranoriški.

Nuo to ir prasidėjo nauja sritis, vadinama socialine robotika. Jos tikslas – suteikti robotams tokias savybes, kurios padėtų integruotis į žmonių visuomenę. Pavyzdžiui, *Hanson Robotics* kompanijos mokslininkai pareiškė, kad vienas iš jų tyrimų tikslų yra kurti tokius robotus, kurie „taptų socialiai sąmoningomis būtybėmis, galinčiomis mylėti ir vertomis tapti žmonių didžiosios šeimos nariais“.²⁵

Tačiau visi šie būdai turi vieną bendrą trūkumą: stambiausi dirbtinio intelekto tyrimų finansuotojai yra kariškiai, o karinių robotų paskirtis yra medžioti, persekioti, žudyti žmones. Nesunku įsivaizduoti ateities karius robotus, kurių darbas – aptikti priešus ir kuo greičiau sunaikinti. Tada reikės imtis ypatingų atsargumo priemonių siekiant užtikrinti, kad tie robotai neatsisuktų prieš savo šeimininkus.

Sakykime, nepilotuojamas lėktuvas *Predator* valdomas nuotoliniu būdu – jo judėjimą visą laiką reguliuoja žmonės, bet gali ateiti laikas, kai tokie lėktuvai taps savarankiški ir taikinius pasirinks patys savo nuožiūra. Koks nors tokių savarankiškų lėktuvų sutrikimas gali turėti pražūtingų pasekmių.

Tačiau ateityje vis daugiau lėšų robotams kurti bus gaunama iš civilinio komercinio sektoriaus, ypač Japonijoje, kur robotai kuriami veikiau žmonėms padėti, o ne kažką griauti, naikinti. Jei ši tendencija tęsis, tai, ko gero, draugiškas dirbtinis intelektas taps tikrove. Pagal šį scenarijų vartojimo sektorius ir rinkos jėgos ilgainiui taps vyraujančiais robotikos srityje, tad atsiras didelis komercinis poreikis investuoti į draugiško dirbtinio intelekto kūrimą.

SUSILIEJIMAS SU ROBOTAIS

Be draugiško dirbtinio intelekto yra ir kita galimybė – su mūsų kūriniais susilieti. Užuoat sėdėję ir laukę, kada robotai intelektu ir pajėgumu mus pralenks, turėtume stiprinti save ir tapti antžmogiais. Mano nuomone, labiausiai tikėtina, kad ateityje bus siekiama šių abiejų tikslų – kurti draugišką dirbtinį intelektą ir kartu tobulinti save.

Šią galimybę tyrinėjo Rodnis Bruksas (*Rodney Brooks*), buvęs garsiosios Masačusetso technologijos instituto Dirbtinio intelekto laboratorijos direktorius. Jis buvo netradicinių pažiūrų žmogus, atmetęs visų mėgstamas, bet sustabarėjusias idėjas ir įnešęs į šią tyrimų sritį daug naujovių. Kai atėjo į šią sritį, daugumoje universitetų vyravo hierarchinis, iš viršaus į apačią būdas, tačiau tyrimus buvo apėmusi stagnacija.

R. Bruksas daug ką nustebino, kai paragino kurti armiją panašių į vabzdžius robotų, kurie mokytųsi iš apačios į viršų būdu, tiesiogiai susidurdami su kliūtimis. Jis nenorėjo ir toliau kurti kvailų gremėzdiškų robotų, kurie per kambarį eitų ne vieną valandą. Vietoj jų kūrė vikrius vabzdžių ar vabalėlių pavidalo robotukus, beveik neturinčius programinės įrangos, bet greitai išmokstančius vaikščioti ir apeiti kliūtis bandymų ir klaidų metodu. Mokslininkas svajojo, kad ateis diena, kai jo robotai tyrinės Saulės sistemą, susidurdami su įvairiomis kliūtimis.

Tai buvo keista idėja, siūloma jo apybraižoje „Greiti, pigūs ir nevaldomi“ (*Fast, Cheap, and Out of Control*), bet šis būdas ilgainiui atvedė prie daugelio naujų kelių. Vienas iš šalutinių šios idėjos produktų yra marsaeigiai (*Mars Rovers*), šiuo metu šmirinėjantys Raudonosios planetos paviršiuje. Nieko nuostabaus, kad jis tapo ir *iRobot* kompanijos, reklamuojančios panašius į vabalus dulkių siurblius, skirtus šalies namų ūkiams, valdybos pirmininku.

R. Bruksio nuomone, blogiausia, kad kuriantys dirbtinį intelektą pasiduo-
da madingiems trumpalaikiams susižavėjimams, griebiasi tuo metu populiarių
paradigmų, užuot ieškoję naujų idėjų. Jis prisimena: „Kai buvau dar vaikas, tu-
rėjau knygelę, kurioje smegenys buvo apibūdinamos kaip telefono tinklas. Dar
senesnėse knygose jos buvo lyginamos su kokia nors hidrodinamine sistema ar
garo mašina. Vėliau, XX a. septintajame dešimtmetyje, lyginamos su skaitmeni-
ne skaičiavimo mašina, o devintajame dešimtmetyje – su daugeliu paraleliai vei-
kiančių skaitmeninių skaičiavimo mašinų. Greičiausiai jau yra knygų vaikams,
kuriose rašoma, kad smegenys panašios į pasaulinį žiniatinklį.“²⁶

Kai kurie istorikai pastebėjo, jog Zigmundo Froido (*Sigmund Freud*) sukur-
tai psichoanalizei turėjo įtakos garo mašinos pasirodymas. Geležinkelių tinklo
plitimas Europoje XIX a. antroje pusėje labai paveikė intelektualų mąstyseną.
Z. Froido nuomone, smegenyse yra energijos srautų, kurie nuolat konkuruoja
su kitais srautais, panašiai kaip garo vamzdžiai garo mašinoje. Nuolatinė *super-
ego*, *id* ir *ego* sąveika smegenyse panaši į nuolatinę garo vamzdžių sąveiką loko-
motyve. O tai, kad tų energijos srautų smegenyse slopinimas gali sukelti neu-
rozes, yra analogiška tam, kad negalinčio prasiveržti garo jėga sukelia sprogimą.

M. Minskis man sakė, kad daug metų šią sritį neteisinga kryptimi vei-
kė dar viena paradigma. Kadangi daugelis dirbtinio intelekto kūrėjų – buvę
fizikai, yra dalykas, vadinamas fizikų troškimu. Tai noras surasti kažką, kas
sudarytų viso intelekto pagrindą. Fizikai trokšta, sekdami Albertu Einšteinu
(*Albert Einstein*), fizikinę visatą redukuoti į keletą viską sujungiančių lygčių,
o gal net rasti tokią poros centimetrų ilgumo lygtį, kuri galėtų apibendrinti
Visatą ir išreikšti viena aiškia sąvoka.

M. Minskio nuomone, kaip tik šis troškimas paskatino dirbtinio intelek-
to tyrinėtojus ieškoti viską suvienijančio sąmonės prado. Jis mano, kad tokio
prado apskritai nėra. Evoliucija paskubomis ir kaip pakliuvo sujungė keletą
įvairių būdų ir sukūrė tai, ką dabar vadiname sąmone. Išskaidę smegenis į
dalis, gausime silpnai tesusietų mikrosmegenių rinkinį; kiekvienos jų sukurtos
atlikti konkrečią užduotį. Jis tai vadina protų bendruomene, tvirtina, kad są-
monė iš tikrųjų yra daugelio atskirų algoritmų ir metodų, kuriuos gamta per
milijonus metų atsitiktinai aptiko, suma.

R. Bruksas irgi ieškojo panašios paradigmos, tik tokios, kuri niekada
anksčiau nebuvo iširta kaip reikiant. Jis greitai suprato, kad Motulė Gamta

ir evoliucija jau išsprendė daugelį tų dalykų. Tarkime, uodas, turintis tik kelis šimtus tūkstančių neuronų, veiklos efektyvumu gali pralenkti pačias galinčiausias karinių robotų sistemas. Kitaip nei nepilotuojami lėktuvai, uodai, kurių smegenys mažesnės už smeigtuko galvutę, pajėgia savarankiškai judėti tarp kliūčių, susirasti maisto ir priešingos lyties partnerį. Tai kodėl nesimokyti iš gamtos ir biologijos? Kildami evoliucijos laiptais, pamatysime, kad vabzdžiai ir pelės neturi smegenyse suprogramuotų logikos taisyklių. Jie įsitvirtino šiame pasaulyje ir įvaldė išgyvenimo meną bandymų ir klaidų metodu.

Dabar jis turi kitą eretišką idėją, aprašytą apybraižoje „Kūno ir mašinų susiliejimas“ (*The Merger of Flesh and Machines*). Kūrėjas pažymi, kad senosios Masačusetso technologijos instituto laboratorijos, kūrusios silicio komponentus pramoniniams ir kariniams robotams, šiuo metu yra išvalytos, ir jose jau galima kurti naujos kartos robotus. Šie bus padaryti ne tik iš silicio ir plieno, bet ir iš gyvų audinių. Jis prognozuoja visiškai naujos kartos robotus, sujungiančius biologines ir elektronines sistemas: bus sukurta visiškai nauja robotų architektūra.

R. Bruksas rašo: „Manau, 2100 m. visose kasdieninio gyvenimo srityse turėsime labai protingų robotų. Tačiau nuo jų nebūsime atsiskyrę: ne, veikiau tapsime robotų dalimis ir būsime sujungti su kitais robotais.“²⁷

Jis mano, kad tai vyks etapais. Šiandien vyksta revoliucinės protezavimo permainos: elektronikos elementai įstatomi tiesiai į žmogaus kūną, jie tampa klausos, regėjimo ir kitų organų pakaitais. Dirbtinė ausies sraigė lėmė revoliucinius audiologijos pakitimus – grąžino klausą apkurtusiems. Tokia sraigė elektronines detales sujungia su biologinėmis „detalėmis“ – neuronais.

Sraigės implantas susideda iš kelių dalių. Už ausies pritvirtinamas mikrofonas. Priimamas garso bangas jis apdoroja ir radijo bangomis perduoda į implantą, chirurginiu būdu įstatomą į ausies vidų. Implantas signalus priima ir paverčia elektros srove, kuri patenka į ausyje esančius elektrodus. Tuos elektros impulsus sraigė atpažįsta ir siunčia į smegenis. Implantai gali naudoti iki 24 elektrodų ir apdoroti pustuzinio dažnių signalus; to pakanka atpažinti žmogaus balsą. Tokius implantus šiuo metu jau turi 150 000 žmonių visame pasaulyje.

Kelios tyrinėtojų grupės ieško būdų padėti akliesiems. Jos kuria dirbtinį regėjimą, filmavimo kamerą sujungdamos su smegenimis. Vienas iš būdų yra tiesiogiai įmontuoti į tinklainę silicio mikroschemą ir prijungti prie tinklainės neuronų.

Taikant kitą būdą, mikroschema specialiu kabeliu sujungiama su užpakaline kaukolės dalimi, kurioje smegenys apdoroja regėjimo signalus. Tų grupių mokslininkai pirmą kartą žmonijos istorijoje iš dalies atkūrė aklujų regėjimą. Jų pacientai matė iki 50 priešais juos pasirodančių šviesos taškelį. Ilgainiui mokslininkams turėtų pavykti šį rezultatą pagerinti taip, kad jie galėtų matyti tūkstančius tokių taškelį.

Tie pacientai jau gali matyti fejerverkus, savo rankų ir daiktų kontūrus, šviečiančius objektus ir šviesas, pastebi automobilių ir žmonių buvimą. Viena iš tiriamųjų pacienčių, Linda Morfut (*Linda Morfoot*), sako: „Stebėdama beisbolo Mažosios lygos komandų varžybas, jau galiu matyti, kur yra kamuoliuko mušėjas, gaudytojas ir teisėjas.“²⁸

Kol kas 30 pacientų įstatytos dirbtinės tinklainės, turinčios iki 60 elektrodų. Tačiau Energetikos ministerijos Dirbtinės tinklainės projektas, kurio pagrindinis vykdytojas yra Pietų Kalifornijos universitetas, jau planuoja naują sistemą, turinčią daugiau kaip 200 elektrodų. Nagrinėjama ir įtaiso, turinčio 1000 elektrodų, galimybė (jei mikroschemoje bus per daug elektrodų, gali perkaisti tinklainė).

Toje sistemoje mažytė kamera, įtaisyta aklo žmogaus akiniuose, filmuoja ir belaidžiu ryšiu siunčia vaizdus į mikroprocesorių, pritvirtintą prie diržo, kuris perduoda informaciją į mikroschemą, esančią tinklainėje. Ta mikroschema siunčia silpnus impulsus tiesiai į tinklainės nervus, kurie dar tebeveikia; šitaip yra apeinamos nebeveikiančios tinklainės ląstelės.

„ŽVAIGŽDŽIŲ KARŲ“ ROBOTO RANKA

Naudojant mechanines stiprinimo priemones, galima pakartoti ir mokslinės fantastikos triukus, įskaitant filmo „Žvaigždžių karai“ roboto ranką, ir Supermeno regėjimą rentgeno spinduliuose. Filme „Imperija kontratakuoja“ (*The Empire Strikes Back*) Luko Skaivokerio ranką šviesos kardų nukirto niekšas Dartas Vaderis, jo tėvas. Tačiau tai ne bėda, nes šios tolimos galaktikos mokslininkai kaipmat sukūrė naują mechaninę ranką, kurios pirštai galėjo liesti ir jausti.

Nors atrodo, jog tai tik mokslinė fantastika, bet tokių dalykų jau yra. Toli pažengę Italijos ir Švedijos mokslininkai – jie jau sukūrė roboto ranką, galinčią „jausti.“ Vienas iš pacientų, 22 m. Robinas Ekenstamas (*Robin Ekenstam*), ku-

riam dėl vėžinio naviko buvo amputuota dešinė ranka, dabar gali valdyti savo mechaninių pirštų judesius ir jausti atsaką.

Gydytojai rankos nervus sujungė su mikroschemomis, esančiomis mechaninėje rankoje, todėl smegenimis jis gali valdyti pirštų judesius. Ta dirbtinė „išmanioji ranka“ turi keturis varikliukus ir 40 daviklių. Mechaninių pirštų judesiai tada perduodami į smegenis, tad jis turi grįžtamąją ryšį. Šitaip jis valdo ir „jaučia“ rankos judesius. Kadangi grįžtamasis ryšys yra viena iš esminių kūno judesių ypatybių, tai gali lemti revoliucines požiūrio į žmonių su galūnių protezais traktavimo permainas.

R. Ekenstamas sako: „Tai puiku. Vėl jaučiu tai, ko taip ilgai nejaučiau. Jutimai vėl sugrįžta. Jei kažką tvirtai suimu, jaučiu pirštų galiukais; tai išties keista, nes pirštų juk nebeturiu.“²⁹

Vienas iš tyrinėtojų, Kristianas Čiprianis (*Christian Cipriani*) iš prestižinio Pizos universiteto *Scuola Superiore Sant'Anna*, sako: „Pirma, smegenys valdo mechaninę ranką be jokių raumenų susitraukimų. Antra, ranka palaiko grįžtamąją ryšį su pacientu, todėl jis ir jaučia ranką, tarsi ją tebeturėtų.“

Tokie pasiekimai yra svarbūs, nes reiškia, kad ateis laikas, kai žmonės galės mechanines galūnes be jokių pastangų valdyti taip, tarsi jos būtų natūralios, iš kaulų ir audinių. Užuoat nuobodžiai treniravęsi judinti metalines rankas ir kojas, žmonės mechanines galūnes laikys natūraliomis, elektroniniais grįžtamojo ryšio mechanizmais jaus menkiausią tų sąnarių judėjimą.

Tai patvirtina ir teoriją, kad smegenys yra nesustabarėjusios, jų viduje ryšiai visą laiką kinta, joms mokantis naujų užduočių ir taikantis prie naujų situacijų. Todėl jos prisitaikys prie bet kokios naujos galūnės ar jutimo organo. Jie gali būti prijungti prie smegenų įvairiose vietose, ir smegenys „mokosi“ valdyti tuos naujus priedėlius.

Jei taip yra iš tikrųjų, tada smegenis galima laikyti moduliniu įtaisu, galinčiu įsijungti ir valdyti įvairius papildymus bei įvairių prietaisų daviklius. Tokio elgesio galima laukti, jei mūsų smegenys yra savotiškas nervų tinklas, kuriame atsiranda nauji ryšiai ir nervų takai, kai jos mokosi bet kokios naujos užduoties.

R. Bruksas rašo: „Per ateinančius 10 ar 20 m. įvyks kultūrinis pokytis, kai įsileisime į savo kūnus robotų technologijas, silicį ir plieną, kad padidintume sugebėjimus ir pasaulio supratimą.“³⁰ Išanalizavęs Brauno ir Djuko universi-

tetų pasiekimus, tiesiogiai prijungiant smegenis prie kompiuterio ar mechaninės rankos, jis daro išvadą: „Belaidžio interneto ryšį turėtume įdiegti tiesiai į smegenis.“

Kūrėjo nuomone, kitame etape, silicio detales sujungiant su gyvomis ląstelėmis, bus ne tik gydomi kūno negalavimai, bet ir pamažu didinami žmogaus gebėjimai. Pavyzdžiui, dabartiniai ausies sraigės ar tinklainės implantai gali atkurti klausą ir regėjimą, o ateities implantai gali suteikti ir antžmogiškų galių. Galbūt galėsime girdėti garsus, kuriuos dabar girdi tik šunys, ar matyti ultravioletiniuose, infraraudonuose ir rentgeno spinduliuose.

Gali būti įmanoma padidinti ir intelektą. R. Bruksas cituoja tyrimus, kuriuose kritišku žiurkės vystymosi metu smegenys buvo papildytos neuronų sluoksniais. Pažymėtina, kad tada padidėjo ir kognityvinė jų geba. Jis numato: artimiausioje ateityje panašiai bus galima padidinti ir intelektinius žmogaus smegenų gebėjimus. Kitame skyriuje matysime, kad biologai jau išskyrė žiurkių geną, kurį žiniasklaida pavadino *protingu pelių genu*. Gavusių šį geną pelių atmintis ir mokymasis pagerėjo.

R. Bruksas mano, kad apie šio šimtmečio vidurį galbūt bus įmanoma iš pažiūros fantastiškai stiprinti mūsų kūno gebėjimus – jie tada labai pranoks eilinio žmogaus. Esą po 50 m. galima laukti radikalių žmogaus kūno pokyčių, genetiškai modifikavus savybes.³¹ Jei sustiprinsime ir elektroninėmis priemonėmis, tai tada, pasak jo, žmonių įvairovė padidės tiek, kad šiandien net neįmanoma įsivaizduoti. Tada mūsų jau neberibos Čarlzo Darvino (*Charles Darwin*) evoliucijos apibrėžtis.

Tačiau, siekiant bet ko, galima nueiti ir per toli. Tad kaip toli turėtume nueiti, susiliedami su robotais, kol kai kurie žmonės užprotestuos, nes tai jiems kels pasibjaurėjimą?

PAKAITAI IR ĮSIKŪNIJIMAI

Vienas iš būdų žmonėms susiliesti su robotais, nekeičiant savo kūno, yra pakaitų ir įsikūnijimų kūrimas. Filme „Svetimas kūnas“, kuriame pagrindinį vaidmenį atlieka Briusas Vilisas (*Bruce Willis*), rodoma, kad 2017 m. mokslininkai jau yra suradę būdą, leidžiantį žmonėms taip valdyti robotus, tarsi būtų tų robotų viduje, todėl jie turi galimybę gyventi puikiuose kūnuose.

Toks robotas reaguoja į kiekvieną komandą, žmogus taip pat mato ir jaučia viską, ką mato ir jaučia robotas. Nors mūsų mirtingi kūnai vysta ir nyksta, galime valdyti savo pakaitų robotų judesius, o robotai yra daug stipresni už žmones ir puikiai atrodo. Tame filme komplikacijų atsiranda dėl to, kad žmonės yra linkę nugyventi savo gyvenimą kaip puikūs, gražūs ir baisiai stiprūs robotai, atsisakę savo silpstančių kūnų, kurie dėl patogumo yra paslepiami. Žmonės verčiau tampa robotais, užuot stoję į akistatą su tikrove.

Filme „Įsikūnijimas“ einama dar toliau. Užuot gyvenę savo gyvenimą tobulų robotų pavidalu, 2154 m. galėsime gyventi jau kaip svetimos būtybės. Šiame filme mūsų kūnai dedami į ypatingus gaubtus, todėl galime valdyti specialiai klonuotų svetimų kūnų judesius. Tam tikru požiūriu gauname visiškai naujus kūnus gyventi naujoje planetoje. Toks būdas padeda geriau bendrauti su kitų planetų gyventojais. Šio filmo intriga paaštrėja, kai vienas darbininkas nusprendžia palikti žmoniją ir nugyventi gyvenimą kaip svetimos planetos būtybė, ją ginanti nuo samdomų užkariautojų.

Nors tie pakaitai ir įsikūnijimai šiandien dar neįmanomi, bet ateityje padėtis gali pasikeisti.

Neseniai *ASIMO* robotas buvo suprogramuotas taip, kad įgytų naują savybę – nuotolinį jutimą. Kioto universitete žmonės buvo išmokyti valdyti mechaninius robotų judesius, naudojant daviklius smegenyse. Pavyzdžiui, užsidėję EEG šalną, studentai gali judinti *ASIMO* rankas ir kojas vien tik mintimis. Kol kas įmanomi tik keturi rankų ir galvos judesiai; tai gali atverti duris į kitą dirbtinio intelekto pasaulį – mintimis valdomus robotus.

Nors tai tik apytikris minties pranašumo prieš medžiagą, dvasios prieš materiją įrodymas, ateinančiais dešimtmečiais gali tapti įmanoma padidinti robotų judesį, kuriuos galime valdyti, skaičių. Taip pat galime gauti ir grįžtamąjį ryšį – tada savo naujomis robotų rankomis galėsime ir „jausti.“ Akiniai ar kontaktiniai lęšiai leis matyti tai, ką mato robotai, todėl ilgai galime išmokyti visiškai valdyti kūno judesius.

Tai irgi gali palengvinti imigraciją Japonijoje. Darbininkai gali būti įvairiose šalyse, tačiau smegenų davikliais valdyti už tūkstančių kilometrų esančius robotus. Internetas galės perduoti ne tik protinio darbo darbuotojų, bet ir fizinio darbo darbininkų mintis ir jas paversti fiziniais judesiais. Tai gali

reikšti, kad robotai taps neatsiejama dalimi bet kurios šalies, kamuojamos itin didėjančių sveikatos apsaugos išlaidų ir darbininkų stygiaus.

Robotų valdymas nuotoliniu būdu gali susilaukti pritaikymo ir kitur. Bet kuriose pavojingose aplinkose (pavyzdžiui, po vandeniu, netoli aukštos įtampos linijų, gesinant gaisrus) žmonių mintimis valdomi robotai gali būti naudojami gelbėjimo misijoms. Povandeniniai robotai gali būti tiesiogiai sujungti su žmonėmis, tad jie vien tik mintimis gali valdyti daug plaukiojančių robotų. Kadangi žmonių pakaitai bus žymiai stipresni už pačius žmones, juos bus galima panaudoti persekiojant nusikaltėlius (jei tik pastarieji neturi tokių pat pakaitų). Galima pasinaudoti visais susiliejo su robotais pranašumais, nė kiek nekeičiant savo kūno.

Šitoks variantas iš tikrųjų gali būti naudingas vykdant kosminius tyrimus, ypač kai reikės dirbti nuolatinėje bazėje Mėnulyje. Mūsų pakaitai gali atlikti visus pavojingus tos bazės tvarkymo darbus, astronautams saugiai esant Žemėje. Astronautai, tirdami pavojingą svetimos planetos paviršių, naudosis ypatingomis robotų jėgomis. (To nepavyks padaryti, jei astronautai iš Žemės norės valdyti savo pakaitus Marse, nes radijo signalams prisireiks iki 40 min. nuo Žemės pasiekti Marsą ir sugrįžti. Tačiau tai veiks kuo puikiau, jei astronautai saugiai sėdės nuolatinėje bazėje Marse, o jų pakaitai iš tos bazės išeis atlikti pavojingų užduočių planetos paviršiuje.)

KIEK GALIMA SUSILIETI SU ROBOTAIS?

Robotų kūrimo pradininkas H. Moravec žengia dar keletą žingsnių pirmyn ir įsivaizduoja kraštutinį variantą, kai mes patys tampame tokiais pat robotais, kokius kuriame. Jis man aiškino, kaip galėtume susilieti. Tam reikėtų atlikti smegenų operaciją – kiekvieną jų neuroną pakeisti roboto tranzistoriumi. Operacija prasidėtų gulint šalia roboto kūno be smegenų. Robotas chirurgas imtų po gabalėlį mūsų smegenų pilkosios medžiagos, nukopijuotų jos tranzistorius, neuronus sujungtų su tranzistoriais ir tuos tranzistorius sudėtų į tuščią roboto kaukolę. Robote padarius neuronų kopijas, neuronai būtų išmetami.

Vykstant šiai sudėtingai operacijai, visą laiką suvoktume, kas darosi. Dalis mūsų smegenų dar būtų mūsų senojo kūno viduje, bet kita jų dalis, padaryta jau iš tranzistorių, būtų mūsų naujųjų kūnų robotų viduje. Operacijai pasibai-

gus, visos smegenys būtų perkeltos į roboto kūną. Tada turėtume ne tik kūnus robotus, bet ir visus robotų pranašumus, visų pirma nemirtingus, antžmogiškus, puikios išvaizdos kūnus. XXI a. tai dar nebus įmanoma, bet XXII a. jau galėsime rinktis tokią galimybę.

Paskutiniame scenarijuje visiškai atmetame savo gremėzdiškus kūnus ir ilgainiui tampame grynai kompiuterinėmis programomis, užkoduojančiomis mūsų asmenybes. Savo asmenybes „įrašome“ į kompiuterį. Jei kas nors nuspaus mygtuką su mūsų pavarde, kompiuteris ims elgtis taip, tarsi būtume jo atmintyje, nes savo elektros grandinėse užkodavo visas mūsų asmenybės keistynes. Tampame nemirtingi, bet gyvename kompiuterio viduje, sąveikaudami su kitais „žmonėmis“ (su kitomis kompiuterio programomis) didžiulėje kibernetinėje erdvėje – virtualiojoje tikrovėje.

Mūsų kūniškas egzistavimas bus atmetas, jį pakeis elektronų judėjimas tame didžiuliame kompiuteryje. Tokiame variante mums būtų lemta galų gale tapti tik keliomis kodo eilutėmis šioje didelėje kompiuterinėje programoje su visais fizinio kūno pojūčiais tame virtualiame rojuje. Keisimės svarbiomis mintimis su kitomis kompiuterinio kodo eilutėmis, išgyvendami šią didžiulę iliuziją. Darysime didžiulius didvyriškus žygius, užkariaudami naujus pasaulius, pamiršę, kad esame tik elektronai, lakstantys kompiuterio viduje (žinoma, tik tol, kol kas nors išjungs kompiuterį).

Tačiau tam scenarijui nueiti per toli neleis vienas dalykas – Urvinio žmogaus principas. Kaip jau minėjome, mūsų smegenų architektūra tebėra tokia, kaip ir tų primityvių medžiotojų-rinkėjų, kurie atkeliavo iš Afrikos daugiau kaip prieš 100 000 m. Mūsų didžiausi troškimai, norai, poreikiai formavosi Afrikos savanose, kur bėgome nuo plėšrūnų, medžiojome laukinius žvėris ir paukščius, ieškojome sau poros, linksminomės per laužą.

Vienas iš svarbiausių troškimų mūsų minčių gelmėse yra noras gerai atrodyti, ypač bendraujant su priešingos lyties atstovais ar su savo kolegomis. Labai didelė pajamų dalis, ne ką mažesnė už skiriamą pramogoms, atitenka palaikyti gerai išvaizdai. Kaip tik dėl to taip sparčiai didėja plastinės chirurgijos mastai, botokso ir gražių drabužių pardavimai, tam mokomės naujų šokių, užsiimame atletine gimnastika, perkame naujausius muzikos įrašus, stengiamės būti geros formos. Sudėję visa, pamatysime, jog tai sudaro geroką vartojimo išlaidų dalį, kuri savo ruožtu sudaro didelę JAV ekonomikos dalį.

Vadinasi, net turėdami galimybę kurti tobulus kūnus, kurie būtų beveik nemirtingi, greičiausiai priešinsimės troškimui turėti robotų kūnus, jei su jais atrodysime kaip gremėzdiški nerangūs robotai su implantais, tabaluojančiais nuo galvų. Niekas nenori atrodyti kaip koks atvykėlis iš mokslinės fantastikos filmo. Jei turėsime patobulintus kūnus, jie turės būti tokie, kad būtume patrauklūs priešingos lyties atstovams ir darytume išpūdį savo kolegoms, nes priešingu atveju juos atmesime. Koks gi paauglys norėtų turėti patobulintą, bet nedailų, „nemadingą“ kūną?

Kai kuriems mokslinės fantastikos rašytojams patinka idėja, kad atskirsime nuo kūno ir egzistuosime kaip nemirtingos gryo intelekto būtybės, esančios kokio nors kompiuterio viduje, paskendusios giliuose apmąstymuose. Tačiau kas gi norėtų tokio gyvenimo? Greičiausiai mūsų palikuonys nenorės spręsti diferencialinių lygčių, aprašančių kokią nors juodąją skylę. Ateityje žmonės gali norėti daugiau laiko klausytis roko muzikos senoviškai, o ne skaičiuoti subatominių dalelių judėjimą, gyvenant kompiuterio viduje.

Gregas Stokas (*Greg Stock*) iš Kalifornijos universiteto Los Andžele eina dar toliau ir randa keletą pranašumų, kuriuos turėtų prie superkompiuterio prijungtos mūsų smegenys. Jis sako: „Kai bandau galvoti, ką galėčiau laimėti, jei mano smegenys darbinio ryšiu būtų sujungtos su superkompiuteriu, atsižvelgiu į du kriterijus: kad tos naudos nebūtų galima taip lengvai gauti kokiomis nors kitomis, neinvazinėmis procedūromis, ir kad gaunama nauda būtų verta tų nepatogumų, kuriuos sukeltų chirurginis įsikišimas į smegenis.“³²

Tad nors ateityje bus daug pasirinkimų, manau, greičiausiai kursime robotus, kurie bus geranoriški ir draugiški, padidins mūsų galimybes, bet laikysis Urvinio žmogaus principo. Priimsime idėją laikinai gyventi superroboto gyvenimą kaip pakaitai, bet priešinsimės idėjai nuolat gyventi kompiuterio viduje arba taip pakeisti savo kūną, kad jis taptų nebeatpažįstamas.

KLIŪTYS KELYJE Į SINGULIARUMĄ

Niekas nežino, kada robotai gali tapti tokie protingi, kaip žmonės. Tačiau manyčiau, kad tai įvyks šio šimtmečio pabaigoje dėl kelių priežasčių.

Pirma, stulbinanti kompiuterių technologijos pažanga buvo Mūro dėsnio veikimo pasekmė. Ta pažanga pradės lėtėti ir apie 2020–2025 m. gali visai

sustoti, todėl neaišku, ar galima patikimai apskaičiuoti kompiuterių veikimo greičio didėjimą po šios datos. (Apie posilicinę erą plačiau rašoma 4 skyriuje.) Šioje knygoje vadovaujuosi prielaida, kad kompiuterių pajėgumas didės ir toliau, tik mažesniu greičiu.

Antra, net jei kompiuteriai galėtų skaičiuoti fantastiniu 10^{16} operacijų per sekundę greičiu, tai dar nereikštų, kad jie protingesni už mus. *IBM* kompanijos sukurtas šachmatų žaidimo kompiuteris *Deep Blue* per sekundę pajėgia išanalizuoti 200 mln. pozicijų ir įveikti pasaulio čempioną. Tačiau jis, be greito skaičiavimo, nieko daugiau daryti nemoka. Tikrasis intelektas yra kažkas daugiau už šachmatų pozicijų apskaičiavimą.

Sakykime, pasitaiko mokslininkų, turinčių autizmo savybių, bet ir nepaprastų sugebėjimų skaičiuoti ir įsiminti. Tačiau jiems sunkiai sekasi susivirstyti batus, susirasti darbą, pritapti prie visuomenės. Velionis Kimas Pykas (*Kim Peek*), kuris buvo toks įžymus, kad apie nepaprastą jo gyvenimą buvo sukurtas filmas „Lietaus žmogus“ (*Rain Man*), įsiminė kiekvieną 12 000 knygų žodį ir atlikdavo tokius apskaičiavimus, kad juos galėjo patikrinti tik kompiuteriai.

Tačiau jo IQ buvo tik 73, jam sunkiai sekėsi palaikyti pokalbį, kasdieniame gyvenime visą laiką jam turėjo padėti kiti žmonės. Be tėvo pagalbos iš esmės buvo bejėgis. Kitaip sakant, ateities supergreiti kompiuteriai bus panašūs į tokius autistus mokslininkus, įsimenančius labai daug informacijos, bet nemokančius nieko daugiau ir neišgyvenančius savo pačių tikrame pasaulyje.

Net jei kompiuteriai skaičiavimo greičiu prilygs žmogaus smegenims, vis tiek stoks reikiamos programinės įrangos, kad galėtų sklandžiai veikti. Prilygimas smegenims skaičiavimo greičiu yra tik pradžia.

Trečia, net jei protingi robotai būtų įmanomi, vis tiek lieka neaišku, ar robotas pajėgus pagaminti tokią savo kopiją, kuri būtų protingesnė už jį. Matematinį save kopijuojančių robotų pagrindą sukūrė matematikas Dž. fon Noimanas, sukūręs lošimų teoriją ir prisidėjęs prie elektroninių skaičiavimo mašinų kūrimo. Jis pirmas ėmėsi uždavinio nustatyti mažiausią skaičių prielaidų, kurių reikia, kad mašina galėtų sukurti savo kopiją. Tačiau niekada nesprendė klausimo, ar robotas gali padaryti tokią savo kopiją, kuri būtų protingesnė už jį patį. Tiesą sakant, net pati sąvoka *protingas* yra problemiška, nes nėra visų priimto jos apibrėžimo.

Žinoma, robotas gali gebėti sukurti savo kopiją, turinčią didesnę atmintį ir galinčią geriau apdoroti informaciją – pakanka jį šiek tiek patobulinti ir

pridėti keletą mikroschemų. Tačiau ar dėl to kopija taps protingesnė, o ne tik greitesnė? Sakykime, sumavimo mašina gali veikti milijonus kartų greičiau už žmogų, turėti daug didesnę atmintį, bet tikrai nebus protingesnė. Intelektas nėra vien tik atmintis ir veikimo greitis, o kažkas daugiau.

Ketvirta, nors techninė įranga gali tobulėti eksponentiškai, programinė įranga nebūtinai turi sekti jos pavyzdžiu. Techninės įrangos tobulėjimą lėmė galimybė silicio plokštelėje išsėdinti vis mažesnius tranzistorius; su programine įranga yra visai kitaip: jai kurti reikia žmogaus, kuris, pasiėmęs pieštuką ir popieriaus lapą, rašytų naują kodą. Taigi ribojantis veiksnys čia yra žmogus.

Programinė įranga, kaip ir bet kokia kita kūrybinė žmonių veikla, vystosi neritmingai, puikias išvalgas keičia ilgi nuobodus darbo ir sąstingio laikotarpiai. Atvirkščiai nei paprasčiausias vis daugiau tranzistorių išsėdinimas silicio plokštelėje, vykstantis laikrodžio mechanizmo tikslumu, programinė įranga yra priklausoma nuo nenusipėjamos žmonių kūrybiškumo prigimties ir užgaidų. Todėl visas kompiuterių pajėgumo nuolatinio eksponentinio augimo prognozes reikia tikrinti. Grandinė negali būti stipresnė už silpniausią jos grandį, o šiuo atveju silpniausia grandis yra programinė įranga ir ją kuriantys žmonės.

Inžinerijos pažanga dažnai auga eksponentiškai, ypač kai siekiama tik didinti efektyvumą, tarkime, silicio plokštelėje išsėdinant vis daugiau tranzistorių. Tačiau fundamentiniuose tyrimuose, kur reikia laimės, įgūdžių ir nelauktų puikių idėjų, pažanga yra panašesnė į „pusiausvyrą su pertraukomis,“ kai ilgą laiką nieko ypatingo nevyksta, kol staiga proveržis pakeičia visą padėtį. Jei peržiūrėsime fundamentinių tyrimų istoriją nuo I. Niutono iki A. Einšteino ir iki šių dienų, pamatysime, kad pusiausvyrą su pertraukomis tiksliau aprašo pažangos vyksmo būdą.

Penkta, kaip jau matėme nagrinėdami smegenų atvirkštinio konstravimo būdą, itin didelės išlaidos ir milžiniškas projekto dydis greičiausiai nustums jo vykdymą į šio šimtmečio vidurį. O tada jį vykdant, apdoroti gautus duomenis gali tekti dar kelis dešimtmečius, todėl smegenų atvirkštinio konstravimo būdo kūrimas užsitęs iki šio šimtmečio pabaigos.

Šešta, greičiausiai nebus „didžiojo sprogo“, kai mašinos staiga įgyja sąmonę. Jei į sąmonės sąvoką įtrauksime galią kurti ateities planus, ją modeliuojant, tada yra daugybė sąmonės pakopų. Mašinos jomis kils pamažu, tad turėsime daug laiko tam pasirengti. Manau, tai turėtų įvykti šio šimtmečio

pabaigoje, todėl yra daug laiko apvarstyti įvairius galimus variantus. Be to, mašinų sąmonė greičiausiai turės tam tikrų savitumų. Todėl iš pradžių turėtų atsirasti ne grynai žmogiška, o savotiška „silicinė sąmonė.“

Tačiau tada kiltų dar vienas klausimas. Nors fizinį savo kūno pajėgumą galima didinti mechaniniais būdais, tam tinka ir biologiniai. Tiesą sakant, evoliucijos esmę sudaro geresnių genų atrinkimas; tai kodėl nesutrumpinti to evoliucijos kelio, kuriam įveikti reikia milijonų metų, ir savo genetinio likimo valdymo neperimti į savo rankas?

TREČIAS SKYRIUS

MEDICINOS ATEITIS

TOBULUMAS IR UŽ JO

Nors niekam nepakanka drąsos tai pasakyti, bet jei galėtume pagerinti žmones, žinodami, kaip pridėti reikiamus genus, kodėl nereiktų taip daryti?

– Džeimsas Votsonas (*James Watson*), Nobelio premijos laureatas

Nemanau, kad šiame šimtmeityje dar liktų neatskleistų mūsų kūno paslapčių. Todėl viskas, apie ką galime pagyvoti, greičiausiai taps tikrove.

– Deividas Baltimoras (*David Baltimore*), Nobelio premijos laureatas

Nemanau, kad tam dabar pats geriausias laikas, bet jis arti. Deja, bijau, kad priklausau paskutinei kartai, kurios žmonėms dar teks mirti.

Džeraldas Sasmenas (*Gerald Sussman*)

Mitologiniai dievai turėjo pačią didžiausią galią valdyti gyvenimą ir mirtį, išgydyti ligonius ir pailginti gyvenimą. Melsdamiesi dievams, dažniausiai prašydavome išvaduoti iš ligų, negalavimų.

Graikų ir romėnų mitologijoje yra pasakojimas apie gražiąją aušros deivę Eos. Vieną dieną ji labai pamilo gražų, bet mirtingą jaunuolį Titoną. Ji turėjo puikų kūną ir buvo nemirtinga, o Titonui buvo lemta senti, džiūti ir galiausiai

mirti. Tvirtai pasiryžusi išgelbėti mylimąjį nuo tokio baisaus likimo, ji ėmė maldauti Dzeuso, visų dievų tėvo, suteikti Titonui nemirtingumo dovaną, kad kartu jiedu galėtų būti visą amžinybę. Dzeusui pagailo įsimylėjęlių, ir jis patenkino Eos prašymą.

Tačiau deivė per skubėjimą pamiršo paprašyti Titonui ir amžinosios jaunystės. Tad Titonas tapo nemirtingas, bet kūnas senėjo. Negalėdamas numirti, vis senėjo ir nyko, amžinasis jo gyvenimas buvo kupinas skausmų ir kančių.

Kaip tik su tokiu iššūkiu ir susiduria XXI a. mokslas. Mokslininkai jau skaito gyvybės knygą, kurioje yra ir išsamus žmogaus genomo aprašymas, ir kuri žada stebuklingą pažangą suprantant senėjimą. Tačiau gyvenimo pailginimas, nesuteikiant sveikatos ir jėgų, gali tapti amžina bausme, kaip kad tragišku būdu įsitikino Titonas.

Šio šimtmečio pabaigoje ir mes turėsime nemažą dalį tos mitinės galios būti gyvenimo ir mirties valdovai. Ji neapsiribos tik ligonių gydymu – įprasi-me tobulinti žmogaus kūną ir net kurti naujas gyvybės formas. Tai pasieksime ne maldomis ar užkeikimais, o biotechnologijos stebuklu.

Vienas iš mokslininkų, atskleidžiančių gyvybės paslaptis, yra Robertas Lanca (*Robert Lanza*), labai skubantis žmogus. Jis yra iš naujosios biologų kartos, jaunas, energingas, pilnas naujų idėjų, siekiantis padaryti daug neįtikėtinų dalykų, tik tam turintis mažai laiko. R. Lanca yra nešamas biotechnologinės revoliucijos bangos. Kaip vaikas konditerijos parduotuvėje, jis džiaugiasi būdamas neištirtoje teritorijoje ir pradeda daugelį aktualiausių temų.

Prieš vieną ar dvi žmonių kartas tyrimų sparta buvo visai kitokia. Tada biologai neskubėdami tyrinėjo dar neištirtus kirminėlius ir vabalėlius, kantriai gilinosi į jų anatomijos detales ir suko galvą, kaip juos pavadinti lotyniškai.

R. Lanca ne toks.

Susipažinau vieną dieną radijo studijoje, ir man padarė didelį įspūdį jo jaunatviškumas ir beribis kūrybiškumas. Kaip visada, atskubėjo į studiją, ištrūkęs iš eksperimentų. Papasakojo, kad šioje greitai besivystančioje tyrimų srityje atsidūrė labai neįprastu būdu. Jis kilęs iš darbininkų šeimos, gyvenančios į pietus nuo Bostono, kur mažai kas leidžia vaikus mokytis koledže. Tačiau jis, dar mokymasis vidurinėje mokykloje, išgirdo nepaprastą naujieną apie DNR struktūros iššifravimą. Tai labai sudomino, tad nusprendė ir pats imtis mokslo tyrimų – klonuoti vištą savo kambaryje. Sutrikę tėvai nesuprato, ką jis daro, bet leido.

Nusprendęs pradėti bandymą, nuvyko į Harvardą prašyti patarimo. Nieko ten nepažinodamas, paklausė žmogaus, kurį palaikė sargu, kur ieškoti ji dominančių specialistų. Šis susidomėjęs jį nusivedė į savo kabinetą. R. Lanca vėliau sužinojo, kad tas žmogus iš tikrųjų buvo vienas iš vyresniųjų laboratorijos tyrinėtojų.

Jam padarė įspūdį šio energingo vidurinės mokyklos moksleivio drąsa, jis pristatė R. Lanca kitiems laboratorijos mokslininkams, o ne vienas jų buvo Nobelio premijos laureatų lygio tyrinėtojai, kuriems buvo lemta pakeisti jo gyvenimą. R. Lanca save lygina su Matu Deimonu filme „Gerasis Vilas Huntingas“ (*Good Will Hunting*), kur netvarkingas, bet nestokojantis nuovokumo ir sveiko proto vaikas iš darbininkų šeimos nustebina, net apstulbina Masačusetso technologijos instituto profesorius savo matematiniais gebėjimais.

Šiandien R. Lanca yra *Advanced Cell Technology* kompanijos vyriausiasis mokslo darbuotojas, šimtų straipsnių ir išradimų autorius. 2003 m. jo pavardė sumirgėjo spaudos pranešimų antraštėse, kai San Diego zoologijos sodas paprašė klonuoti bantengą, ant išnykimo slenksčio atsidūrusios laukinio jaučio rūšies individą iš prieš 25 m. nugaišusio gyvūno. Mokslininkas sėkmingai paėmė tam tinkamas ląsteles iš jo palaikų, apdorojo ir nusiuntė į vieną Jutos valstijos fermą. Ten apvaisinta ląstelė buvo implantuota karvei. Po 10 mėn. jis gavo žinią, kad jo kūrinys ką tik išvydo pasaulį.

Ateityje jis gali imtis „audinių inžinerijos“, kuri ilgainiui gali leisti sukurti žmogaus kūno dalių parduotuvę. Joje bus galima užsisakyti naujus organus, išaugintus iš mūsų pačių ląstelių, kuriais galėsime pakeisti pasiligojusius ar susidėvėjusius. Taip pat gali klonuoti ir embrionines žmonių ląsteles. Jis priklausė ir tai istorinei komandai, kuri embrioninių kamieninių ląstelių gavimo tikslais pirmą kartą pasaulyje klonavo žmogaus embrioną.

TRYŠ MEDICINOS ETAPAI

R. Lanca yra nešamas tos didžiulės atradimų bangos, kurią sukėlė atskleista mūsų genetinio kodo informacija. Medicinos istorijoje galima išskirti ne mažiau kaip tris svarbiausius etapus. Pirmame, trukusiame dešimtis tūkstančių metų, medicinoje vyravo prietarai, kerai, nuogirdos. Dauguma naujagimių mirdavo iš karto, tad vidutinė žmonių gyvenimo trukmė buvo tik 18–20 m.

Šiame etape buvo aptikta kai kurių medicininių požiūriu svarbių vaistažolių ir cheminių junginių, tarkime, aspirinas, tačiau apskritai dar nebuvo sistemingai ieškoma naujų gydymo būdų. Deja, visi tikrai geri gydymo būdai buvo laikomi paslapyje. „Gydytojų“ pajamos priklausė nuo gebėjimo įtikinti turtingiems pacientams, todėl savo stebuklingus gydomuosius gėrimus ir užkalbėjimo formules slėpė.

Šiame laikotarpyje vienas iš garsiosios Jungtinių Valstijų Majo klinikos įkūrėjų rašė asmeninį pacientų lankymo dienoraštį. Jame atvirai teigė: iš jo gydymo priemonių yra tik dvi patikimos: pjūklelis ir morfijus. Pjūkleliu nupjaudavo nesveiką galūnę, o morfijumi mažino skausmą per šią operaciją. Tie du dalykai niekada neapvildavo, o visa kita, kaip su liūdesiu pripažino, buvo tik apgaulė ir akių dūmimas.

Antras medicinos istorijos etapas prasidėjo XIX a., pasirodžius mikrobu teorijai ir pagerėjus sanitarinėms sąlygoms. Vidutinė gyvenimo trukmė Jungtinėse Valstijose 1900 m. pasiekė 49 m. Kai Pirmojo pasaulinio karo mūšių laukuose Europoje žūdavo dešimtys tūkstančių kareivių, gydytojams kilo būtinybė imtis eksperimentų su pasikartojančiais rezultatais, kurie tada būdavo skelbiami medicininiuose žurnaluose. Europos šalių valdovai, baisėdamiesi, kad žūsta jų geriausi ir gambiausi žmonės, pareikalavo rezultatų, o ne gražių žodžių. Gydytojai, užuot ir toliau stengęsi įtikinti turtingiems pacientams, dabar siekė pripažinimo ir garbės, tad skelbė straipsnius jų kolegų skaitomuose žurnaluose. Tai paruošė dirvą antibiotikų ir vakcinų pažangai, kuri vidutinę gyvenimo trukmę pailgino iki 70 ir daugiau metų.

Trečias medicinos etapas yra molekulinė medicina. Matome, kaip medicina susilieja su fizika, kaip medicininiai tyrimai nusileidžia iki atomų, molekulių ir genų lygio. Šis istorinis jos persitvarkymas prasidėjo XX a. penktajame dešimtmetyje, kai austrų fizikas Ervinas Šrėdingeris (*Erwin Schrödinger*), vienas iš kvantinės teorijos kūrėjų, parašė įtakingą knygą „Kas yra gyvybė?“ (*What Is Life?*). Jis atmetė mintį, kad yra kažkokia paslaptinga dvasia ar gyvybinė jėga – viso, kas gyva, varomoji jėga. Spėjo, kad gyvybė remiasi kažkokiu kodu, kuris slypi molekulėje. Manė, kad, tą molekulę suradus, pavyks atskleisti gyvybės paslaptį.

Šios jo knygos įkvėptas fizikas Fransis Krikas (*Francis Crick*), pasitelkęs genetiką Dž. Votsoną, ryžosi įrodyti, kad DNR yra ta legendinė molekulė.

1953 m. jiedu atskleidė DNR struktūrą – dvigubą spiralę – ir tai buvo vienas iš svarbiausių visų laikų atradimų. Išvyniota DNR gija būtų apie 180 cm ilgio. Ją sudaro 3 mlrd. nukleotidų, turinčių pavadinimus – A, T, C, G (adeninas, timinas, citozinas, guaninas), iš kurių ir sudarytas genetinis kodas. Tiksliai nustačius šių nukleotidų išsidėstymo eilės tvarką DNR molekulėje, galima perskaityti gyvybės knygą.

Sparti molekulinės genetikos pažanga pagaliau atvedė prie Žmogaus genomo projekto – ištis labai svarbaus etapo medicinos istorijoje. Ši didžiulė intensyvi programa nustatyti visų žmogaus kūno genų išsidėstymo tvarką kainavo apie 3 mlrd. dol., prie jos vykdymo prisidėjo šimtai viso pasaulio mokslininkų. Kai 2003 m. ji buvo baigta, tai reiškė naujos mokslo eros pradžią. Ilgainiui kiekvienas žmogus turės asmeninį genomą *CD-ROM* diskelyje. Jame bus apie 25 000 genų; tai bus savotiška „vartotojo instrukcija.“

Nobelio premijos laureatas D. Baltimoras tai apibendrino tokiais žodžiais: „Biologija šiandien yra informacijos mokslas.“¹

ARTIMOJI ATEITIS (DABARTIS–2030 M.)

GENOMŲ MEDICINA

Varomoji tos įstabios medicinos pažangos jėga iš dalies yra kvantinė teorija ir kompiuterinė revoliucija. Kvantinė teorija davė labai detalius modelius, kaip atomai išsidėstę kiekviename baltyme bei DNR molekulėje. Jau žinome, kaip, dedant atomą prie atomo, nuo nulio kurti gyvybės molekules. O genų išsidėstymo eilės tvarkos nustatymas, kuris būdavo ilgas, nuobodus ir brangus procesas, dabar yra visai automatizuotas, jį atlieka robotai. Anksčiau konkretaus žmogaus genų išsidėstymo eilės tvarkos nustatymas kainavo kelis milijonus dolerių. Šis procesas buvo toks brangus ir toks ilgas, kad genomus buvo nusistačiusi tik grupelė žmonių (įskaitant mokslininkus, tobulinusius šį metodą). Tačiau po kelerių metų šis egzotiškas būdas gali tapti prieinamas ir kiekvienam eiliniam žmogui.

(Labai aiškiai prisimenu, kaip XX a. dešimtojo dešimtmečio pabaigoje Frankfurte, Vokietijoje, vykusioje konferencijoje skaičiau pagrindinį pranešimą apie medicinos ateitį. Teigiau, kad 2020 m. jau bus galima turėti asme-

ninius genomus, kiekvienas galės įsigyti kompaktinį diską ar mikroschemą su juose įrašytais genais. Tačiau vienas konferencijos dalyvis tokia prognoze pasipiktino. Atsistojo ir pareiškė: tokia svajonė neįgyvendinama, genų per daug, ir asmeninių genomų nustatymas eiliniams žmonėms kainuotų per daug. Juk Žmogaus genomo projektas kainavo 3 mlrd. dol., o vieno žmogaus genomų išsidėstymo eilės tvarkos nustatymas negali itin atpigti.

Kai vėliau ėmiau nagrinėti su juo šį klausimą, pradėjo aiškėti, kur šuo pakastas. Jo mąstymas buvo linijinis. Tačiau Mūro dėsnis mažino išlaidas, atvėrė galimybes nukleotidų išsidėstymo DNR molekulėje eilės tvarkos nustatymą pavesti robotams, kompiuteriams, automatinėms mašinoms. Jis nesugebėjo suprasti, koks didelis yra Mūro dėsnio poveikis biologijai. Prisimindamas šį įvykį, dabar suprantu: jei taip prognozuodamas ir klydau, tai tik per daug toli nukeldamas į ateitį datą, kada visi galėsime turėti asmeninius genomus.

Pavyzdžiui, inžinierius iš Stanfordo universiteto Stivenas R. Kveikas (*Stephen R. Quake*) patobulino genų išsidėstymo eilės tvarkos nustatymo būdą. Jis tokio nustatymo kainą jau sumažino iki 50 000 dol. ir numato, kad po keleto metų ta kaina nukris iki 1000 dol. Mokslininkai jau seniai manė, kad, kainai nukritus iki 1000 dol., prasidės masinis genų išsidėstymo eilės tvarkos nustatinėjimas, ir šiuo būdu pasinaudos daug gyventojų. O po kelių dešimtmečių šios procedūros kaina gali nukristi mažiau kaip iki 100 dol., taigi ji kainuos ne brangiau už paprastą kraujo analizę.

Naujausias proveržis šioje srityje susijęs su nustatymo procedūros trumpinimu. S. Kveikas kokio nors žmogaus DNR genų išsidėstymo eilės tvarką lygina su kitų žmonių, kuriems ji jau nustatyta, eilės tvarka. Žmogaus genomą jis suskaido į DNR gabalus, turinčius po 32 bitus informacijos. Paskui kompiuterio programai paveda tuos 32 bitų dydžio gabalus palyginti su nustatytais kitų žmonių genomais. Kadangi bet kurių dviejų žmonių DNR molekulės beveik tapačios, o skirtumai vidutiniškai mažesni už 0,1 %, kompiuteris gali greitai sulygtinti tuos 32 bitų dydžio gabalus.

S. Kveikas tapo aštuntu žmogumi pasaulyje, kurio genomą pilnai iššifruotas. Šis projektas jį domino ir asmeniškai: jį peržiūrėjo, ieškodamas savo širdies ligos įrodymų. Deja, genomą parodė, kad jis paveldėjo vieną geno versiją, susijusią su širdies liga. „Reikia turėti stiprius nervus, nagrinėjant savo genomą,“ – skundėsi jis.²

Nejaukumo pojūtis man gerai pažįstamas. Ir mano paties genomas iš dalies buvo nustatytas ir pateiktas *CD-ROM* diskelyje *BBC* televizijos *Discovery* laidai, kurios vedėjas buvau. Tam tikslui gydytojas paėmė mano kraujo ir nu-siuntė į Vanderbilto universiteto laboratoriją. Po dviejų savaitių iš ten paštu atėjo *CD-ROM* diskelis su informacija apie kelių tūkstančių genų išsidėstymo eilės tvarką. Kai jį paėmiau į rankas, apėmė keistas jausmas, nes žinojau, kad jame yra dalis mano kūno plano. Iš principo tą diskelį buvo galima panaudoti kuriant pakenčiamą mano kopiją.

Tačiau tai kartu padirgino ir smalsumą – juk šiame diskelyje buvo mano kūno paslaptys. Pavyzdžiui, galėjau pasižiūrėti, ar turiu geną, didinantį tiki-mybę susirgti Alzheimerio liga. Man tai kėlė susirūpinimą, nes kaip tik nuo šios ligos mirė motina. (Laimei, paaiškėjo, kad to geno neturiu.)

Taip pat keturi mano genai buvo palyginti su tūkstančių kitų viso pasaulio žmonių genomais – tų, kurių genai irgi išanalizuoti. Tada pasaulio žemėlapyje pažymėjau vietas tų žmonių, kurių genai gerai sutapo su keturiais mano genais. Taškeliai tame žemėlapyje rodė ilgą jų šleifą, prasidedantį netoli Tibeto ir besidriekiantį per visą Kiniją iki Japonijos. Stebino, kad šleifas rodė motinos protėvių migracijos kelius, prasidėjusius prieš tūkstančius metų.

Nors mano protėviai nepaliko jokių rašytinių žinių apie savo migravimo kelius, tačiau iškalbingas jų kelionių žemėlapis buvo įrašytas mano kraujyje ir DNR molekulėje. (Galima atsekti ir tėvo protėvius. Mitochondriniai genai be jokių pokyčių perduodami iš motinos dukteriai, o Y chromosoma iš tėvo perduodama sūnui. Todėl, analizuojant tuos genus, galima atsekti savo protėvius motinos ar tėvo linija.)

Įsivaizduoju, kad netolimoje ateityje daug žmonių patirs tą keistą jausmą, kurį patyriau aš, laikydami rankose savo kūno planus ir susipažindami su intymiomis paslaptimis, įskaitant duomenis apie pavojingas ligas, tykojančias genome, ir senuosius savo protėvių migracijos modelius.

Atsirado visai naujas mokslas – bioinformatika, arba kompiuterių panaudojimas greitai nuskaityti ir analizuoti tūkstančių organizmų genomus. Sakykime, kelių šimtų žmonių, sergančių kokia nors liga, genomus įvedus į kompiuterį, bus galima tiksliai apskaičiuoti, kurioje vietoje DNR yra pažeista. Tiesą sakant, bioinformatika užsiima kai kurie galingiausi pasaulio kompiuteriai. Jie nagrinėja milijonus augalų ir gyvūnų genų, ieškodami kai kurių pačių svarbiausių.

Tai gali sukelti revoliucinius pertvarkymus net detektyvinėse televizijos laidose – seriale „CSI“ (*CSI*). Turint mažyčius DNR fragmentus (esančius plaukų maišeliuose, seilėse ar kraujo dėmėse), galima nustatyti ne tik to žmogaus plaukų ir akių spalvą, etninę priklausomybę, ūgį, medicininę istoriją, bet gal net atkurti jo veidą. Šiandien policijoje dirbantys dailininkai gali, naudodamiesi tik aukos kaukole, apytiksliai nulipdyti jo veidą. Ateityje kompiuteris gali pajėgti atkurti kokio nors žmogaus veido bruožus vien tik pagal truputį jo pleiskanų ar kraujo. (Tai, kad dvynių veidai labai panašūs, reiškia, jog vien tik genetiniai veiksniai, net ir veikiant aplinkos veiksniams, gali nulemti didelę žmogaus veido bruožų dalį.)

APSILANKYMAS PAS GYDYTOJĄ

Kaip minėjome ankstesniuose skyriuose, iš esmės pasikeis apsilankymas pas gydytoją. Kai kalbėsime su gydytoju sieniniame ekrane, greičiausiai kalbėsime su kompiuterio programa. Vonios kambaryje bus daugiau daviklių, negu dabar yra modernioje ligoninėje. Jie tylomis aptiks vėžio ląsteles dar prieš keletus metus iki atsirandant piktybiniam augliui. Pavyzdžiui, apie 50 % visų įprastinių vėžio atvejų yra susiję su *p53* geno mutavimu, kurį tie davikliai aptinka labai lengvai.

Aptikus vėžio požymių, į kraujotakos sistemą bus tiesiogiai įvesta nanodalelių, kurios kaip kokios išmaniosios bombos nugabens priešvėžinius vaistus į vėžio ląsteles. Į šių dienų chemoterapiją tada bus žiūrima taip, kaip dabar žiūrima į praėjusio šimtmečio gydymą dėlėmis. (Nanotechnologiją, DNR mikroschemas, nanodaleles ir nanorobotus išsamiau aptarsime kitame skyriuje.)

O jei sieninio ekrano „gydytojas“ nepajėgs pagydyti kokio nors organo ligos ar sužeidimo, tada bus užaugintas naujas organas. Vien tik Jungtinėse Valstijose organų persodinimo šiuo metu laukia 91 000 pacientų. 18 iš jų miršta kiekvieną dieną, nesulaukę reikiamo organo.

Jei virtualusis gydytojas aptiks, jog kažkas negerai, kaip antai, į kokį nors organą įsimetė liga, galės užsakyti iš mūsų pačių ląstelių užauginti naują organą. „Audinių inžinerija“ šiuo metu yra viena iš aktualiausių medicinos tyrimo sričių, leisianti sukurti „žmogaus kūno dalių parduotuves“. Kol kas mokslis-



ATEITYJE TURĖSIME „TRIKORDERIUS“, TOKIUS, KAIP SERIALE „ŽVAIGŽDŽIŲ KELIAS“, KURIE GALĖS DIAGNOZUOTI BEVEIK VISAS LIGAS. TAI PADĖS PADARYTI PORTATYVINIAI FMRT DETEKTORIAI IR DNR MIKROSCHEMOS.

ninkai laboratorijoje iš mūsų pačių ląstelių moka užauginti odą, kraują, kraujotaką, širdies vožtuvus, kremzles, kaulus, nosis ir ausis.

Pirmasis iš didžiųjų organų – šlapimo pūslė – buvo išauginta 2007, o pirmoji trachėja – 2009 m. Kol kas pavyko užauginti tik palyginti paprastus organus, susidedančius vien iš kelių audinių tipų ir turinčių tik kelias struktūras. Po 5 m. gali pavykti užauginti kepenis ir kasą; to poveikis sveikatos apsaugai bus didžiulis. Nobelio premijos laureatas Valteris Gilbertas (*Walter Gilbert*) man sakė, kad jau po kelių dešimtmečių iš savo ląstelių bus galima išauginti kone visus organus.

Audinių inžinerija naujiems organams užauginti iš paciento kūno pirmiausia paima keletą ląstelių. Tada jos įvedamos į plastikinę formą, panašią į kempinę, kurios forma tokia, kaip reikiamo organo. Ta forma padaryta iš biologiniu būdu suyrancios poliglikolino rūgšties. Ląstelės tada yra veikiamos tam tikrais augimo veiksniais, skatinančiais jas jaugti į formą. Ilgainiui forma suyra, lieka tik naujas, tobulas organas.

Turėjau progos apsilankyti *Wake Forest* universiteto Šiaurės Karolinoje Antonio Atalos (*Anthony Atala*) laboratorijoje ir savo akimis mačiau, kaip veikia ši nuostabi technologija. Vaikščiodamas po laboratoriją, mačiau stiklinius indus su gyvais žmonių organais. Mačiau kraujagysles ir šlapimo pūsles; širdies vožtuvus, kurie visą laiką tai atsidarydavo, tai užsidarydavo, nes per juos buvo varomi skysčiai. Matydamas gyvus žmogaus organus stikliniuose induose, jaučiausi taip, tarsi būčiau daktaro Frankenšteino laboratorijoje, nors buvo ir keletas esminių skirtumų.

XIX a. gydytojai dar nežinojo apie kūno atmetimo mechanizmą, trukdantį įskiepyti naujus organus. Jie nežinojo, ir kaip išvengti užkrėtimo, kuris neišvengiamai patenka į organizmą po chirurginės operacijos. Tad A. Atala, užuot kūręs pabaisas, kuria visiškai naują medicininių gyvybės gelbėjimo būdą, kuris, laikui bėgant, gali pakeisti medicinos pobūdį.

Vienas iš artimiausių jo laboratorijos tikslų – užauginti kepenis; galbūt tai pavyks padaryti per 5 metus. Kepenys nėra labai sudėtingas organas – sudarytas tik iš kelių audinių tipų. Laboratorijose išaugintos kepenys galėtų išgelbėti tūkstančius gyvybių, pirmiausia tų, kurie laukia kepenų persodinimo. Jos galėtų išgelbėti ir cirozės kamuojamų alkoholikų gyvybę. (Tik gaila, kad tai galėtų paskatinti žmonės nemesti žalingų įpročių: pažeistus organus juk bus galima pakeisti.)

Jei mokame užauginti trachėją ir šlapimo pūslę, kas gali sukliudyti mokslininkams užauginti ir kitus organus? Viena iš didžiausių kliūčių – užauginti mažyčius kapiliarus, tiekiančius kraują ląstelėms. Kiekviena kūno ląstelė turi sietis su kraujo tiekimo indu. Kitas stabdys – auginti sudėtingas struktūras. Inkstai, iš kraujo valantys toksinus, yra sudaryti iš milijonų mažyčių filtrų, tad sunku sukurti jų formą.

Tačiau iš visų organų bus sunkiausia užauginti galvos smegenis. Kad per ateinančius dešimtmečius jos bus atkurtos ar užaugintos, mažai tikėtina, vis dėlto gali būti įmanoma tiesiai į smegenis įvesti naujų ląstelių, kurios bus įtrauktos į smegenų sistemos nervų tinklą. Tačiau jos bus įvedamos kaip pakliuvo, todėl pacientui reikės iš naujo mokytis daugelio pagrindinių veiksmų. Dėl to, kad smegenys yra „plastiškos“ – t. y., kai tik išmoksta naują užduotį, iš karto keičia tarpusavio jungtis – gali būti įmanoma naujuosius neuronus integruoti taip, kad į smegenų veiklą įsitrauktų reikiamai.

KAMIENINĖS LĄSTELĖS

Dar vienas žingsnis pirmyn yra kamieninių ląstelių technologijos taikymas. Kol kas žmonių organai buvo auginami naudojant ne kamienines ląsteles, o ląsteles, specialiai apdorotas taip, kad dauginųsi formų viduje. Artimiausioje ateityje turėtų būti įmanoma kamienines ląsteles naudoti tiesiogiai.

Kamieninės ląstelės yra „visų ląstelių motinos,“ kūne jos virsta bet kokiomis. Kiekviena ląstelė turi pilną genetinį kodą, reikalingą sukurti visą kūną. Tačiau bręsdamos ląstelės specializuojasi, ir daugelis genų yra deaktyvuojami. Sakykime, nors odos ląstelė gali turėti genų, reikalingų ją paversti kraujo ląstele, tie genai darosi neveiklūs, kai embrioninė ląstelė virsta suaugusia odos ląstele.

Tačiau embrioninės kamieninės ląstelės per visą savo gyvenimą gali virsti bet kokiomis. Nors embrioninės kamieninės ląstelės mokslininkų yra vertinamos labiau, jos yra ir kontroversiškesnės: norint jas išgauti, reikia paaukoti embrioną, o tai kelia etikos problemų. (Tačiau R. Lanca ir jo kolegos ėmėsi iniciatyvos ieškoti būdų, kaip paimti suaugusias kamienines ląsteles, kurios jau virto kitokiomis, ir vėl paversti embrioninėmis kamieninėmis.)

Kamieninės ląstelės iš principo gali išgydyti daug ligų, pavyzdžiui, diabetą, širdies ydą, Alzheimerio, Parkinsono ligas ir netgi vėžį. Tiesą sakant, sunku rasti ligą, kuriai kamieninės ląstelės neturėtų didelio poveikio. Ypatinga tyrimų sritis yra stuburo smegenų pažeidimai, kurie anksčiau buvo laikomi visiškai nepagydomais. 1995 m., kai gražus aktorius Kristoferis Ryvas (*Christopher Reeve*) labai susižeidė stuburo smegenis ir buvo visiškai suparalyžuotas, jokio būdo pagyti nebuvo. Tačiau eksperimentuose su gyvūnais buvo pasiekta didelė pažanga gydant stuburo smegenų sužeidimus kamieninėmis ląstelėmis.

Stivenas Deivisas (*Stephen Davies*) iš Kolorado universiteto, gydydamas žiurkių stuburo smegenų sužeidimus, yra pasiekęs išpūdingų laimėjimų. Jis sako: „Dariau bandymus suaugusiojo neuronus perkelti tiesiai į suaugusiojo centrinę nervų sistemą. Kuo ne Frankenšteino eksperimentai? Mūsų didelei nuostabai, vos per savaitę suaugusiojo neuronai išleido naujas ataugėles iš vienos smegenų pusės į kitą.“ Gydant stuburo smegenų sužeidimus, buvo plačiai paplitusi nuomonė, kad nervų gydymas turėtų sukelti didelį skausmą ir kančias. S. Deivisas nustatė: svarbiausia nervų ląstelė, vadinama astrocitu, turi dvi atmainas, duodančias skirtingus rezultatus.

Mokslininkas sako: „Stuburo smegenų pažeidimus gydydami tinkamais astrocitais, nesukeldami skausmo, gauname daug naudos, o kiti astrocitai duoda priešingą rezultatą – sukelia skausmą ir neduoda jokios naudos.“ Be to, jo nuomone, tas pats būdas, kurį jis pirmas išbando su kamieninėmis ląstelėmis, bus veiksmingas ir gydant insulto aukas bei sergančius Alzheimerio ir Parkinsono ligomis.

Keičiant embrionines kamienines ląsteles, galima sukurti kone bet kokią kūno ląstelę, tad galimybės šioje srityje tiesiog beribės. Tačiau Minesotos universiteto Širdies ir kraujagyslių gydymo centro direktorė Dorisė Teilor (*Doris Taylor*) perspėja, kad laukia dar didelis darbas. „Embrioninės kamieninės ląstelės gali būti gerosios, blogosios ir pavojingosios. Gerąsias galima dideliais kiekiais auginti laboratorijoje ir panaudoti auginant audinius, organus ir ištišas kūno dalis. Blogosios nežino, kada liautis augti, ir gali paskatinti susidaryti auglius. O pavojingos gali būti dėl to, kad dar ne viską apie jas žinome, todėl negalime valdyti galutinio rezultato ir nesame pasirengę jų naudoti, nepadarę papildomų laboratorinių tyrimų,“ – sako ji.³

Vienas iš svarbiausių dalykų, tiriant kamienines ląsteles, yra tai, kad, negaudamos iš aplinkos cheminių signalų, jos gali nevaldomai daugintis, kol taps vėžinės. Mokslininkai jau supranta, kad tie silpni cheminiai signalai, kurie cirkuliuoja tarp ląstelių ir praneša, kada ir kur augti ar liautis augti, yra ne mažiau svarbūs už pačias ląsteles.

Tačiau pažanga, nors ir lėta, bet yra, ypač tiriant gyvūnus. D. Teilor susilaukė didelio žiniasklaidos dėmesio 2008 m., kai jos komandai pirmą kartą istorijoje pavyko vos ne nuo nulio užauginti plakančią pelės širdį. Jie pradėjo taip: pelės širdį išskaidė, ištirpino ląsteles, paliko tik karkasą, baltyminę širdies pavidalo matricą. Paskui į pastarąją įvedė širdies kamieninių ląstelių mišinį ir stebėjo, kaip jos ima daugintis matricoje. Prieš tai tiems mokslininkams pavyko užauginti individualias širdies ląsteles Petri lėkštelėse, tačiau dabar jiems pirmą kartą pavyko tikrą plakančią širdį užauginti laboratorijoje.

Širdies auginimas jai buvo ir jaudinamas asmeninis įvykis: „Tai nuostabu! Buvo galima matyti visą kraujagyslių raizginį nuo stambių arterijų iki mažyčių kapiliarų, varančių kraują į kiekvieną širdies ląstelę.“⁴

JAV vyriausybėje irgi yra struktūra, kuriai labai rūpi audinių inžinerijos pažanga – JAV armija. Pastaruosiuose karuose žuvusių mūsų lauke skaičius

buvo nepaprastai didelis, mirtis išskindavo ištisus pulkus ir batalionus, labai daug mirdavo ir nuo žaizdų. Dabar greitojo reagavimo medicininės evakavimo komandos sužeistuosius parskraidina iš Irako ir Afganistano į Europą ar Jungtines Valstijas, ir jie gauna aukščiausio lygio medicininę pagalbą. Sužeistų karių išgyvenimo procentas labai padidėjo. Deja, kartu padidėjo ir netekusių rankų ar kitų galūnių skaičius. Dėl to JAV armija prioritetiniu uždaviniu laiko būdo atauginti galūnes suradimą.

Čia pasidarbavo Ginkluotųjų pajėgų Regeneracinės medicinos institutas, pradėjęs taikyti visiškai naują organų auginimo metodą. Mokslininkai jau seniai žinojo, kad salamandros pasižymi įstabia regeneracija – atsiaugina galūnes, jų netekusios. Jos atauga dėl to, kad kamieninės ląstelės yra stimuliuojamos gaminti naujas galūnes.

Vieną jau davusią vaisių teoriją tiria Stivenas Badilakas (*Stephen Badylak*) iš Pitsburgo universiteto; jam pavyko atauginti pirštų galiukus. Jo komanda sukūrė vadinamąsias *laumių dulkės*, pasižyminčias stebuklinga galia atauginti audinius. Dulkės kuriamos ne iš ląstelių, o iš neląstelinės matricos, esančios tarp ląstelių.

Matrica svarbi dėl to, kad joje yra signalai, ląstelėms nurodantys augti tam tikru būdu. Laumių dulkės, veikdamos nukirstas pirštų viršūnes, stimuliuoja ne tik pastarųjų, bet ir nagų augimą, ir gaunama beveik visiškai tokia pat piršto kopija. Šitokių būdu pavyko atauginti iki 8 mm audinio ir nagą. Tolesnis tikslas – šį procesą tęsti ir mėginti atauginti visą žmogaus sąnarį, kaip tai daro salamandros.

KLONAVIMAS

Jei galima užauginti įvairius kūno organus, tai ar negalima užauginti viso žmogaus, sukurti tikslios genetinės jo kopijos, klono? Atsakymas į šį klausimą iš esmės yra teigiamas, tik kol kas dar niekam nepavyko to padaryti, nepaisant daugelio priešingo turinio pranešimų.

Klonai yra mėgstama Holivudo filmų tema, bet nuo mokslo pasiekimų juose paprastai atsiliekama. Filme „Šeštoji diena“ (*The 6th Day*) Arnoldo Švarcnegerio (*Arnold Schwarzenegger*) veikėjas kovoja su niekšais, įvaldžiusiais žmonių klonavimo meną. Dar svarbiau, kad jie įvaldė ir meną nukopijuoti atmintį ir ją įdiegti klonui. Kai aktoriui pasiseka nudobti vieną niekšą, jį pakei-

čia kitas, tačiau jis – ta pati asmenybė, ta pati jos atmintis. Viskas susipainioja, kai išsiaiškina, kad klonas buvo padarytas iš jo paties, jam apie tai nežinant. (Iš tikrųjų klonuojamų gyvūnų atmintis neklonuojama.)

Klonavimo sąvoka žiniasklaidos antraštėse sumirgėjo 1997 m., kai Janui Vilmutui (*Ian Wilmut*) iš Edinburgo universiteto Roslino instituto pavyko klonuoti avelę Dolę. Paėmęs suaugusios avies ląstelę, iš jos branduolio ištraukė DNR ir tą branduolį įterpė į kiaušialąstę. Taip jam pavyko gauti genetinę originalo kopiją. Kartą paklausiau, ar numanė, kokią audrą sukels žiniasklaidoje šis istorinis jo atradimas. Atsakė, kad ne. Nors aiškiai suprato medicininę savo darbo vertę, tačiau nepakankamai įvertino, kaip jo atradimas sužavės plačiuosius visuomenės sluoksnius.

Netrukus ir kitos grupės visame pasaulyje ėmė kartoti jo eksperimentą, klonuodamos labai įvairius gyvūnus – peles, ožkas, kates, kiaules, šunis, arklius, galvijus. Kartą su *BBC* filmavimo grupe buvau nuvykęs pas Roną Markvisą (*Ron Marquess*) prie pat Dalaso Teksaso valstijoje, kur jis turi vieną iš didžiausių šalyje klonuotų galvijų fermą. Jo rančioje stebėdamasis žiūrėjau į pirmos, antros ir net trečios kartos klonuotus galvijus – klonų klonų klonus. R. Markvisas sakė: reikėtų kurti naują terminologiją, kad būtų galima atsekti įvairias klonuotų galvijų kartas.

Mano dėmesį patraukė viena galvijų grupė, kurią sudarė išsirikiavę maždaug aštuoni vienodi dvyiniai. Jie vaikščiojo, bėgiojo, ėdė, miegojo tiksliai iš eilės. Nors nežinojo, kad yra vienas kito klonai, instinktyviai laikėsi kartu ir mėgdžiojo vienas kito judesius.

R. Markvisas sakė, jog galvijų klonavimas yra potencialiai pelningas verslas. Turint bulių, pasižymintį geresnėmis nei kitų fizinėmis savybėmis, galima nemažai uždirbti veisiant. Tačiau, jam nugaišus, genetinė linija nutrūktų, jei tik sperma nebūtų surinkta ir laikoma šaldytuve. Klonavimas leistų genetinę geriausių bulių liniją išlaikyti amžinai.

Nors klonavimas turi komercinį pritaikymą gyvulininkystėje, jo perspektyvos žmonių gyvenime ne tokios aiškios. Nors būta ne vieno sensacingo pranešimo apie žmonių klonavimą, greičiausiai jie visi yra apgaulingi. Kol kas dar niekam nepavyko sėkmingai klonuoti kokį nors primatą, o ką kalbėti apie žmogų. Paaiškėjo, kad klonuoti net gyvulius yra sunku, geras embrionas gaunamas tik iš kelių šimtų nepavykusių.

Net jei klonuoti žmones techniškai būtų įmanoma, atsirastų socialinio pobūdžio kliūčių. Visų pirma daugelis religijų tam priešinasi, panašiai kaip kad katalikų Bažnyčia priešinosi kūdikiams iš mėgintuvėlio, kai 1978 m. Luizą Braun (*Louise Brown*) tapo pirmuoju pasaulyje kūdikiu, pradėtu mėgintuvėlyje. Greičiausiai bus priimti įstatymai, draudžiantys šį metodą ar bent griežtai jį reguliuojantys. Antra, komercinė žmonių klonavimo paklausa bus maža. Net jei šis būdas būtų įteisintas, klonai, tikėtina, sudarytų tik labai mažą žmonijos dalį. Galų gale, juk jau ir taip turime klonų dvynukų (ar trynukų), todėl žmonių klonavimo idėjos naujumas palaipsniui mažės.

Iš pradžių mėgintuvėlyje pradėtų kūdikių paklausa buvo didžiulė, nes nevaisingų porų labai daug. Tačiau kas norėtų klonuoti žmogų? Na, gal tėvai, gedintys mirusio vaiko. Dar labiau tikėtina, kad to gali panorėti koks nors senas turtingas žmogus, gulintis mirties patale ir neturintis palikuonių (ar nelabai jų trokštantis) ir norintis visus savo pinigus palikti sau pačiam vaiko pavidalu, kad galėtų gyvenimą pradėti iš naujo.

Taigi nors ateityje ir gali būti priimti tai draudžiantys įstatymai, žmonių klonų greičiausiai bus. Tačiau jie sudarys tik labai mažą žmonijos dalį, ir socialinės pasekmės bus visai nedidelės.

GENŲ TERAPIJA

Fransis Kolinzas (*Francis Collins*), dabartinis Nacionalinio sveikatos instituto direktorius ir žmogus, vadovavęs istoriniam vyriausybės Žmogaus genomo projektui, man sakė: „Visi turime pustuzinį gerokai sugadintų genų.“ Senovėje nebuvo kitos išeities, kaip tik iškęsti tuos genetinius (dažnai net keliančius mirtiną pavojų) trūkumus. Tačiau ateityje, pasak jo, daugelį jų galėsime išgydyti genų terapija.

Genetinės ligos persekioja žmoniją nuo pat jos istorijos pradžios, o lemiamais momentais turėjo įtakos ir istorijos eigai. Sakykime, dėl Europos karališkųjų šeimų artimos giminystės individų poravimosi (*inbreeding*) genetinės ligos kamavo ištisas aristokratų kartas. Štai Anglijos karalius Jurgis III greičiausiai sirgo aštria protarpine porfirija (*acute intermittent porphyria*), sukeliančia laikinus beprotybės priepuolius. Kai kurie istorikai mano, jog tai apsunkino jo santykius su kolonijomis Amerikoje ir jas paskatino 1776 m. paskelbti savo nepriklausomybę.

Anglijos karalienė Viktorija turėjo hemofilijos, sukeliančios nesustabdomą kraujavimą, geną. Kadangi turėjo devynis vaikus, daugelis iš kurių vedybomis susigiminiavo su kitomis Europos valdovų dinastijomis, ši „karalių liga“ išplito visame žemyne. Rusijoje hemofilija sirgo karalienės Viktorijos proprovaikaitis caraitis Aleksejus, Nikolajaus II sūnus; tą jo ligą, atrodo, laikinai sustabdė mistiškasis Rasputinas. Šis „pakvaišęs vienuolis“ ėgijo pakankamai galios paralyžiuoti Rusijos aristokratiją, atidėlioti verkiant reikalingas reformas, ir tai, kai kurių istorikų nuomone, prisidėjo prie bolševikinės revoliucijos kilimo 1917 m.

Tačiau ateityje genų terapija gali išgydyti daugelį iš 5000 žinomų genetinių ligų, tarkime, cistinę fibrozę (ja serga Šiaurės Europos gyventojai), Tėjo-Sakso ligą (nuo jos kenčia Rytų Europos žydai) ir pjautuvo formos ląstelių anemiją (ja serga afrikiečių kilmės amerikiečiai). Artimiausioje ateityje gali būti įmanoma išgydyti daugelį genetinių ligų, sukeltų kokio nors vieno geno mutacijos.

Genų terapija yra dviejų rūšių: somatinė ir embrioninė.

Somatine genų terapija taisomi sugedę to individo genai. Terapinė vertė dingsta, individui mirus. Daug prieštaringiau vertinama embrioninė genų terapija, kai taisomi lytinių ląstelių genai, todėl pataisytas genas gali būti perduotas kitai kartai beveik visam laikui.

Genetinių ligų gydymo kelias ilgas, bet gerai nusistovėjęs. Pirmiausia reikia surasti kai kurių genetinių ligų aukas ir kruopščiai ištirti genealoginius jų medžius, daug praeities kartų. Analizuojant tų individų genus, stengiamasi tiksliai nustatyti galbūt pažeisto geno buvimo vietą.

Paskui paimama sveika to geno atmaina ir įterpiama į vadinamąjį vektorių (paprastai nekenksmingą virusą), kuris išvirkščiamas pacientui. Virusas „gerąjį geną“ greitai įterpia į ląsteles, ir žmogus gali pagyti. 2001 m. visame pasaulyje buvo atliekama daugiau kaip 500 genų terapijos bandymų arba nagrinėjami jų rezultatai.⁵

Tačiau pažanga buvo lėta, o rezultatai įvairūs. Kliudo tai, kad kūnas tą nekenksmingą virusą su „geruoju genu“ dažnai supainioja su pavojingu virusu ir ima jį pulti. Tai sukelia šalutinių padarinių, kurie gali panaikinti gerojo geno poveikį. Be to, nepakankamai virusų teisingai įterpia gerąjį geną į reikiamas ląsteles, todėl kūnas negali pagaminti pakankamų reikiamo baltymo kiekių.

Nepaisant šių sunkumų, Prancūzijos mokslininkai 2000 m. paskelbė, kad gali išgydyti vaikus, sergančius sunkia kombinuotojo imunodeficio (SKID) liga – jie gimė be imuninės sistemos. Kai kurie iš sergančių šia liga, pavyzdžiui, „Burbulo vaikas Deividas“, bus priversti visą gyvenimą praleisti steriliame plastikiniame burbule, nes, neturint imuninės sistemos, kiekviena liga gali baigtis mirtimi. Genetinė tokių pacientų analizė rodo, kad imuninės jų ląstelės iš tikrųjų įsisavino naująjį geną, ir imuninės sistemos ėmė veikti.

Tačiau būta ir nesėkmių.⁶ 1999 m. Pensilvanijos universitete gydant genų terapija vienas pacientas mirė, ir medikų bendruomenė ėmė perkratyti savo sąžinę. Mirė pirmas iš 1100 pacientų, gydomų tokia genų terapija. O 2007 m. 4 iš 10 pacientų, gydytų nuo vienos konkrečios SKID atmainos, susirgo leukemija. SKID gydymo genų terapija tyrimai dabar nukreipti į tokį šios ligos gydymą, kad jis atsitiktinai nesuaktyvintų geno, galinčio sukelti vėžį. Lig šiol 17 pacientų, sirgusių įvairiomis SKID atmainomis, jau nebeturi nei SKID, nei vėžio, ir tai yra vienas iš nedaugelio laimėjimų šioje srityje.

Vienas iš genų terapijos taikinių kaip tik ir yra vėžys. Beveik 50 % visų paprasto vėžio atvejų yra susiję su pažeistu *p53* genu. Jis yra ilgas ir sudėtingas, ir tai didina tikimybę, kad jį pažeis aplinkos bei cheminiai veiksniai. Todėl buvo atlikta daug genų terapijos eksperimentų, siekiant pacientams įdiegti sveiką *p53* geną. Tarkime, cigarečių dūmai dažnai sukelia būdingas trijų gerai žinomų *p53* geno elementų mutacijas. Todėl gali ateiti diena, kai genų terapija (pažeisto *p53* geno pakeitimas) leis išgydyti kai kurias plaučių vėžio atmainas.

Šioje srityje pirmyn einama pamažu, bet nuolat. 2006 m. Merilando Nacionalinio sveikatos instituto mokslininkams pavyko išgydyti metastazinę melanomą (odos vėžio atmainą), taip modifikuojant žudomąsias *T* ląsteles, kad jos naikintų vėžio ląsteles. Tai pirmas tyrimas, parodęs, kad genų terapiją sėkmingai galima panaudoti prieš kai kurias vėžio atmainas. O 2007 m. Universiteto koledžo ir Murfildso akių ligoninės (Londonas) gydytojai genų terapija gydė kai kurias paveldimas tinklainės ligos atmainas (sukeltas *RPE65* geno mutacijų).

Kai kurios sutuoktinių poros, nelaukdamos genų terapijos, savo genetinį paveldą ima į savo rankas. Tokia pora *in vitro* apvaisinimo būdu gali susikurti kelis apvaisintus embrionus. Kiekvieną embrioną galima patikrinti, ar neturi kokios nors genetinės ligos, o tada pora gali pasirinkti embrioną be genetinių

ligų ir jį įterpti į motinos kūną. Šitokiu būdu palaiapsniui galima išnaikinti genetines ligas, netaikant brangių genų terapijos metodų. Šį būdą šiuo metu taiko kai kurie Bruklino žydų ortodoksai, nors yra didelė rizika susirgti Tėjo-Sakso liga.

Tačiau yra liga, kuri greičiausiai išliks mirtina visą šį šimtmetį. Tai vėžys.

SUSIGYVENIMAS SU VĖŽIU

1971 m. tuometinis JAV prezidentas Ričardas Niksonas (*Richard Nixon*) su dideliu reklaminiu triukšmu iškilmingai paskelbė karą vėžiui. Skyrė daug pinigų, nes manė, kad gydymo būdai netrukus bus sukurti. Tačiau ir po 40 m. (ir tam karui išleidus 200 mlrd. dol.) vėžys tebėra antra pagrindinė mirties priežastis Jungtinėse Valstijose – 25 % gyventojų miršta nuo jo. Sergančių vėžiu mirštamumas nuo 1950 iki 2005 m. sumažėjo tik 5 % (duomenys pako-reguoti, atsižvelgiant į amžių bei kitus veiksnius). Apytikriais apskaičiavimais, vien tik šiais metais [2011] nuo vėžio mirs 562 000 amerikiečių, arba daugiau kaip po 1000 per dieną. Sergamumas kai kuriomis vėžio atmainomis sumažėjo, bet kitomis atkakliai laikosi tame pačiame lygyje. O gydymas nuo vėžio, apimantis veikimą nuodais, chirurgines operacijas ir spindulinę kūno audinių terapiją, yra lydimas pacientų ašarų; jie dažnai net svarsto, kas blogiau – liga ar jos gydymas.

Dabar matome, kas buvo daroma ne taip. 1971 m., iki revoliucinių genų inžinerijos nulemtų permainų, vėžio priežastys buvo visiškai nežinomos.

Šiuo metu mokslininkai jau supranta, kad vėžys iš esmės yra genų liga. Nesvarbu, kas jį būtų sukėlęs – virusas, cheminės medžiagos, radiacija (jonizuojančioji spinduliuotė) ar dar kas nors, iš esmės apima keturių ar daugiau genų mutavimą: normali ląstelė „pamiršta, kaip mirti.“ Tokia ląstelė nebevaldo savo dauginimosi – dauginasi nesustodama, ir dėl to ilgainiui žmogus miršta.

Tai, kad vėžiui atsirasti reikia keturių ar daugiau genų, turinčių trūkumų, sekos, greičiausiai paaiškina faktą, kad nuo vėžio dažnai mirštama praėjus keliems dešimtmečiams nuo jį sukeliančio pradinio įvykio. Pavyzdžiui, žmogus vaikystėje galėjo stipriai nudegti saulėje. Po kelių dešimtmečių tada nudegusiose vietose gali išsivystyti odos vėžys. Vadinasi, greičiausiai reikėjo tiek daug laiko, kad įvyktų kitos mutacijos ir galiausiai ląstelę nukreiptų į vėžinio vystymosi kelią.

Yra ne mažiau kaip dvi tų vėžio genų rūšys – onkogenai ir navikų slopin-tojai. Jie veikia panašiai, kaip automobilyje veikia akceleratorius ir stabdžiai. Onkogenas veikia kaip iki galo nuspaustas akceleratorius, leidžiantis automo-biliui lėkti nevaldomai, o ląstelė gali daugintis nesustodama. Navikų slopin-tojas paprastai veikia kaip automobilio stabdžiai, todėl kai jis yra pažeistas, ląstelė tampa panaši į negalintį sustoti automobilį.

Vėžio genomo projektas planuoja nustatyti daugumos vėžio atmainų genų išsidėstymo eilės tvarką. Kadangi kiekvienam vėžio atvejui reikia turėti žmogaus genomą, tai Vėžio genomo projektas yra šimtus kartų sudėtingesnis už pradinį Žmogaus genomo projektą.

Kai kurie pirmieji šio ilgai laukto Vėžio genomo projekto rezultatai, gauti tiriant odos ir plaučių vėžį, buvo paskelbti 2009 m. Jie nustebino. Maikas Stratonas (*Mike Stratton*) iš *Wellcome Trust Sanger* instituto sakė: „Tai, ką šian-dien pamatėme, pakeis mūsų požiūrį į vėžį. Niekada anksčiau vėžys nebuvo atskleistas šitokiu būdu.“⁷

Plaučių vėžio ląstelė turėjo nepaprastai daug – net 23 000 – individualių mutacijų, o melanomos ląstelė – 33 000 mutacijų. Taigi prisiekęs rūkalius, su-rūkęs 15 cigarečių, sukuria vieną mutaciją. (Nuo plaučių vėžio kasmet visame pasaulyje miršta 1 mln. žmonių, o juo susergama daugiausia nuo rūkymo.)

Vėžio genomo projekto tikslas yra genetiškai išanalizuoti visas vėžio atmai-nas, kurių yra daugiau kaip 100. Kūne yra daug audinių, ir visi gali tapti vėžiniai; kiekvieną audinį gali paveikti daug vėžio atmainų, o kiekvienoje jų yra dešimtys tūkstančių mutacijų, todėl prireiks daug dešimtmečių tiksliai nustatyti, kurios iš tų mutacijų sukelia ląstelių mechanizmo sutrikimą. Mokslininkai sukurs daug gydymo būdų įvairioms vėžio atmainoms, bet nesukurs vieno, tinkamo visoms atmainoms, būdo, nes vėžys panašus į daugelio ligų rinkinį.

Rinkoje rodysis vis naujų vaistų ir gydymo būdų, jie bus sukurti kovoti su vėžiu molekulinio ir genetinio lygiu. Štai kai kurie iš perspektyvių naujų būdų:

- antiangiogenezė, arba kraujo tiekimo į naviką slopinimas, kad negalė-tų augti;
- nanodalelės, veikiančios kaip „išmaniosios bombos“, nukreiptos į vė-žio ląsteles;

- genų, ypač geno *p53*, gydymas;
- nauji vaistai, nukreipti tiesiai į vėžio ląsteles;
- nauji skiepai prieš virusus, galinčius sukelti vėžį, pavyzdžiui, prieš papilomos virusą, sukeliantį gimdos kaklelio vėžį.

Deja, mažai tikėtina, kad pavyks rasti užburta kulka, kuri įveiktų vėžį. Greičiau gydysime pamažu. Daugiau nei tikėtina, kad mirštamumas nuo jo akivaizdžiai sumažės tik tada, kai aplinkoje bus daug DNR mikroschemų, kurios be perstojo stebės, ar kūne nėra vėžio ląstelių ir perspės apie jų buvimą prieš kelerius metus iki susidarant navikui.

Nobelio premijos laureatas D. Baltimoras sako: „Vėžys yra visa armija ląstelių, kurios kovoja su mūsų gydymo būdais taip, kad – esu tikras – kova su juo niekada nesiliaus.“⁸

ŠIMTMEČIO VIDURYS (2030–2070 M.)

GENŲ TERAPIJA

Nepaisant genų terapijos nesėkmių, tyrinėtojai tiki – ateinančiais dešimtmečiais bus pasiekta pastovių laimėjimų. Daugelis mano, kad iki šio amžiaus vidurio genų terapija taps įprastu metodu gydyti įvairias genetines ligas. Daugelį tų pasiekimų, tiriant gyvūnus, ilgainiui bus galima taikyti ir žmonių tyrimams.

O kol kas genų terapija gydomos ligos, sukeltos kurio nors vieno geno mutacijų. Jas pirmiausia ir reikia gydyti. Tačiau daugelį ligų lemia kelių genų mutacijos kartu su kancerogeniniais aplinkos veiksniais. Tokias ligas gydyti daug sunkiau, bet joms priklauso ir kitos sunkios ligos: diabetas, šizofrenija, Alzheimerio ir Parkinsono, širdies yda. Visos jos susijusios su tam tikromis genų struktūromis, bet nėra vieno jas sukeliančio geno. Pavyzdžiui, iš dvynių vienas gali būti šizofrenikas, o kitas normalus.

Per daug metų būta nemažai pranešimų, kad, mokslininkams analizuojant įvairių šeimų genų istorijas, pavyko nustatyti kai kuriuos, susijusius su šizofrenija, genus. Tačiau padėtį sunkina tai, kad tų rezultatų dažnai neįmanoma patvirtinti kitais nepriklausomais tyrimais. Taigi tie rezultatai turi trū-

kumų, arba šizofrenija galbūt susijusi su daugeliu genų. Be to, atrodo, kalti ir kai kurie aplinkos veiksniai.

Iki šio šimtmečio vidurio genų terapija taps įprastu gydymo būdu, bent gydant pavienių genų sukeltas ligas. Tačiau pacientai gali nesitenkinti vien tik sutrikusių genų taisymu. Jie gali norėti juos pagerinti.

SUKONSTRUOTI VAIKAI

Šio šimtmečio viduryje mokslininkai jau nebesitenkins vien tik sugedusių genų taisymu, o stengsis juos pagerinti.

Troškimas turėti antžmogiškų galių yra labai senas, giliai įsišaknijęs senovės graikų ir romėnų mitologijoje bei mūsų svajonėse. Įžymusis didvyris Heraklis, vienas iš populiariausių graikų ir romėnų pusdievių, toks stiprus tapo ne dėl to, kad mankštinosi bei tinkamai maitinosi, o kad turėjo dieviškųjų genų. Jo motina buvo mirtinga gražuolė Alkmenė, kritusi Dzeusui į akį; jis tada persirengė jos vyru ir pasimylėjo.

Kai Alkmenė pastojo, Dzeusas pareiškė, kad jūdviejų kūdikis užaugęs taps žymiu kariu. Tačiau Dzeuso žmoną Herą apėmė pavydas, ir ji slapta ėmė regzti planus, kaip nužudyti kūdikį, kuo labiau nutolinant jo gimimo laiką. Alkmenė, ilgai gimdydama, vos nenumirė, bet pikti Heros kėsmai paskutinę akimirką buvo atskleisti, ir Alkmenė pagimdė neįprastai didelį kūdikį. Būdamas pusiau žmogus ir pusiau dievas, Heraklis paveldėjo dieviškąją tėvo jėgą ir ją panaudojo didvyriškiems, legendiniams žygdarbiams.

Ateityje gal ir neišmoksime kurti dieviškųjų genų, bet tikrai kursime tokius, kurie suteiks antžmogiškų galių. Kaip Heraklio gimdymas buvo labai sunkus, taip ir mums įgyvendinti tą technologiją bus sunku.

Šio šimtmečio viduryje „sukonstruoti vaikai“ gali tapti tikrove. Harvardo universiteto biologas E. O. Vilsonas (*E. O. Wilson*) sakė: „*Homo sapiens*, pirmoji tikrai laisva biologinė rūšis, nori atsisakyti natūraliosios atrankos, tos jėgos, kuri sukūrė mus [...] Greitai reikės kaip reikiant įsižiūrėti į savo vidų ir nuspręsti, kuo norėtume tapti.“⁹

Mokslininkai jau išmoko išskirti genus, valdančius pagrindines funkcijas. Sakykime, 1999 m. buvo išskirtas „išmaniosios pelės“ genas, gerinantis jos

atmintį ir veiklos rezultatus. Turinčios tokį geną, pelės lengviau suranda kelią labirinte ir geriau įsimeina.

Prinstono universiteto mokslininkas Džozefas Cienas (*Joseph Tsien*) išvedė genetiškai pakeistos pelės atmainą, turinčią papildomą geną NR_2B , padedantį pelės galvos smegenų priekyje pradėti gaminti neurotransmiterį N-metil-D-aspartatą (NMDA). Išmaniąją pelę kūrėjai pavadino Dūgio pele (pagal televizijos seriale veikėją, paauglį gydytoją Dūgį Hauzerį).

Ta išmanioji pelė įvairiuose testuose pralenkė paprastą pelę. Įmesta į pus-kubilį su vandeniu, turėjo surasti visai negiliai po vandens paviršiumi paslėptą platformą, ant kurios galėtų pailsėti. Paprasta pelė pamiršo, kur ta platforma, ir plaukiojo kaip pakliuvo, o išmanioji jau pirmo bandymo nuplaukė tiesiai prie jos. Pelėms parodžius du daiktus, seną ir naują, paprasta pelė į naują dėmesio nekreipdavo, o išmanioji dėmesį atkreipdavo iš karto.

Svarbiausia, kad mokslininkai suprato, kaip veikia išmaniosios pelės genai: jie reguliuoja smegenų sinapses (neuronų jungtis). Jei smegenis palygintume su mokamų greitkelių raizgalyne, sinapsės atitiktų rinkliavos už kelią būdeles. Jei rinkliava per didelė, automobiliai tuo greitkeliu nevažiuos; kitaip sakant, nervų signalas nebus perduotas tolyn. Bet jei rinkliava bus maža, automobiliai ten važiuos – signalas smegenyse bus perduotas tolyn. NMDA neurotransmiteriai sumažina sinapsės „rinkliavą“, ir tada signalai gali laisvai keliauti tolyn. Išmaniosios pelės turi du NR_2B geno egzempliorius, ir tai savo ruožtu padeda gaminti NMDA transmiterius.

Išmaniosios pelės patvirtina Hebo taisyklę, kad mokymasis vyksta tada, kai tam tikri nervinių signalų sklaidimo keliai yra sustiprinami. Signalus galima sustiprinti reguliuojant sinapses, jungiančias dvi nervų ataugėles, palengvinant signalų perėjimą per sinapses.

Tai gali palengvinti kai kurių mokymosi ypatumų paaiškinimą. Jau seniai žinoma, kad senstančių gyvūnų mokymasis silpnėja. Mokslininkai tai pastebi visame gyvūnų pasaulyje; šį faktą galima paaiškinti tuo, kad senstant NR_2B geno aktyvumas mažėja.

Taip pat, kaip matėme anksčiau, kalbėdami apie Hebo taisyklę, įsiminti galima tada, kai tarp neuronų susidaro stiprus ryšys. Taip gali būti iš tikrųjų, nes NMDA receptoriaus įjungimas sukuria stiprų ryšį.

STIPRIOSIOS PELĖS GENAS

Be to, buvo nustatytas ir „stipriosios pelės genas.“ Jis padidina raumenų masę, todėl tokį geną turinti pelė atrodo turinti per daug išvystytus raumenis. Šis genas pirmą kartą buvo aptiktas pelėje, turinčioje neįprastai didelius raumenis. Mokslininkai dabar jau žino, kad dėl to kaltas miostatino genas, padedantis reguliuoti raumenų augimą. 1997 m. mokslininkai pastebėjo, kad, pelėje sustabdžius to geno veikimą, raumenų augimas smarkiai padidėja.

Netrukus po to Vokietijoje mokslininkai ištyrė naujagimį, kurio buvo nepaprastai raumeningos rankos ir kojos. Ultragarsiniai tyrimai parodė, kad raumenys dvigubai didesni už normalius. Nustatę kūdikio ir motinos (ji buvo sportininkė profesionalė – sprinterė) genų išsidėstymo eilės tvarką, pamatė, kad ji labai panaši. Tiesą sakant, to kūdikio kraujyje miostatino visai nebuvo.

Džono Hopkinso medicinos mokyklos mokslininkai iš pradžių labai norėjo susisiekti su pacientais, sergančiais degeneraciniu raumenų sutrikimu, kuriems galėtų padėti šis atradimas, bet teko nusivilti, nes pusė skambinusių buvo kultūristai, kurie norėjo raumenų masę didinančio geno, nesukdami sau galvos dėl pasekmių. Jie greičiausiai negalėjo pamiršti fenomenalios A. Švarcnergerio sėkmės: jis atvirai prisipažino, kad naudojo steroidus savo svaiginaimos karjeros pradžioje.

Dėl didelio susidomėjimo miostatino genu ir jo slopinimo būdais net Olimpinis komitetas buvo priverstas sudaryti specialią komisiją šiam klausimui išnagrinėti. Steroidus palyginti lengva aptikti cheminiais tyrimais, o šį naują raumenų masės didinimo būdą aptikti daug sunkiau, nes jis apima genus ir jų gaminamus baltymus.

Dvynių, perskirtų tuoj po gimimo, tyrimai rodo, kad genetiniai ypatumai turi įtakos labai įvairiems elgesio bruožams: apie 50 % dvynių elgesio bruožų daro įtakos genai, o kitiems 50 % – aplinka. Iš tų bruožų galima paminėti atmintį, minčių reiškimą žodžiais, erdvės suvokimą, informacijos apdorojimo greitį, ekstravertiškumą, adrenalino troškimą.

Net elgesio elementai, laikyti sudėtingais, dabar atskleidžia savo genetines šaknis. Pavyzdžiui, prerijų pelėnai yra monogaminiai, o laboratorinės pelės poligaminės. Laris Jangas (*Larry Young*) iš Emorio universiteto nustebino biotechnologijų pasaulį pademonstravęs, kad, vieną prerijų pelėno geną

perkėlus pelei, ji gali tapti monogaminė. Kiekvienas gyvūnas turi vis kitoki smegenų tam tikrų peptidų receptorių variantą, susijusį su socialiniu elgesiu ir poravimusi. L. Jangas pelėno geną, atsakingą už šį receptorių, įterpė į pelės organizmą ir pamatė, kad jos elgesys tada tapo panašesnis į monogaminį pelėno elgesį.

L. Jangas sako: „Nors sudėtingų socialinio elgesio formų, tarkime, monogamijos, evoliucijoje greičiausiai dalyvauja daug genų [...] vieno vienintelio geno reikšimosi pokytis gali turėti įtakos sudedamosioms tų elgesio formų dalims – ryšių užmezgimui.“¹⁰

Depresija, nusiminimas, laimė irgi gali turėti genetines šaknis. Nuo seno žinoma, jog yra žmonių, kurie laimingi, nors yra patyrę tragiškų nelaimių. Jie visada mato šviesiąją įvykių pusę net ir susidūrę su nesėkmėmis, galinčiomis sugniuždyti kitus žmones. Tie žmonės taip pat dažniausiai yra sveikesni už kitus.

Harvardo universiteto psichologas Danielis Gilbertas (*Daniel Gilbert*) man sakė, kad yra hipotezė, galinti tai paaiškinti. Greičiausiai esame gimę su „nustatyto lygio laime“. Kiekvieną dieną laimė gali siekti tą lygį, kuris yra įgimtas. Ateityje vaistais ir genų terapija gali pavykti tą lygį pakeisti; tai ypač aktualu kenčiantiems nuo nuolatinės depresijos.

ŠALUTINIAI BIOTECHNOLOGIJOS REVOLIUCIJOS PADARINIAI

Šio šimtmečio viduryje mokslininkai jau mokės išskirti ir modifikuoti daugelį pavienių genų, valdančių įvairias žmonių savybes. Tačiau tai nereiškia, kad žmonija iš karto turės iš to naudos. Dar laukia ilgas įtemptas darbas – juk reikės sureguliuoti šalutinius padarinius bei nepageidautinas pasekmes, ir tai užtruks ne vieną dešimtmetį.

Štai pavyzdys: Achilas buvo neįveikiamas mūšyje, jis vadovavo pergalingiems graikams epiniuose mūšiuose su trojėnais. Tačiau jis turėjo pražūtingą trūkumą. Kūdikystėje motina jį buvo panardinusi į magiškojo Stikso vandenį, kad taptų nenugalimas. Deja, panardindama laikė už kulno, dėl to jis liko pažeidžiamas. Vėliau jam buvo lemta žūti Trojos kare, kai strėlė pataikė į kulną.

Šiandien mokslininkai suka galvas, ar naujos jų laboratorijose sukurtos gyvūnų atmainos irgi neturi paslėptų „Achilo kulnų“. Pavyzdžiui, lig šiol jau

išvestos apie 33 „išmaniųjų pelių atmainos, pasižyminčios geresne atmintimi ir veiklesnės. Tačiau geresnės atminties turėjimas yra susijęs ir su nelauktu šalutiniu padariniu: išmaniąsias peles kartais sukausto baimė: paveiktos net labai silpna elektros srove, ima drebėti. „Jos elgiasi taip, tarsi per daug prisimintų,“ – sako Alsinas Silva (*Alcino Silva*) iš Kalifornijos universiteto, išvedęs naują išmaniųjų pelių atmainą.¹¹

Mokslininkai dabar jau supranta, kad užmiršimas, ko gero, gali būti ne mažiau svarbus už įsiminimą, norint susivokti šiame pasaulyje ir organizuoti savo žinias. Galbūt mums, norint organizuoti savo žinias, reikia daug ką išmesti iš atminties.

Tai primena vieną XX a. trečiojo dešimtmečio atvejį – rusų neurologo Aleksandro Romanovičiaus Lurijos (*Александр Романович Лурия*) aprašytą žmogų, turėjusį fotografinę atmintį. Vos kartą perskaitęs Dantės Aligjerio (*Dante Alighieri*) „Dieviškąją komediją“ [*Commedia* arba *Divina Commedia*], jis įsiminė kiekvieną žodį. Tai pravertė darbe (buvo laikraščio reporteris), bet nesuprato perkeltinių kalbos reiškinių. A. R. Lurija rašė: „Suprasti trukdė didžiulė kliūtis: kiekvienas posakis jo galvoje sukeldavo kokį nors vaizdinį, kuris susikirsdavo su kitu sukeltu vaizdiniu.“¹²

Tiesą sakant, mokslininkai mano, kad turi būti pusiausvyra tarp įsiminimo ir užmiršimo.¹³ Jei pamiršime per daug, gal ir pavyks pamiršti praeityje padarytų klaidų sukeltą skausmą, bet kartu pamiršime ir svarbius faktus bei įgūdžius. O jei įsiminsime per daug, galbūt įsiminsime svarbias detales, bet kartu gali suparalyžiuoti kiekvieno patirto nemalonumo ar nesėkmės prisiminimas. Tik šių dviejų procesų kompromisas gali užtikrinti geriausią supratimą.

Kultūristai jau pulkais griebiasi įvairių preparatų bei gydymo būdų, žadančių jiems garbę ir šlovę. Eritropoetino (EPO) hormonas padeda gamintis daugiau deguonies turintiems eritrocitams, ir tai didina ištvermę. Tačiau EPO tirština kraują, tai didina ir insulto bei širdies smūgio tikimybę. Panašūs į insuliną augimo stimulatoriai yra naudingi, nes padeda baltymams didinti raumenų masę, bet jie susiję ir su navikų augimu.

Net jei bus priimti įstatymai, draudžiantys genus tobulinti, tai sustabdyti bus sunku. Pavyzdžiui, evoliucija genetiškai suprogramavo tėvus taip, kad savo vaikams jie nori duoti kuo daugiau pranašumų. Viena vertus, tai gali reikšti, kad stengsis suteikti galimybę mokytis griežti smuiku, lankyti baleto

studiją ar sporto treniruotes. Tačiau, kita vertus, tai gali reikšti ir mėginimus tobulinti genus, kad pagerėtų atmintis, susikaupimas, sportiniai gabumai, gal net ir išvaizda. Jei tėvai sužinos, kad jų vaikas lenktyniauja su kaimynų vaiku, kurio genai, kaip teigia gandai, buvo gerinti, tai jie gali norėti tokį pranašumą suteikti ir savo vaikui.

Gregoris Benfordas (*Gregory Benford*) sakė: „Žinome, kad gražiems žmonėms labiau sekasi. Tad kokie gi tėvai pajėgs atsispirti norui kiek galėdami padėti savo vaikui tame naujame, šauniame, konkurenciniame pasaulyje?“¹⁴

Šio šimtmečio viduryje genų tobulinimas gali tapti įprastu dalyku. Tiesą sakant, be to gal net negalėsime apsieiti, jei norėsime tyrinėti Saulės sistemą ir gyventi nesvetingose planetose.

Yra sakančių, kad reikėtų naudoti sukonstruotus genus, kad būtume sveikesni ir laimingesni. Kiti teigia – reikėtų leisti daryti ir kosmetinius patobulinimus. Tik ar toli tokiu keliu galima eiti? Bet koku atveju kuo toliau, tuo sunkiau gali būti valdyti plitimą „sukonstruotų genų“, kurie gerina išvaizdą ir didina veiklos efektyvumą. Nenorime, kad žmonija suskiltų į genetiškai skirtingas dalis – patobulintą ir nepatobulintą, bet visuomenė privalo turėti teisę demokratiškai nuspręsti, koku mastu šią technologiją naudoti.

Aš manau, jog reikėtų priimti įstatymus, reguliuojančius šį galingą metodą. Galbūt reikėtų leisti genų terapija gydyti ir užtikrinti produktyvų gyvenimą, bet ją riboti grynai kosmetiniams tikslams. Ateityje gali atsirasti juodoji rinka tų įstatymų nesilaikyti, tad galbūt būsime priversti prisitaikyti prie tokios visuomenės, kurioje nedidelė gyventojų dalis bus genetiškai patobulinta.

Tačiau didžiąjai gyventojų daliai tai gal ir nebus didelė nelaimė. Juk jau ir dabar plastinė chirurgija gali pagerinti išvaizdą, todėl gal ir nebus reikalo tam griebtis genų inžinerijos. Tačiau pavojus gali kilti tada, kai kas nors mėgins genetikos metodais keisti savo asmenybę. Elgesiui greičiausiai turi įtakos daugelis genų, kurių sąveika labai sudėtinga, tad kažko darymas su jais gali sukelti nelauktų šalutinių pasekmių. Gali prisireikti ne vieno dešimtmečio joms išsiaiškinti.

Tačiau ką galima pasakyti apie didžiausią iš visų genų patobulinimų – gyvenimo trukmės pailginimą?

TOLIMOJI ATEITIS (2070–2100 M.)

SENĖJIMO KRYPTIES PASUKIMAS ATGAL

Per visą žmonijos istoriją karaliai ir karvedžiai galėjo valdyti ištisas imperijas, tik vienas dalykas nepakluso jų valdžiai – senėjimas. Todėl nemirtingumo ieškojimas – vienas iš seniausių žmonijos istorijoje.

Biblijoje Dievas išvarė iš rojus Adomą ir Ievą, kad nepakluso jo įsakymui neragauti Pažinimo medžio vaisių. Dievas bijojo, kad Adomas ir Ieva pažinimo nepanaudotų atskleisti nemirtingumo paslaptį ir patys netaptų dievais. Biblijoje sakoma: „Tik pažiūrėk! Žmogus tapo kaip vienas iš mūsų, žinantis gera ir pikta. Kad tik jis kartais netiestų savo rankos, nepasiimtų ir nuo gyvybės medžio, valgytų ir gyventų amžinai!“ (Pradžios knyga 3, 22)

Be Biblijos, viena iš seniausių ir įžymiausių žmonių civilizacijos sakmių, sukurtų 27 šimt. pr. Kristų, yra „Gilgamešo epas“ apie šį didįjį Mesopotamijos karį. Kai netikėtai mirė jo senas ištikimas draugas, Gilgamešas leidosi į kelionę ieškoti nemirtingumo paslapties. Jis girdėjo gandų, kad vienas išmintingas žmogus su žmona gavo iš dievų nemirtingumo dovaną, ir tik jie vieni savo šalyje liko gyvi po Pasaulinio tvano. Ilgai ieškojęs, nemirtingumo paslaptį Gilgamešas pagaliau surado, tačiau paskutinę akimirką gyvatė nutvėrė iš panosės.

„Gilgamešo epas“ yra vienas iš seniausių literatūrinių paminklų, tad istorikai mano, kad nemirtingumo ieškojimas įkvėpė graikų poetą Homerą sukurti „Odiseją“; pagal jį buvo aprašytas ir Biblijoje minimas tvanas bei Nojaus likimas.

Daugelis senovės valdovų, pavyzdžiui, pirmasis Chan dinastijos imperatorius, suvienijęs Kiniją apie 200 m. pr. Kr., siuntė didžiulius laivynus ieškoti jaunystės šaltinio, bet iš to nieko neišėjo. (Pasak padavimų, minėtas imperatorius įsakė savo laivams negrįžti, kol neras. Nesuradę, bet bijodami grįžti, jūreiviai įkūrė Japonijos valstybę.)

Ištisus dešimtmečius dauguma mokslininkų manė, kad gyvenimo trukmė yra pastovi ir nekintama, nepavaldi mokslui. Tačiau per pastaruosius keletą metų tokia nuomonė sužlugo, neatlaikiusi daugybės įspūdingų eksperimentų rezultatų, sukėlusių revoliucinį šios srities perversmą. Gerontologija, ilgai

buvusi mieguistas mokslo užutėkis, tapo viena iš aktualiausių jo sričių, kurios tyrimams skiriami šimtai milijonų dolerių ir net galvojama apie komercinius projektus.

Dabar stengiamasi atskleisti senėjimo paslaptis, ir šiame procese genetikai teks gyvybiškai svarbus vaidmuo. Įvairių gyvūnų gyvenimo trukmė labai nevienoda. Mūsų DNR nuo mūsų artimiausios genetinės giminaitės šimpanzės DNR skiriasi tik 1,5 %, tačiau mes gyvename 50 % ilgiau. Perpratę kai kuriuos genus, skiriančius mus nuo šimpanzių, galbūt nustatysime, kodėl gyvename daug ilgiau už jas.

Tai savo ruožtu sukūrė „jungtinę senėjimo hipotezę“, kuri įvairias tyrimo gijas sujungia į darnią visumą. Mokslininkai jau žino, kas yra senėjimas. Tai klaidų kaupimasis genuose ir ląstelėse. Jų gali atsirasti įvairiais būdais. Tarkime, medžiagų apykaita sukuria laisvuosius radikalus ir skatina oksidaciją, o tai pažeidžia jautrų molekulinių mūsų ląstelių mechanizmą, ir jos senėja. Klaidos gali kauptis ir molekulių nuolaužų pavidalu ląstelių viduje ar jų išorėje.

Genų klaidų kaupimasis yra šalutinis antrojo termodinamikos dėsnio produktas. Pagal šį dėsnį, bendroji entropija (chaosas) visada didėja. Štai kodėl rūdijimas, puvimas, irimas ir t. t. yra bendri, visuotiniai gyvenimo palydovai. Pabėgti nuo šio dėsnio neįmanoma. Viskam – nuo lauko gėlių iki mūsų kūnų ir net pačios Visatos – yra lemta vysti ir nykti, mirti.

Tačiau šiame dėsnyje yra maža, bet svarbi spraga – visada didėja *bendroji* entropija. Vadinasi, galima mažinti entropiją kurioje nors vietoje ir senėjimą stabdyti, ją didinant kurioje nors kitoje vietoje. Tad įmanoma jaunėti sukėlus sumaištį kitoje vietoje. (Aliuziją į tai galima rasti garsiajame Oskaro Vaildo (*Oscar Wilde*) romane „Doriano Grėjaus portretas“ (*The Picture of Dorian Gray*). Grėjus stebuklingu būdu visą laiką išlieka jaunas. Tačiau to paslaptis paprasta: jis piešia save siaubingai pasenusį. Tad bendroji senėjimo suma vis tiek didėja.)

Entropijos principą galima aptikti ir pažvelgus, kas darosi už šaldytuvo. Jo viduje temperatūrai krintant, entropija mažėja. Tačiau, norint sumažinti entropiją, reikia turėti variklį, kuris didina už šaldytuvo ribų susidarancią šilumą, taigi didina entropiją šaldytuvo išorėje. Todėl kitoje šaldytuvo pusėje visada šilta.

Nobelio premijos laureatas Ričardas Feinmanas (*Richard Feynman*) pasakė: „Biologijoje dar nerasta nieko tokio, kas rodytų mirties neišvengiamumą.

Man tai perša mintį, kad ji tikrai nėra neišvengiama, ir tik laiko klausimas, kada biologai atskleis, kas ją lemia, ir kada ta siaubinga visuotinė žmogaus kūno laikinumo liga bus išgydyta.“¹⁵

Antrąjį termodinamikos dėsnį galima išvelgti ir moteriškojo lytinio hormono estrogeno veikime. Moteris jis daro jaunas ir žvalias iki pat menopauzės. Jai pasibaigus, senėjimas paspartėja, ir mirštamumas ima didėti. Estrogenus galima palyginti su didelio oktaninio skaičiaus degalų vartojimu sportiniame automobilyje. Automobilio veiklos efektyvumas padidėja, bet dėl to greičiau susidėvi variklis. Moterims ląstelių susidėvėjimas gali paskatinti krūties vėžį. Tiesą sakant, yra žinoma, kad estrogeno injekcijos krūties vėžio vystymąsi spartina. Tad kaina, kurią moterys moka už jaunatviškumą ir žvalumą iki menopauzės, galbūt yra bendrosios entropijos (šiuo atveju tikimybės susirgti krūties vėžiu) didėjimas.

(Sukurta daug krūties vėžio atvejų pagausėjimo pastaruoju metu hipotezių, tačiau jos dar gana kontroversiškos. Viena tvirtina, kad tai iš dalies yra susiję su moters turėtų menstruacinių ciklų skaičiumi. Senovėje sulaukusios lytinės brandos, moterys beveik visą laiką būdavo nėščios iki pat menopauzės, o jai pasibaigus, netrukus ir mirdavo. Vadinas, turėdavo mažai menstruacinių ciklų, buvo mažai ir estrogenų jų kūne, todėl krūties vėžiu susirgdavo palyginti retai. Šiandien mergaitės lytiškai subręsta anksčiau, menstruacinių ciklų turi daugiau, pagimdo vidutiniškai tik po 1,5 vaiko, pasibaigus menopauzei, gyvena dar ilgai, todėl estrogenų yra veikiamos ilgai, tad padidėja ir pavojus susirgti krūties vėžiu.)

Neseniai buvo atskleista daug įdomių duomenų apie genus ir senėjimą. Pirma, tyrinėtojai nustatė, jog įmanoma išvesti tokias gyvūnų atmainas, kurios gyvena ilgiau nei paprastai. Konkrečiai laboratorijoje galima išvesti mielių ląsteles, nematodus (apvaliąsias kirmėles) ir vaisines museles, gyvenančias ilgiau nei įprasta.

Mokslo pasaulis apstulbo, kai Maiklas Rouzas (*Michael Rose*) iš Kalifornijos universiteto (Irvine) pareiškė, jog selekcinio veisimo būdu vaisinių muselių gyvenimo trukmę galima pailginti net 70 %. Buvo nustatyta, kad jo ilgaamžės muselės turi daugiau antioksidantinio superoksido dismutazės, galinčios sumažinti laisvųjų radikalų daromą žalą.

1991 m. Tomas Džonsonas (*Thomas Johnson*) iš Kolorado universiteto (Boulderis) išskyrė geną, kurį pavadino *age-1*. Atrodo, jis atsakingas už nematodų senėjimą ir pailgina jų gyvenimo trukmę 110 %. „Jei kažką panašaus

į *age-1* turi ir žmonės, tai mes, ko gero, išties galėsime atlikti kažką įspūdingo,“ – sakė jis.¹⁶

Mokslininkai jau surado keletą genų (*age-1*, *age-2*, *daf-2*), valdančių ir reguliuojančių žemesniųjų organizmų senėjimą, tačiau tie genai turi analogų ir žmonių organizme. Tiesą sakant, vienas mokslininkas net sakė, kad mielių ląstelių gyvenimo trukmės keitimas gana panašus į šviesos įjungimą elektros mygtuku. Suaktyvinus tam tikrą geną, tos ląstelės gyvens ilgiau, o nuslopinus amžius sutrumpės.

Išvesti ilgiau gyvenančias mielių ląsteles yra gana paprasta, palyginti su sunkiu uždaviniu tai padaryti žmonėms, nes jie gyvena taip ilgai, kad daryti reikiamus eksperimentus su jais beveik neįmanoma. Tačiau atsakingų už senėjimą genų ateityje turėtų būti ieškoma sparčiau, ypač tada, kai savo genomus jau turėsime *CD-ROM* diskeliuose. Tuomet mokslininkai turės milžinišką duomenų bazę, milijardus genų, kuriuos bus galima analizuoti kompiuteriais. Jie galės peržiūrėti milijonus genomų, priklausančių dviem žmonių grupėms: jaunų ir senų. Lygindami šių grupių duomenis, galės nustatyti, kurioje vietoje senėjimas vyksta genetiniame lygyje. Išankstinis tų genų peržiūrėjimas jau leido nustatyti apie 60 genų, kurie, atrodo, yra susiję su senėjimu.

Kaip antai, mokslininkai žino, kad ilgaamžiškumas šiek tiek susijęs su šeimos genetika. Ilgai gyvenančių žmonių tėvai dažnai irgi gyveno ilgai. Skirtumas nėra labai ryškus, bet jį išmatuoti įmanoma. Mokslininkai, analizuojantys dvynius, atskirtus tuoj po gimimo, tai irgi pastebi genuose.

Tačiau mūsų gyvenimo trukmė priklauso ne tik nuo genų. Ši klausimą nagrinėję mano, kad nuo jų priklauso tik 35 %. Todėl ateityje, kai kiekvienas turės jam tik 100 dol. tekainuosiantį asmeninį genomą, atsiras galimybė kompiuteriu išnagrinėti milijonus genomų, ieškant tų genų, nuo kurių iš dalies priklauso gyvenimo trukmė.

Be to, tie tyrimai kompiuteriu gali tiksliai nustatyti, nuo kurios vietos prasideda senėjimas. Žinome, kad automobilio senėjimas vyksta daugiausia variklyje, kur benzinas oksiduojasi – sudega. Panašiai ir genų analizavimas rodo, jog senėjimas intensyviausiai vyksta ląstelės „variklyje“, mitochondrijose – ląstelių jėgainėse. Tai leido susiaurinti „senėjimo genų“ paieškos lauką ir ieškoti būdų, kaip paspartinti genų taisymą mitochondrijų viduje, siekiant senėjimo kryptį pasukti į priešingą pusę.

2050 m. gali būti įmanoma senėjimą sulėtinti įvairiais gydymo būdais. Bus galima naudoti kamienines ląsteles, parduotuvėse įsigijamas kūno dalis, genų terapiją senstantiems genams. Galėsime gyventi iki 150 m. ar net dar ilgiau. 2100 m. jau gali būti įmanoma senėjimo kryptį pakeisti į atvirkščią, spartinant ląstelių taisymo mechanizmų veiklą, ir tada galėsime gyventi dar gerokai ilgiau.

KALORIJŲ RIBOJIMAS

Ši hipotezė gali paaiškinti ir tą keistą faktą, kad kalorijų ribojimas (valgyje esančių kalorijų sumažinimas 30 ar daugiau procentų) gyvenimo trukmę pailgina 30 %. Šis keistas reiškinys pastebėtas visuose lig šiol tirtuose organizmuose – nuo mielių ląstelių, vorų ir vabzdžių iki triušių, šunų, o dabar jau ir iki beždžionių. Šitaip apribojus mitybą, rečiau kamuoja navikai, širdies ligos, diabetas, rečiau pasireiškia senatvės ligos. Tiesą sakant, kalorijų ribojimas yra *vienintelis* žinomas mechanizmas, garantuojantis gyvenimo trukmės pailginimą, kuris buvo patikrintas ne kartą, taikant beveik visų rūšių gyvūnams ir visada buvo veiksmingas. Iki pastarojo laiko vienintelė iš svarbiausių gyvūnų grupių, išvengusių kalorijų ribojimo poveikio nustatymo, buvo primatai, kuriems priklauso ir žmonės, dėl to, kad jie gyvena taip ilgai.

Mokslininkams ypač rūpėjo, koks gi kalorijų ribojimo poveikis bengališkosioms makakoms. Pagaliau 2009 m. pasirodė taip ilgai laukti rezultatai.¹⁷ Viskonsino universitete atlikti tyrimai parodė, kad po 20 m. trukusio kalorijų ribojimo beždžionės daug rečiau sirgo diabetu, vėžiu, širdies ligomis. Apskritai jų sveikata buvo geresnė negu įprastai šertų jų gentainių.

Yra hipotezė, galinti tai paaiškinti. Gamta suteikia gyvūnams du energijos naudojimo „pasirinkimus“. Kai maisto yra sočiai, energija vartojama reprodukcijai. O kai ištinka badas, kūnas reprodukciją sustabdo, taupo energiją ir stengiasi atlaikyti badą. Gyvūnų pasaulyje artima badmiriavimui būseną yra įprastas dalykas, todėl gyvūnai naudojami antruoju „pasirinkimu“, sustabdo reprodukciją, sulėtina medžiagų apykaitą ir gyvena ilgiau, laukdami ateinančios geresnės laikų.

Senėjimo tyrinėtojų šventasis Gralis yra siekis išsaugoti kalorijų ribojimo naudą, vengiant jo neigiamybių (badmiriavimo). Įgimtas žmonių polin-

kis – siekti kūno svorio didėjimo, o ne mažėjimo. Tiesą sakant, laikytis mažai kaloringos dietos nėra smagu, tai nedžiugino net senovės atsiskyrelių. Labai sumažinus maisto racioną net gyvūnai tampa mieguisti, nepaslankūs, abejingi seksui. Mokslininkams rūpi surasti geną, valdantį šį mechanizmą. Tada galėtume mėgautis kalorijų ribojimo nauda, išvengdami jo blogybių.

Svarbią priemonę 1991 m. rado tyrinėtojas iš Masačusetso technologijos instituto Leonardas Gvarentė (*Leonard P. Guarente*) ir kiti. Jie ieškojo geno, galinčio pailginti mielių ląstelių gyvenimo trukmę. L. Gvarentė, Deividas Sinkleris (*David Sinclair*) iš Harvardo universiteto ir jų bendradarbiai surado geną *SIR₂*, kuris dalyvauja lemiant kalorijų ribojimo pasekmes. Genas suranda ląstelės energijos išteklių. Kai ištekliai maži, pavyzdžiui, badaujant, jis pradeda veikti. Kaip tik to ir reikėtų laukti iš geno, valdančio kalorijų ribojimo padarinius. Jie taip pat nustatė, kad šis genas turi analogų pelėse ir žmonėse – vadinamuosius *SIRT* genus – gaminančius baltymus, vadinamus sirtuinais. Tada jie pradėjo ieškoti cheminių junginių, aktyvinančių sirtuinus, ir surado resveratrolį.

Tai sukėlė didelį susidomėjimą, nes mokslininkai mano, jog su resveratroliu gali būti susijusi raudonojo vyno nauda sveikatai, ir juo galima paaiškinti vadinamąjį prancūzų paradoksą. Prancūzų virtuvė garsėja savo padažais, kurie turi daug riebalų, tačiau atrodo, kad prancūzų gyvenimo trukmė normali. Šią mįslę galbūt galima paaiškinti tuo, kad prancūzai geria daug raudonojo vyno, kuriame yra resveratrolis.

Mokslininkai nustatė, kad sirtuino aktyvatoriai gali apsaugoti peles nuo įvairių ligų, įskaitant plaučių ir gaubtinės žarnos vėžį, melanomą, limfomą, II tipo diabetą, širdies ir kraujagyslių ligas ir Alzheimerio ligą; taip tvirtina D. Sinkleris.¹⁸ Jei sirtuinais būtų galima pagydyti bent dalį šiomis ligomis sergančių žmonių, tai reikštų revoliucinius visos medicinos pokyčius.

Neseniai buvo iškelta hipotezė, paaiškinanti visas įstabias resveratrolio savybes. Pasak D. Sinklerio, svarbiausias sirtuino tikslas – sutrukdyti kai kurių genų aktyvavimą. Pavyzdžiui, išvynioję vienos ląstelės chromosomas, gautume 180 cm ilgio juostas; tai astronomiškai ilga molekulė. Bet kuriuo momentu organizmui reikia tik dalies šios molekulės genų, o visi kiti turi būti neveiklūs. Kai ląstelei tų genų nereikia, ji juos nuslopina, apsupdama sirtuine esančiu chromatinu.

Tačiau kartais pasitaiko katastrofiškų šių silpnų chromosomų pažeidimų – net visiškai nutrūksta viena iš gijų. Tada pradeda veikti sirtuinai – padeda sutaisyti pažeistą chromosomą. Tačiau sirtuinai, laikinai palikę savo postus ir ėmęsi gelbėjimo darbų, turi palikti pagrindinį darbą – slopinti minėtus genus. Todėl genai ima veikti, ir tai sukelia jų sumaištį. Šitoks sutrikimas, pasak D. Sinklerio, yra vienas iš pagrindinių, skatinančių senėjimą.

Jei taip yra iš tikrųjų, tai galbūt sirtuinai gali ne tik sustabdyti senėjimą, bet ir pasukti atgal? DNR padarytą žalą ląstelėms pataisyti ar pasukti priešinga kryptimi yra sunku. Tačiau D. Sinkleris mano, kad didelę dalį mūsų senėjimo sukelia sirtuinai, atitraukti nuo savo svarbiausio darbo ir leidžiantys ląstelėms išsigimti. Pasak jo, šių sirtuinų nukrypimą nuo savo paskirties nesunku ištaisyti.

JAUNYSTĖS ŠALTINIS?

Tačiau vienas iš nepageidautinų šalutinių to atradimo padarinių buvo jo sukeltas didelis triukšmas žiniasklaidoje. Televizijos laidos „60 minučių“ (*60 Minutes*) ir „Opros Vinfri šou“ (*The Oprah Winfrey Show*) staiga ėmė pasakoti apie resveratrolių ir sukėlė sąmyšį internete: ėmė dygti siekiančios greito pelno nepatikimos kompanijos, siūlančios gyvybės eliksyrą. Susidarė įspūdis, kad visi prekyautojai įtartinais preparatais ir šarlatanai skubėjo pasinaudoti išgarsintu resveratroliu.

(Man pasitaikė proga imti interviu iš L. Gvarentės, kuris ir pradėjo tą triukšmą žiniasklaidoje, jo laboratorijoje. Teiginiai buvo apgalvoti, nes suprato, kokį poveikį žiniasklaidai gali padaryti jo gauti rezultatai, ir kaip klaidingai jie gali būti suprasti. Labiausiai siutino, kiek daug interneto tinklalapių resveratrolių reklamuoja kaip jaunystės šaltinį. Pasak jo, labai bjauru, kad žmonės bando pasipelnyti iš staigiai išgarsėjusio resveratrolio, nors dauguma rezultatų tebėra preliminarūs. Tačiau jis neatmetė galimybės esą, jei toks jaunystės šaltinis apskritai yra, tai vieną dieną bus surastas, ir jame galėtų būti svarbus ir SIR_2 genas. Jo kolega D. Sinkleris prisipažino, kad kiekvieną dieną išgeria daug resveratrolio.)¹⁹

Mokslo visuomenėje susidomėjimas senėjimo tyrimais toks didelis, kad Harvardo medicinos mokykla 2009 m. surengė konferenciją, pritraukusią kai kuriuos žymiausius šios srities tyrinėtojus. Tarp dalyvių buvo daug tokių, kurie asmeniškai riboja kalorijas. Jie atrodė liesi ir silpni, o savo mokslinių pažiūrų teisingumą tikrino ribodami savo maistą. Buvo ir „120 klubo“ na-

rių – žmonių, pasiryžusių išgyventi 120 metų. Daug dėmesio susilaukė *Sirtis Pharmaceuticals* kompanija, kurią įkūrė D. Sinkleris ir Kristofas Vestfalis (*Christoph Westphal*). Ji šiuo metu atlieka klinikinius kai kurių resveratolio pakaitų bandymus. K. Vestfalis tiesiai šviesiai sako: „Po 5, 6 ar 7 m. jau bus amžių ilginančių vaistų.“²⁰

Cheminiai preparatai, kurių prieš kelerius metus apskritai nebuvo, dabar plačiai bandomi. SRT_{501} bandomas kaip vaistas nuo daugybinės mielomos ir gaubtinės žarnos vėžio, o SRT_{2104} – nuo II tipo diabeto. Įvairios mokslininkų grupės kruopščiai analizuoja ne tik sirtuinus, bet ir daug kitų genų, baltymų ir cheminių preparatų (įskaitant *IGF-1*, *TOR* ir rapamiciną).

Laikas parodys, ar tie klinikiniai bandymai bus sėkmingi. Medicinos istorijoje, apimančioje senėjimą, pilna pasakojimų apie apgavystes, sofistiką, sukčiavimą. Tačiau mokslas – ne taip, kaip prietarai – remiasi reprodukuojamais duomenimis, kuriuos galima patikrinti. Nacionalinis senėjimo institutas kuria programas, kurių tikslas – nustatyti įvairių medžiagų poveikį senėjimui, tad pamatysime, ar tie įdomūs gyvūnų tyrimo rezultatai tinka ir žmonėms.

AR BŪTINAI TURIME MIRTĮ?

Vienas iš biotechnologijos pradininkų, Viljamas Hazeltainas (*William Hassertine*), kartą man pasakė: „Gyvybės esmė yra ne mirtingumas, o nemirtingumas. DNR yra nemirtinga molekulė. Ji atsirado gal prieš 3,5 mlrd. metų. Kopijuodama save, ši ypatinga molekulė ir šiandien tebėra tokia pati [...] Mes išsenkame, tačiau tikimės, kad ateityje tokią padėtį galėsime pakeisti. Iš pradžių sieksime gyvenimo trukmę pailginti dvigubai ar trigubai. O kai galutinai perprasime smegenis, kūno ir smegenų egzistavimą galbūt galėsime pratęsti neribotam laikui. Nemanau, kad tai būtų nenatūralus procesas.“

Evoliucijos šalininkai biologai atkreipia dėmesį, kad evoliucinį spaudimą gyvūnai patiria reproduktyviaisiais metais. Jiems praėjus, gyvūnas gali tapti našta savo grupei, todėl evoliucija galbūt suprogramavo jam baigti gyvenimo dienas pasenus. Vadinasi, galbūt esame suprogramuoti mirti. Tačiau gal įmanoma save perprogramuoti taip, kad gyventume ilgiau?

Tiesą sakant, kuo žinduoliai didesni, tuo jų medžiagų apykaita lėtesnė, ir tuo ilgiau gyvena. Pavyzdžiui, pelės kūno svorio vienetui suvartoja labai daug maisto ir

gyvena tik apie 4 metus. Dramblių medžiagų apykaita daug lėtesnė, ir jie išgyvena iki 70 metų. Jei medžiagų apykaita atitinka klaidų kaupimąsi, tada reikėtų tikėtis, kad, jai lėtėjant, gyvenimo trukmė turėtų ilgėti. (Tai gali paaiškinti posakį apie žvakės deginimą iš abiejų galų. Kartą skaičiau apsakymą apie džiną, kuris pasiūlė vienam žmogui patenkinti bet kokią norą. Žmogus pareiškė, kad norėtų gyventi 1000 metų. Džinas patenkino jo norą, paversdamas medžiu.)

Evoliucijos šalininkai biologai gyvenimo trukmę bando aiškinti tuo, kaip ilgaamžiškumas gali padėti biologinėms rūšims išgyventi natūralioje gamtinėje aplinkoje. Jie mano, kad konkreti gyvenimo trukmė yra nulemta genetiškai, nes padeda biologinei rūšiai išgyventi ir klestėti.

Jų nuomone, pelės gyvena taip trumpai dėl to, kad jas visą laiką medžioja įvairūs plėšrūnai, o žiemą dažnai žūsta nuo šalčio. Savo genus kitai kartai perduoda tos pelės, kurios turi daugiau palikuonių, o ne tos, kurios ilgiau gyvena. Jei ši hipotezė teisinga, galima tikėtis, kad tos pelės, kurios lengviau pasprunka nuo plėšrūnų, gyvens ilgiau. Iš tikrųjų, šikšnosparniai, tokio pat dydžio kaip pelės, gyvena 3,5 karto ilgiau.

Tačiau anomaliją sudaro ropliai. Atrodo, kai kurie iš jų neturi nustatytos gyvenimo trukmės, galėtų gyventi net amžinai. Aligatoriai ir krokodilai didėja ir didėja, bet išlieka tokie pat žvalūs ir energingi. (Ne viename vadovėlyje tvirtinama, kad aligatoriai gyvena tik 70 metų. Tačiau tokio tvirtinimo priežastis greičiausiai ta, kad zoologijos sodo prižiūrėtojas pasimirė, sulaukęs 70 metų. Kiti vadovėliai elgiasi sąžiningiau ir pažymi, kad šių gyvūnų gyvenimo trukmė ilgesnė negu 70 m., bet ji niekada nebuvo tiksliai išmatuota laboratorinėmis sąlygomis.) Gamtoje tie gyvūnai nėra nemirtingi, nes žūsta nelaiminguose atsitikimuose, nuo bado, ligų ir t. t. Tačiau zoologijos soduose gyvena nepaprastai ilgai, ir susidaro įspūdis, kad gali gyventi amžinai.

BIOLOGINIS LAIKRODIS

Kita įdomi informacija ateina iš ląstelės telomerų, atliekančių „biologinio laikrodžio“ darbą. Jie yra chromosomų galuose, panašiai kaip plastikiniai antgaliai batų raištelių galuose. Po kiekvieno dauginimosi ciklo jie sutrumpėja, ir maždaug po 60 tokių ciklų (odos ląstelėms) jų nebelieka. Ląstelė tada ima senėti ir tinkamai neveikia. Taigi tie telomerai yra tarsi padegamosios dinamito ga-

balų virvelės. Jei jie po kiekvieno dauginimosi ciklo sutrumpėja, tai galiausiai visai išnyksta, ir ląstelė nebesidaugina.

Tai vadinamoji Heifliko riba; atrodo, tai yra viršutinė kai kurių ląstelių gyvenimo ciklo riba. Beje, vėžio ląstelės jos neturi ir gamina fermentą telomerezę, neleidžiantį telomerams trūpti.

Telomerezės fermentą galima susintetinti. Paveiktų odos ląstelių dauginimasis, atrodo, tada neturi ribos. Jos tampa nemirtingos.

Tačiau čia ir yra pavojus. Vėžio ląstelės yra nemirtingos, naviko viduje dalijasi nesustodamos. Tiesą sakant, kaip tik dėl to jos ir yra tokios pražūtingos, nes dauginasi be jokių ribų, kol kūnas nebegali normaliai funkcionuoti. Todėl telomerezės fermentą reikia atidžiai analizuoti. Kiekvieną gydymą, naudojant telomerezę biologiniam laikrodžiui atsukti atgal, reikia tikrinti, kad nesukeltų vėžio.

NEMIRTINGUMAS IR JAUNYSTĖ

Galimybė pailginti žmonių gyvenimo trukmę vieniems yra džiaugsmo šaltinis, o kitiems kelia siaubą, pagalvojus apie staigų spartų gyventojų skaičiaus didėjimą ir nukaršusių žmonių visuomenę, įstumsiančią šalį į bankrotą.

Biologinis, mechaninis ir nanotechnologinis gydymo būdai gali ne tik pailginti gyvenimo trukmę, bet ir išsaugoti jaunystę. Robertas A. Freitas jaunesnysis (*Robert A. Freitas Jr.*), naudojantis medicinoje nanotechnologijas, sakė: „Po kelių dešimtmečių tokios intervencijos gali tapti įprastu dalyku. Naudojant kasmetinius patikrinimus ir išsivalymus, kartais ir didesnius taisymus, biologinį amžių kartą per metus bus galima atkurti iki pasirinkto daugiau ar mažiau pastovaus fiziologinio amžiaus lygio. Gali pasitaikyti mirčių dėl atsitiktinių priežasčių, tačiau žmonės gyvens bent 10 kartų ilgiau negu dabar.“²¹

Gyvenimo trukmės ilginimas ateityje nebus susijęs su gėrimu iš legendinio jaunystės šaltinio. Greičiau tai bus kelių iš šių metodų derinys:

- 1) naujų organų auginimas, seniems susidėvėjus ar paveikus ligai, tam naudojant audinių inžineriją ir kamienines ląsteles;
- 2) baltymų ir fermentų mišinio gėrimas; jis turėtų stiprinti ląstelių taisymo mechanizmus, iš naujo nustatyti biologinį laikrodį ir sumažinti oksidaciją;

- 3) genų terapija keisti tuos genus, kurie gali sulėtinti senėjimą;
- 4) sveikas gyvenimo būdas (fizinio pratimų darymas ir tinkama mityba);
- 5) nanojutiklių naudojimas, siekiant aptikti vėžį prieš kelerius metus iki pasireiškiant jo požymiams.

GYVENTOJŲ SKAIČIUS, MAISTAS IR TARŠA

Tačiau neduoda ramybės vienas klausimas: jei bus galima pailginti gyvenimo trukmę, tai ar Žemėje neatsiras per daug gyventojų? Atsakymo niekas nežino.

Senėjimo lėtinimas sukelia daug socialinių padarinių. Jei gyvensime ilgiau, ar gyventojų Žemėje neprisiveis per daug? Tačiau yra manančių, kad didžiausias gyvenimo trukmės pailgėjimas jau įvyko, nes vos per vieną šimtmetį vidutinė gyvenimo trukmė staigiai pailgėjo nuo 45 iki 70–80 m. Tačiau tai ne tik nesukėlė staigaus gyventojų skaičiaus padidėjimo, bet davė aiškiai priešingą rezultatą.

Ėmę gyventi ilgiau, žmonės siekia daryti karjerą ir atideda vaikų gimdymą. Tiesą sakant, vietinių europiečių gyventojų skaičius šiuo metu smarkiai mažėja. Tad, jei žmonės gyvens ilgiau ir turtingiau, jie galės planuoti atitinkamai rečiau gimdyti vaikus ir jų turėti mažiau. Jų gyvenimui pailgėjus keliomis dešimtėmis metų, žmonės atitinkamai pertvarkys savo laiką, rečiau gimdys vaikus ar jų gimdymą atidės.

Kiti tvirtina, kad žmonės tas technologijas atmes dėl to, kad jos nenatūralios ir gali įžeisti religinius įsitikinimus. Iš tikrųjų neoficialūs viešosios nuomonės tyrimai rodo: dauguma mano, kad mirtis yra visiškai natūralus dalykas, padedantis gyvenimui suteikti prasmės. (Tačiau dauguma apklaustųjų yra jauni ar vidutinio amžiaus. Nuėjus į senelių namus, kurių gyventojai džiūsta ir vysta, yra nuolat kamuojami skausmų ir laukia mirties, į tą patį klausimą galima susilaukti visai kitokio atsakymo.)

Gregas Stokas iš Kalifornijos universiteto sako: „Palaiptui mūsų pastangos vaizduoti Dievą ir mūsų norai gyventi ilgiau užleis vietą naujai maldelei: „Kada gi pagaliau gausiu piliulę?““²²

Pagal geriausiais demografiniais duomenimis paremtus apytikrius mokslininkų vertinimus, 2002 m. tebegyveno 6 % visų kada nors Žemėje vaikščiojusių žmonių.²³ Taip yra dėl to, kad didžiąją žmonijos istorijos dalį Žemės

gyventojų skaičius buvo apie 1 mln. Augalinio maisto rinkimas, stengiantis papildyti skurdžius maisto išteklius, gyventojų skaičiui neleido didėti. Net Romos imperijai klestint, apytikriais apskaičiavimais, joje buvo tik 55 mln.

Tačiau per pastaruosius 300 m. pasaulio gyventojų skaičiaus kreivė pasiekė itin aukštą tašką, sutampantį su šiuolaikinės medicinos atsiradimu ir pramonės revoliucija, prigaminusia daug maisto ir kitų gėrybių. O XX a. pasaulio gyventojų skaičius pakilo į naujas aukštumas: 1950–1992 m. padidėjo daugiau kaip du kartus – nuo 2,5 iki 5,5 mlrd. Šiuo metu jis jau pasiekė 6,7 mlrd. Kas metai pasaulio gyventojų skaičius padidėja 79 mln., taigi daugiau už Prancūzijos gyventojų skaičių.²⁴

Dėl to būta daug pasaulio pabaigos prognozių, tačiau kol kas žmonijai pavyko išvengti pražūties. Dar 1798 m. Tomas Maltusas (*Thomas Malthus*) perspėjo, kas laukia mūsų, kai gyventojų skaičius viršys maisto išteklius. Tai gali sukelti badą, alkanųjų maištus, vyriausybių nuvertimus ir masinį badmiriavimą, kol nusistovės gyventojų skaičiaus ir išteklių pusiausvyra. Kadangi maisto išteklių didėjimas yra tik linijinis, o gyventojų skaičius didėja eksponentiškai, atrodė, pasaulis neišvengiamai pasieks lūžio tašką. T. Maltusas teigė – XIX a. viduryje prasidės masinis badas.

Tačiau XIX a. pasaulio gyventojų skaičiaus augimas buvo pasiekęs tik ankstyvuosius etapus, buvo atrasta naujų žemių, kolonizuota šalių, ir niūriosios T. Maltuso maisto išteklių didėjimo prognozės taip ir neišsipildė.

XX a. septintajame dešimtmetyje pasirodė dar viena panaši į T. Maltuso prognozė, kad greitai pasauliui smogs gyventojų skaičiaus didėjimo bomba, ir 2000 m. jo laukia visiškas žlugimas. Ir ši pranašystė neišsipildė. Žalioji revoliucija padidino maisto pasiūlą. Duomenys rodo, kad jos didėjimas pranoko pasaulio gyventojų skaičiaus augimą, ir tai bent laikinai paneigė T. Maltuso samprotavimų logiką. 1950–1984 m. grūdų derlius padidėjo daugiau kaip 250 % daugiausia dėl to, kad buvo naudojamos naujos trąšos ir naujos žemdirbystės technologijos.

Dar kartą pavyko išvengti pražūties. Tačiau šiuo metu gyventojų skaičiaus didėja labai sparčiai, ir yra tvirtinančių, kad ateis diena, kai pasieksime Žemės pajėgumo kurti maisto išteklius ribą.

Maisto gamybos – ir grūdų, ir jūros gėrybių gamybos – mastai grėsmingai pradeda stabilizuotis. Jungtinės Karalystės vyriausybės vyriausiasis patarėjas

mokslo klausimais perspėjo, kad 2030 m. laukia didelis gyventojų skaičiaus padidėjimas ir maisto bei energijos išteklių sumažėjimas. 2050 m. pasaulis turės gaminti 70 % daugiau maisto, kad galėtų išmaitinti dar 2,3 mlrd., nes priešingu atveju jo laukia katastrofa – taip sako Jungtinių Tautų Maisto ir žemės ūkio organizacija.

Galimas dalykas, kad prognozės nepakankamai įvertina tikrąjį padėtį. Kinijoje ir Indijoje šimtai milijonų žmonių persikelia į vidurinę klasę. Jie norės naudotis ta prabanga, kurią mato Holivudo filmuose – turėti du automobilius, erdvius namus užmiestyje, valgyti mėsinius, bulvių šiaudelius ir t. t., o tai didins pasaulio išteklių apkrovą. Tiesą sakant, Lesteris Braunas (*Lester Brown*), vienas iš įžymiausių pasaulyje aplinkos tausojimo entuziastų ir *World Watch* instituto Vašingtone įkūrėjas, man sakė, kad pasaulis gali nepajėgti atlaikyti tos įtampos, kurią sukels šimtų milijonų žmonių noras gyventi taip, kaip gyvena vidurinės klasės žmonės.

VILTIES KIBIRKŠTELĖ PASAULIO GYVENTOJAMS

Vilties kibirkštelė vis dėlto yra. Gimdymų reguliavimas, kadaise buvęs draudžiamu tema, jau užvaldė išsivysčiusias pasaulio šalis ir skverbiasi į besivystančias.

Europoje ir Japonijoje gyventojų skaičius jau ne didėja, o mažėja. Kai kuriose Europos šalyse gimstamumas sumažėjo iki 1,2–1,4 vaiko šeimoje, taigi iki daug mažesnio lygio, negu reikia, kad gyventojų skaičius nepradėtų mažėti (2,1 vaiko šeimoje). Japonija susiduria su triguba kliūtimi. Viena, jos gyventojai yra greičiausiai senstantys visame pasaulyje; pavyzdžiui, moterys jau daugiau kaip 20 m. yra ilgiausiai gyvenanti žmonių grupė pasaulyje. Antra, gimstamumo lygis Japonijoje sparčiai mažėja. Trečia, dėl vyriausybės politikos imigracija yra nepaprastai maža. Dėl šių trijų demografinių veiksnių atsirado reiškinys, panašus į sulėtintą traukinio katastrofą. Šiuo atžvilgiu nuo Japonijos nedaug teatsilieka ir Europa.

Tai rodo, kad pasauliui bene geriausias kontraceptikas yra klestėjimas. Praeityje valstiečiai neturėjo jokių pensinių planų ir negaudavo socialinio draudimo išmokų, todėl stengdavosi turėti kuo daugiau vaikų, kurie dirbtų žemę ir rūpintųsi jais pasenusiais. Jų išskaičiavimai buvo paprasti: kiekvienas vaikas šeimai reiškė darbo rankų padidėjimą, daugiau pajamų ir daugiau žmonių pasirūpinti nusenusiais tėvais. Tačiau kai valstiečiai patenka į vidurinę

klasę, gauna pensijas ir turi galimybę patogiai gyventi, ši lygtis atsisuka kitu galu: kiekvienas vaikas pajamas dabar mažina ir blogina gyvenimo kokybę.

Trečiasis pasaulis susiduria su priešingu reiškiniu – greitai didėjančiu gyventojų skaičiumi, ten didelę gyventojų dalį sudaro jaunesni ne 20 m. žmonės. Tačiau net ten, kur buvo laukiama paties didžiausio gyventojų skaičiaus didėjimo – Azijoje ir į pietus nuo Sacharos esančioje Afrikoje – gimstamumas mažėjo dėl kelių priežasčių.

Pirma, ten vyksta sparti valstiečių urbanizacija: jie palieka savo protėvių žemes ir vyksta į didmiesčius ieškoti laimės. 1800 m. miestuose gyveno tik 3 % gyventojų. XX a. pabaigoje šis skaičius išaugo iki 47 % ir tikimasi, kad ateinančiais dešimtmečiais jis išaugs dar labiau. Vaikų auginimo išlaidos mieste itin sumažina vaikų skaičių šeimose. Kadangi būsto nuoma, maistas ir kitos išlaidos yra dideli, ir didmiesčių lūšnynuose gyvenantys darbininkai, atlikę panašius apskaičiavimus, prieina prie išvados, kad kiekvienas vaikas mažina jų gerovę.

Antra, vykstant Kinijos ir Indijos industrializacijai, atsiranda vidurinė klasė, norinti turėti mažiau vaikų – tiek, kiek industrializuotuose Vakaruose.

Trečia, moterų švietimas net neturtingose šalyse, sakykime, Bangladeše, sukūrė norinčią turėti mažiau vaikų moterų grupę. Dėl plataus masto šviečiamojų darbo gimstamumas Bangladeše sumažėjo nuo 7 iki 2,7 vaiko šeimoje net ir be didelio masto urbanizacijos ar industrializacijos.

Atsižvelgdamos į tai, Jungtinės Tautos nuolat koreguoja gyventojų skaičiaus didėjimo ateityje prognozes. Jos labai įvairios, bet atrodo, iki 2040 m. gyventojų skaičius pasaulyje turėtų padidėti iki 9 mlrd. Nors jis augs, tačiau augimas ilgainiui turėtų lėtėti ir galiausiai sustoti. Pagal optimistinį variantą, gyventojų skaičius iki 2100 m. gali net sustoti ties 11 mlrd.

Apskritai reikėtų manyti, kad tai viršija išmaitinamąjį planetos pajėgumą. Tačiau daug kas priklauso nuo to, kaip pajėgumas nustatomas, nes ateityje gali būti dar viena žaliaji revoliucija.

Galima taikyti kai kurias biotechnologijas. Europoje genetiškai modifikuotas maistas įgijo blogą reputaciją, kuri gali išsilaikyti per visą dabartinės žmonių kartos gyvenimą. Biotechnologijos pramonė vienu metu siūlo ir herbicidus, ir herbicidams atsparias javų veisles. Biotechnologijos pramonei tai garantuoja didesnius pardavimus, tačiau vartotojams tai reiškia daugiau nuodingų medžiagų maiste, todėl jos rinka greitai sumažėjo.

Tačiau ateityje rinkoje turi pasirodyti „superryžiai“, kurie bus selekcininkų išvesti specialiai sausoms, tuščioms žemėms. Moraliniais sumetimais bus sunku priešintis įdiegimui saugių javų, kuriais bus galima išmaitinti šimtus milijonų žmonių.

IŠNYKUSIŲ GYVYBĖS FORMŲ PRIKĖLIMAS

Tačiau kitus mokslininkus domina ne tik kaip prailginti žmonių gyvenimo trukmę ir atitolinti mirtį. Jiems rūpi ir negyvų gyvūnų atgaivinimas.

Filme „Juros periodo parkas“ (*Jurassic Park*) mokslininkai iš dinosaūrų išskiria DNR, įterpia į roplių kiaušinius ir atgaivina dinosaurus. Nors kol kas dar niekas nerado tinkamos naudoti dinosaūrų DNR, yra labai gundančių požymių, kad tokia svajonė nėra neįgyvendinama. Šio šimtmečio pabaigoje mūsų zoologijos soduose jau gali būti gyvūnų, gyvenusių Žemėje prieš tūkstančius metų.

Kaip minėjau, R. Lanca jau žengė pirmą didelį žingsnį šia kryptimi, klonuodamas bantengą – gyvūnų rūšį, kuriai gresia išnykimas. Jo nuomone, būtų gėda, jei leistume išnykti šiai retai jaučių atmainai. Jis svarsto ir kitą galimybę: sukurti naują klonuotą gyvūną, tik priešingos lyties. Žinduolių lytį lemia X ir Y chromosomos, todėl jis yra įsitikinęs, kad, atlikęs tam tikras manipuliacijas su jomis, iš žinduolio kūno galės klonuoti kitą gyvūną, tik jau priešingos lyties. Šitaip zoologijos sodai visame pasaulyje galės su pasigėrėjimu stebėti, kaip seniai išnykusių biologinių rūšių gyvūnai susilaukia palikuonių.

Kartą pietavau su Ričardu Dokinsu (*Richard Dawkins*) iš Oksfordo universiteto, knygos „Savanaudis genas“ (*The Selfish Gene*) autoriumi, kuris šia kryptimi žengia dar žingsnį toliau. Jis mano: ateis laikas, kai atgaivinsime daug ne tik tų gyvybės formų, kurioms gresia išnykimas, bet ir kurios seniai išnyko. Pirmiausia jis pažymi, kad genų, kurių išsidėstymo eilės tvarka jau nustatyta, skaičius padvigubėja kas 27 mėn. Todėl, jo apskaičiavimais, ateinančiais dešimtmečiais nustatyti kieno nors genomą kainuos tik 160 dol. Mintyse jis mato tuos laikus, kai biologai nešiosis nedidelį įrankių komplektą, kuriuo galės per keletą minučių nustatyti bet kokio gyvūno genomą.

Jis eina dar toliau ir samprotauja, kad 2050 m. vien tik iš genomo galėsime sukurti visą organizmą: „Manau, 2050 m. jau skaitysime gyvybės kalbą. Nežinomo gyvūno genomą įvesime į kompiuterį, ir jis atkurs ne tik gyvūno

formą, bet ir su visomis detalėmis pasaulį, kuriame gyvena jo protėviai, įskaitant juos medžiojusius grobuonis ar auksas, kurias patys medžiojo, parazitus ar jų nešiotojus, perėjimo vietas ir netgi jų viltis, baimes.“²⁵ Cituodamas Sidnį Brenerį (*Sidney Brenner*), R. Dokinsas mano, kad atkursime „trūkstantis grandies“ tarp žmonių ir beždžionių genomą.

Tai būtų tikrai įstabus proveržis. Sprendžiant iš fosilijų bei DNR duomenų, nuo beždžionių atsiskyrėme maždaug prieš 6 mln. metų.

Kadangi mūsų DNR nuo šimpanzių DNR skiriasi tik 1,5 %, ateityje kompiuterio programa turėtų išanalizuoti mūsų ir šimpanzių DNR, tada matematinės aproksimacijos metodu nustatyti bendrojo abiejų rūšių pirm-tako DNR. Kai hipotetinis bendrojo protėvio genomą bus matematiškai atkurtas, kompiuterio programa atkurs jo išvaizdą ir savybes. Jis tai vadina *Lusės genomo projektu*. Projektas taip pavadintas pagal pagarsėjusią australopiteko fosiliją.

Jis net samprotauja: kai kompiuterio programa matematiškai atkurs trūkstantis grandies genomą, galbūt bus galima iš tikrųjų sukurti to organizmo DNR, įterpti ją į žmogaus kiaušinėlių, jį perkelti į moters gimdą, ir ji pagimdys mūsų protėvį.

Nors vos prieš kelerius metus toks scenarijus būtų buvęs atmetamas kaip absurdiškas, kai kurie pasiekimai rodo, kad jis nėra neįgyvendinama svajonė.

Pirma, šiuo metu nuodugnai nagrinėjami kai kurie svarbiausi genai, skiriantys mus nuo šimpanzių. Vienas iš įdomių kandidatų yra *ASPM* genas, nuo kurio priklauso galvos smegenų dydis. Žmogaus smegenys dėl dar nežinomų priežasčių prieš kelis milijonus metų smarkiai padidėjo. Šio geno mutacijos sukelia mikrocefaliją; tada kaukolė būna maža, o smegenys sumažėja 70 % – iki mūsų senųjų protėvių, gyvenusių prieš milijonus metų, smegenų dydžio.

Įdomu, kad šio geno istoriją galima analizuoti kompiuteriu. Buvo nustatyta, kad per pastaruosius 5–6 mln. m., nuo tada, kai atsiskyrėme nuo beždžionių, jis mutavo 15 kartų; tai sutampa su mūsų smegenų padidėjimu. Palyginti su kitais mums giminingais primatais, šis svarbus žmogaus genas kito greičiausiai.

Dar įdomesnis genomo *HAR₁* regionas, kuriame yra tik 118 raidžių.²⁶ 2004 m. buvo nustatyta, kad svarbiausią skirtumą tarp beždžionių ir žmonių šiame regione sudaro tik 18 raidžių (nukleorūgščių). Beždžionės ir vištos

atsiskyrė prieš 300 mln. m., tačiau bazinės jų poros tame regione skiriasi tik dviem raidėmis. Vadinasi, HAR_1 regionas evoliucijos istorijoje iki žmonių pasirodymo buvo labai stabilus. Todėl galimas dalykas, kad genai, padarantys mus žmonėmis, yra kaip tik jame.

Tačiau yra dar įspūdingesnių pasiekimų, kurie R. Dokinso siūlymą, atrodo, daro įmanomą. Neseniai buvo nustatytas visas mums genetiškai artimiausio kaimyno, seniai išnykusio neandertaliečio, genomas. Galbūt, kompiuteriu analizuojant žmonių, šimpanzių ir neandertaliečių genomus, grynai matematiniais metodais pavyks atkurti trūkstamos grandies genomą.

AR SUGRĄŽINSIME NEANDERTALIETĮ?

Žmonės ir neandertaliečiai atsiskyrė greičiausiai apytikriai prieš 300 000 metų. Tačiau pastarieji Europoje maždaug prieš 30 000 m. išmirė. Todėl ilgai buvo manoma, kad bus neįmanoma išgauti tinkamos naudoti DNR iš seniai mirusių neandertaliečių.

Tačiau 2009 m. buvo paskelbta, kad Svantės Pebo (*Svante Pääbo*) komandai Makso Planko evoliucinės antropologijos institute Leipcige pavyko sukurti pirmą viso neandertaliečio genomo variantą, išanalizavus šešių neandertaliečių DNR. Tai įspūdingas pasiekimas. Neandertaliečio genomas, kaip ir tikėtasi, labai panašus į žmogaus; jie abu turi po 3 mlrd. bazių porų, tačiau skiriasi keliais svarbiais atžvilgiais.

Antropologas Ričardas Kleinas (*Richard Klein*) iš Stanfordo universiteto, komentuodamas šį S. Pebo ir jo kolegų pasiekimą, sakė, kad rekonstrukcija galėtų atsakyti į seniai iškeltus klausimus apie neandertaliečių elgesį, pavyzdžiui, ar jie mokėjo kalbėti. Žmonės turi du konkrečius $FOXP_2$ geno pokyčius, kurie, tarp kitko, leidžia kalbėti, naudojant tūkstančius žodžių. Nuodugni analizė parodė, kad tame neandertaliečių gene irgi buvo 2 tokie patys pokyčiai. Todėl galima manyti, kad neandertaliečiai galėjo kalbėti panašiai kaip ir mes.

Kadangi neandertaliečiai genetiniu atžvilgiu buvo artimiausi mūsų giminičiai, mokslininkai jais labai domisi. Kai kurie iš jų kalba apie galimybę kada nors atkurti neandertaliečio DNR ir ją įterpti į žmogaus kiaušinėlių, kuris vieną dieną gali virsti gyvu neandertalietiu. Tada, praėjus tūkstančiams metų, neandertaliečiai vėl vaikščiotų po žemę.

Džordžas Čerčas (*George Church*) iš Harvardo Medicinos mokyklos net apskaičiavo, kad neandertaliečio atkūrimas kainuotų tik 30 mln. dol., ir net pateikė planą, kaip tai padaryti. Pirmiausia reikėtų visą žmogaus genomą suskaidyti į gabalus po 100 000 DNR porų kiekviename. Kiekvieną iš jų reikėtų įterpti į kokią nors bakteriją ir tada genetiškai modifikuoti, kad genomas atitiktų neandertaliečio genomą. Visi modifikuoti DNR gabalai būtų vėl surinkti į visą neandertaliečio DNR. Ta ląstelė būtų perprogramuota taip, kad sugrįžtų į savo embrioninę būklę ir būtų įterpta į šimpanzės gimdą.²⁷

Tačiau R. Kleinas iš Stanfordo universiteto turi keletą pagrįstų abejonių: „Tai kurgi juos tada laikysite – Harvardo universitete ar zoologijos sode?“²⁸

R. Dokinsas perspėja, kad kalbos apie seniai išnykusius gyvūnus, taip pat apie neandertaliečius, „neabejotinai sukels etinio pobūdžio problemų“. Ar tie neandertaliečiai turėtų teisių? Kas būtų, jei užsinorėtų poruotis? Kas atsakytų, jei jie būtų sužeisti ar patys sužeistų kitus?

Jei neandertaliečius būtų įmanoma sugrąžinti į gyvenimą, ar pavyktų mokslininkams kada nors sukurti seniai išnykusių gyvūnų, kad ir mamutų, zoologijos sodą?

AR ĮMANOMA SUGRĄŽINTI MAMUTUS?

Ši mintis ne tokia beprotiška, kaip atrodo iš pirmo žvilgsnio. Mokslininkams jau pavyko nustatyti didelę išnykusio Sibiro mamuto genomo dalį. Anksčiau iš gauruotųjų mamutų, sušalusių Sibire prieš dešimtis tūkstančių metų, buvo išgauti tik maži DNR gabalėliai. Vebas Mileris (*Webb Miller*) ir Stivenas Šusteris (*Stephan C. Schuster*) iš Pensilvanijos valstybinio universiteto padarė tai, kas atrodė neįmanoma: iš sušalusių mamutų kūnų išskyrė 3 mlrd. bazių porų.

Ankstesnis išnykusių gyvūnų bazių porų išsidėstymo eilės tvarkos nustatymo rekordas buvo tik 13 mln. porų, taigi mažiau nei 1 % gyvūno genomo. (Proveržis buvo pasiektas sukūrus naują genų išsidėstymo eilės tvarkai nustatyti aparatą (vadinamąjį didelio laidumo), kuriuo galima vienu metu nuskaityti tūkstančius genų, o ne po vieną.) Tai padaryti padėjo ir žinojimas, kur ieškoti senosios DNR. V. Mileris su S. Šusteriu nustatė, kad geriausiai išlikusios DNR reikia ieškoti ne gauruotojo mamuto kūne, o jo plaukų maišeliuose.

Taigi išnykusio gyvūno prikėlimas iš numirusių biologiniu požiūriu yra įmanomas. „Dar prieš metus būčiau sakęs, kad tai tik mokslinė fantastika“, – sako S. Šusteris.³⁰ Tačiau dabar, kai jau nustatyta tokia didelė mamuto genomo dalis, tai jau nebėra neįmanomas dalykas – net bendrais bruožais apibūdino, kaip tai būtų galima padaryti. Jo nuomone, norint sukurti gyvūną, turintį visus esminius gauruotojo mamuto bruožus, galbūt pakaktų padaryti tik 400 000 pakeitimų Azijos dramblio DNR molekulėje. Turėtų būti įmanoma genetiškai modifikuoti dramblio DNR, kad ji prisitaikytų prie tokių pakeitimų, tada tą DNR įterpti į dramblio kiaušinėlio branduolį ir kiaušinėlių perkelti į dramblio patelės gimdą.

Minėta mokslininkų komanda jau stengiasi nustatyti dar vieno išnykusio gyvūno – tilacino, 1936 m. išnykusio Australijos sterblinio, labai giminingo vadinamajam Tasmanijos velniui – genomą. Kalbama ir apie dodo paukščio genomo nustatymą. Nors anglų kalboje yra posakis „Negyvas kaip dodo,“ tačiau jis gali tapti atgyvenęs, jei mokslininkams pavyks iš dodo egzempliorių, esančių Oksforde ir kitur, minkštųjų audinių bei kaulų išgauti tinkamų DNR molekulių.

JUROS PERIODO PARKAS?

Tada visai natūraliai vėl iškyla pradinis klausimas: ar įmanoma prikelti iš numirusių dinosauros? Atsakant vienu žodžiu, reikėtų sakyti – greičiausiai ne. Juros periodo parkui sukurti reikia išgauti nepalietstą daugiau kaip prieš 65 mln. m. išmirusių gyvūnų DNR molekulę, o tai greičiausiai neįmanoma. Nors kai kurių dinosauro šlaunikauliuose aptikta minkštųjų audinių, iš jų kol kas pavyko išskirti tik baltymų, bet ne DNR. Nors cheminė baltymų sudėtis byloja apie artimą *Tyrannosaurus rex* giminystę su varlėmis ir vištomis, dar labai toli iki galimybės atkurti dinosauro genomą.

Tačiau R. Dokinsas neatmeta galimybės, kad galbūt pavyks palyginti įvairių paukščių rūšių bei roplių genomus ir tada matematiniu būdu atkurti „apibendrinto dinosauro“ genomą. Jis pažymi: įmanoma paskatinti vištų snapus formuoti dantų užuomazgas (arba paskatinti gyvates augintis kojas). Taigi senieji požymiai, jau seniai užnešti laiko dulkių, gali būti išlikę genomuose.

Kaip tik dėl to biologai jau supranta, kad genus galima ir aktyvinti, ir slopinti. Vadinasi, senųjų požymių genai gyvūnuose gali būti išlikę, tik jie yra

neveiklūs, miega. Vėl suaktyvinus tuos miegančius genus, turėtų būti įmanoma sugrąžinti senuosius bruožus.

Pavyzdžiui, tolimoje praeityje vištų kojos buvo su plėve. Plėvės genas niekur neišnyko, tik buvo nuslopintas. Vėl jį suaktyvinus, iš principo turėtų būti įmanoma išvesti vištų veislę su plėvėtomis kojomis. Panašiai pasakytina ir apie žmones: kadaise jie turėjo kailį. Tačiau, pradėję prakaituoti, kailio netekome, o prakaitavimas yra labai geras būdas reguliuoti kūno temperatūrą. (Šunys neturi prakaito liaukų, todėl atsišaldo lekuodami.) Žmogaus kailio genas greičiausiai išliko, tik buvo nuslopintas. Todėl, jį vėl suaktyvinus, turėtų būti įmanoma išvesti tokius žmones, kurių visas kūnas būtų gauruotas. (Yra manančių, kad kaip tik dėl to atsirado legendos apie vilkolakius.)

Jei darysime prielaidą, kad kai kurie dinozaurų genai buvo nuslopinti milijonams metų, bet išliko paukščių genome, tai gal būtų įmanoma vėl suaktyvinti tuos taip ilgai miegojusius genus ir paskatinti dinozaurų savybių formavimąsi paukščiuose. Taigi nors toks R. Dokinsio siūlymas yra tik hipotetinis, tačiau nereikėtų jo atmesti net nesvarsčius.

NAUJŲ GYVYBĖS FORMŲ KŪRIMAS

Tada kyla svarbiausias klausimas: ar įmanoma kurti gyvybę pagal savo norus? Ar įmanoma ne tik atkurti seniai išnykusius gyvūnus, bet ir sukurti niekada neegzistavusius? Pavyzdžiui, ar įmanoma sukurti sparnuotą kiaulę ar kokią nors senoviniuose mituose minimą gyvūną? Net ir šio šimtmečio pabaigoje mokslas dar nepajėgs kurti gyvūnų pagal užsakymą, tačiau jis jau bus toli pažengęs, eidamas gyvūnų pasaulio modifikavimo keliu.

Lig šiol ribojamasis veiksnys buvo mūsų galėjimas kilnoti genus. Mokaime patikimai modifikuoti tik pavienius genus. Sakykime, įmanoma surasti geną, verčiantį kai kuriuos gyvūnus šviesti tamsoje. Tą geną įmanoma išskirti ir perkelti į kitus gyvūnus, kad ir jie šviestų tamsoje. Tiesą sakant, šiuo metu vyksta tyrimai, kaip būtų galima modifikuoti kambarinius gyvūnėlius, jų genomus papildant pavieniais genais.

Tačiau, norint sukurti visiškai naują gyvūną, kokią nors chimera iš graikų mitų (kuri yra trijų skirtingų gyvūnų junginys), reikia perkelti tūkstančius genų. Norint sukurti sparnuotą kiaulę, reikėtų perkelti šimtus genų, atstovau-

jančių sparnams, ir dar pasirūpinti, kad būtų tinkamai suderinti ir visi raumenys bei kraujotaka. Kol kas tai toli pranoksta viską, ką darome šiuo metu.

Tačiau jau yra bandymų, kurie tokią galimybę galėtų palengvinti ateityje. Biologai nustebę, sužinoję, kad genai, apibūdinantys kūno dalių išsidėstymą (nuo galvos iki kojų pirštų), išsidėstę tokia pat tvarka, kaip ir chromosomose. Tai vadinamieji *HOX* genai, jie apibūdina kūno sandarą. Atrodo, gamta, daug negudraudama, pagal genų išsidėstymo tvarką chromosomose sudarė ir kūno organų išsidėstymo tvarką. Tai savo ruožtu labai paspartino tų genų evoliucinės istorijos atskleidimą.

Be to, yra vyresni genai, kurie, atrodo, valdo daugelio kitų genų savybes. Manipuliuojant grupele tų genų, galima manipuliuoti ir dešimčių kitų genų savybėmis.

Žvelgdami į praeitį, matome, kad Motulė Gamta kūno planą nusprendė kurti maždaug taip, kaip architektas daro pastato planą. Geometrinis pastato dalių išsidėstymas plane yra toks pat, kaip ir fizinių dalių išsidėstymas pastate. Taigi planai yra moduliniai, atskirų blokų planai įeina į generalinį pastato planą.

Be visiškai naujų hibridinių gyvūnų kūrimo, naudojant genomo modulumą, yra ir kita genetikos taikymo žmonėms galimybė – biotechnologijos taikymas atkurti istorines asmenybes. R. Lanca mano, kad tol, kol bus įmanoma iš seniai mirusio žmogaus kūno paimti nors vieną nepalietą ląstelę, tol bus įmanoma atkurti ir tą žmogų. Vestminsterio abatijoje rūpestingai saugomi gerai išlikę seniai mirusių karalių ir karalienių, poetų, dvasininkų, politikų ir netgi mokslininko I. Niutono kūnai. R. Lanca man sakė, kad gali ateiti diena, kai bus įmanoma jų kūnuose surasti nepažeistą DNR molekulę ir juos grąžinti į gyvenimą.

Filmo „Berniukai iš Brazilijos“ (*The Boys from Brazil*) siužetas – apie A. Hitlerio prikėlimą. Tačiau nereikėtų patikėti, jog kas nors atgaivins kokį nors įžymų istorinį veikėją, teigiamą ar neigiamą. Pasak vieno biologo, net ir prikėlę A. Hitlerį, galbūt turėtume tik dar vieną antraeilį dailininką, koks A. Hitleris ir buvo prieš tapdamas nacių judėjimo vadovu.

VISŲ LIGŲ ATSIKRATYMAS?

Pranašingas filmas „Tai, kam lemta įvykti“ (*Things to Come*), sukurtas pagal Herberto Džordžo Velso (*Herbert George Wells*) romaną, prognozavo ateitį tos civilizacijos, kurioje Antrasis pasaulinis karas sukėlė tiek kančių ir bėdų. Il-

gainiui visi žmonijos pasiekimai paverčiami griuvėsiais, sugniuždytus ir nukurdintus žmones valdo šutvės kariškių. Tačiau filmo pabaigoje grupelė toliaregių mokslininkų, turinčių itin galingus ginklus, pradeda atkurti tvarką, ir civilizacija pagaliau vėl pakyla iš pelenų. Vienoje šio filmo scenoje mergaitei pasakojama žiauri XX a. istorija, ir ji išgirsta apie dalyką, vadinamą peršalimu. „Kas tai yra?“ – klausia. Jai atsakoma, kad ši liga seniai išnyko.

Tačiau to gali ir nebūti.

Išgydyti visas ligas buvo vienas iš seniausių tikslų. Tačiau net ir 2100 m. mokslininkai nepajęs išgydyti visų ligų, nes jos mutuoja greičiau, nei pajėgiamė išgydyti, ir jų yra per daug. Kartais pamirštame, jog gyvename bakterijų ir virusų okeane; šie mikroorganizmai egzistavo milijardus metų iki žmogaus atsiradimo ir egzistuos dar milijardus metų, kai *Homo sapiens* nebebus.

Daugeliu ligų užsikręsta nuo gyvulių. Tai viena iš kainų, kurias teko sumokėti už gyvulių prisijaukinimą, prasidėjusį maždaug prieš 10 000 m. Gyvuliuose tykoja daug ligų, kurios greičiausiai išliks ilgiau už mus. Paprastai tos ligos užkrečia nedaugelį žmonių. Tačiau, atsiradus dideliems miestams, lengvai perduodamos ligos gali greitai plisti tarp žmonių, pasiekti kritinę masę ir sukelti pandemijas.

Pavyzdžiui, analizuodami gripo viruso genomą, mokslininkai nustebė, pamatę, kad jis kilęs iš paukščių. Daugelis paukščių gali būti įvairių gripo viruso atmainų nešiotojai be jokios žalos sau. Tačiau kiaulės kartais veikia kaip genetinis maišymo indas, kai suėda paukščių išmatas. O ūkininkai jau gyvena ir šalia vienu, ir šalia kitų. Kai kas mano, jog tai gali būti priežastis to, kad gripo virusas dažnai ateina iš Azijos, nes ten žemdirbiai dažnai augina ir naminius paukščius, ir kiaules, būdami arti jų.

Paskutinė H_1N_1 gripo epidemija yra tik naujausia paukščių gripo ir kiaulių gripo mutacijų banga.

Viena iš bėdų yra ta, kad žmonės nuolat skverbiasi į naujas aplinkas, kerta miškus, stato priemiesčius ir naujas gamyklas; tai darydami, jie susiduria su senovinėmis ligomis, kurios gyvūnuose tykoja mūsų. Kadangi gyventojų skaičius pasaulyje toliau didėja, tai reikėtų manyti, kad iš miškų sulauksime dar ne vieno netikėtumo.

Yra nemažai genetinių įrodymų, kad ŽIV, savo karjerą pradėjęs kaip beždžionių imunodeficitu virusas (BIV), kuris iš pradžių užkrėsė tik beždžiones, vėliau persimetė ir žmonėms. Panašiai ir hanta virusai ėmė pulti žmones,

kai šie JAV pietvakariuose įžengė į prerijos graužikų paplitimo teritoriją. Laimo liga, kurią daugiausia platina erkės, į JAV šiaurės rytų priemiesčius įsiveržė dėl to, kad žmonės dabar statosi namus netoli miškų, kuriuose gyvena erkės. Ebola virusas greičiausiai ir senovėje puldavo žmonių gentis, bet daugiau gyventojų jis užpuolė tik atėjus kelionių reaktyviniais lėktuvais erai ir susilaukė daug žiniasklaidos dėmesio. Net vadinamoji legionierių liga greičiausiai yra labai sena. Ji susijusi su stovinčiu vandeniu, bet oro kondicionieriai šią ligą išplatino tarp senų žmonių, plaukiojančių kruiziniais laivais.

Taigi ateityje sulauksime dar daug netikėtumų, bus naujų egzotiškų ligų bangų, jų pavadinimai sumirgės spaudos antraštėse.

Deja, vaistai toms ligoms gydyti gali vėluoti.

Vaistų nėra net nuo peršalimo. Daugybė preparatų, siūlomų vaistinėse, gydo tik šios ligos simptomus, bet nesunaikina viruso dėl to, kad yra daugiau kaip 300 sukeliančio peršalimą rinoviruso atmainų, ir visoms joms sukurti skiepus būtų per brangu.

Dar klastingesnis ŽIV virusas – jo atmainų gali būti keli tūkstančiai. Tiesą sakant, jis mutuoja taip greitai, kad, sukūrus skiepus nuo vienos jo atmainos, virusas kaipmat mutuoja. Todėl ŽIV skiepų kūrimą galima lyginti su šaudymu į judančius taikinius.

Ateityje išgydysime daug ligų, bet greičiausiai tarp jų liks tokių, kurios paspruks net nuo toliausiai pažengusio mokslo.

PUIKUS NAUJAS PASAULIS

2100 m., kai jau valdysime savo genų likimą, savo likimą turėsime lyginti su antiutopija, aprašyta pranašiskame Oldo Hakslio (*Aldous Huxley*) romane „Puikus naujas pasaulis“ (*Brave New World*). Jame veiksmas vyksta 2540 m. Pasirodžiusi 1932 m., knyga sukėlė visuotinį šoką ir baimę.

Bet nuo tada praėjus daugiau kaip 75 m., daugelis jo pranašysčių jau išsipildė. Jis piktino britų visuomenę, kai rašė apie kūdikius iš mėgintuvėlių, kai gimdymas bus atskirtas nuo pramogos, o narkotikai taps įprastu dalyku. Tačiau šiandien juk jau gyvename pasaulyje, kuriame apvaisinimas *in vitro* ir tabletės nuo pastojimo laikomi savaime suprantamais dalykais. (Vienintelė iš jo didžiausių prognozių, kuri dar neišsipildė, yra žmonių klonavimas.)

Jis numatė hierarchinį pasaulį, kuriame gydytojai sąmoningai klonuoja žmonių embrionus su pažeistomis galvos smegenimis, kad jie užaugę taptų valdančiojo elito tarnais. Atsižvelgiant į psichinio sužalojimo mastą, juos galima skirstyti į rangus nuo *alfa*, kuriam priskiriami tobuli embrionai, užaugę turintys tapti valdovais, iki *epsilon*, kurie mažai tesiskiria nuo protiškai atsilikusių vergų. Taigi technologija, užuot išvadavusi žmoniją iš skurdo, tamsumo ir ligų, tapo siaubu, jėga įgyvendinančiu dirbtinį ir ydingą stabilumą pavergiant visus gyventojus.

Nors šis romanas daug ką numatė labai tiksliai, genų inžinerijos A. Haks-lis neprognozavo. Jei būtų žinojęs apie tokią technologiją, nerimą greičiausiai būtų kėlęs kitkas – ar nesubyrės žmonių visuomenė, kur tėvų nuotaika bus nepastovi, vyriausybės suktos, ir jie nepaliks ramybės vaikų genų? Tėvai jau ir taip rengia vaikus keisčiausiais drabužiais ir verčia dalyvauti kvailose varžybose, todėl ar nesumos keisti jų genų tėvų įgeidžiams patenkinti? Tiesą sakant, evoliucija greičiausiai taip suprogramavo tėvus, kad stengtųsi palikuonis aprūpinti kuo tik įmanoma, tai kodėl gi nepabandyti tobulinti ir jų genų?

Kaip pavyzdį, kas gali būti ne taip, paimkime sonogramą. Nors gydytojai, nieko blogo negalvodami, pradėjo taikyti sonogramas tirdami nėštumo eigą, tai lėmė masinį moteriškosios lyties embrionų žuvimą, ypač Kinijos ir Indijos kaimo vietovėse. Viename Mumbajuje atliktame tyrime nustatyta, kad iš 8000 žuvusių embrionų 7997 buvo moteriškosios lyties. Pietų Korėjoje 65 % visų šeimose gimusių trečiųjų vaikų yra berniukai.

Ta vaikų karta, kurios tėvai pasirinko tokius lyties pagrindu daromus abortus, greitai sulauks amžiaus, kai jai reikės kurti šeimą, ir milijonams jų paaiškės, kad neįmanoma rasti žmonos. Tai savo ruožtu gali sukelti didelius socialinius pokyčius. Valstiečiai, norėję tik berniukų, kad išsaugotų savo pavardę, pamatys – neturi vaikaičių.

O Jungtinėse Valstijose plinta piktnaudžiavimas žmogaus augimo hormonu, kuris dažnai reklamuojamas ir kaip vaistas nuo senėjimo. Iš pradžių jis buvo skirtas pakoreguoti per mažo ūgio vaikų hormonų stygių. Tačiau šis hormonas tapo didžiulio masto pagrindiniu verslu, kuris remiasi abejotinais duomenimis apie to hormono poveikį senėjimui. Internetas sukūrė didžiulį gyventojų, atliekančių bandomųjų jūros kiaulyčių vaidmenį apgaulingam gydymo būdai tirti, sluoksnį.

Taigi, progai pasitaikius, žmonės dažnai piktnaudžiauja gydymo būdais ir daro didžiulę žalą sau. O kas atsitiks, kai jiems taps prieinama genų inžinerija?

Išsipildžius pačiam blogiausiam scenarijui, galime susidurti su košmaru, kurį aprašė H. Dž. Velsas klasika tapusioje mokslinės fantastikos apysakoje „Laiko mašina“ (*The Time Machine*). Joje žmonija 802 701 m. suskyla į dvi rūšis. Jis rašė: „Palaipsniui man pradėjo aiškėti, kas gi iš tikrųjų atsitiko: Žmogus jau nebeliko viena rūšis, o diferencijavosi ir tapo dviem skirtingais gyvūnais. Supratau, mano dailūs vaikai, priklausantys Aukštesniajam pasauliui, nėra vieninteliai mūsų kartos palikuonys, nes toks palikuonis visiems laikams yra ir ta išblyškusi šlykšti naktinė Būtybė, šmėkštelėjusi man prieš akis.“

Norint suvokti, kokios žmonių atmainos yra įmanomos, pakanka pažvelgti į naminius šunis. Jau yra tūkstančiai jų veislių. Visos jos kilusios iš vieno protėvio – pilkojo vilko, *Canis lupus*, kuris buvo prijaukintas maždaug prieš 10 000 m., paskutinio ledynmečio pabaigoje. Dėl selekcinio veisimo, kuriuo užsiėmė jų šeimininkai, šiandien šunys pasižymi begaline dydžių ir formų įvairove. Selektinis veisimas leido iš esmės keisti jų kūno formą, temperamentą, spalvą, gebėjimus.

Kadangi šunys sensta apie 7 kartus greičiau negu žmonės, nuo jų atskyrimo nuo vilkų būta apie 1000 šunų kartų. Jei tokį selektinį veisimą pritaikytume žmonėms, tai žmonių giminė suskiltų į tūkstančius atmainų vos per 70 000 m., nors visos tos atmainos tebeprisiklausytų tai pačiai rūšiai. Genų inžinerija ši procesą leistų labai paspartinti, galbūt tam padaryti pakaktų ir vienos žmonių kartos.

Laimei, yra pagrindo manyti, kad toks žmonių giminės susiskaidymas neįvyks, bent jau šiame šimtmetyje. Evoliucionuodamos atskiros rūšys paprastai suskyla tada, kai geografiniai veiksniai jas perskiria į dvi atskirai besidauginančias populiacijas. Pavyzdžiui, taip atsitiko Australijoje, kur fizinis daugelio gyvūnų rūšių perskylimas lėmė jokioje kitoje Žemės vietoje neaptinkamų gyvūnų atsiradimą – tai sterbliniai, ir žinomiausia jų rūšis – kengūra. Žmonės, palyginti su kitais gyvūnais, yra labai mobilūs, jų evoliucijoje nėra jų apsunkinančių kliūčių, jie labai maišosi tarpusavyje.

G. Stokas iš Kalifornijos universiteto sakė: „Tradicinė Darvino evoliucija šiuo metu žmonių beveik visai nekeičia, ir tikimybė, kad ji tai galėtų daryti artimiausioje ateityje, labai maža. Žmonių populiacija per didelė ir per daug susimaišiusi, o selekciniai spaudimai per daug lokalizuoti ir trumpalaikiai.“³¹

Apribojimų prideda ir Urvinio žmogaus principas.

Kaip minėjome, žmonės dažnai atmeta pažangias technologijas (pavyzdžiui, biurus be popierių), jei jos prieštarauja žmogaus prigimčiai, kuri per pastaruosius 100 000 m. išliko gana pastovi. Žmonės gali nenorėti konstruoti vaikų, kurie nukryptų nuo normos, ir į kuriuos jų bendraamžiai žiūrėtų kaip į keistuolius. Juk tai sumažintų jų pasisekimo visuomenėje galimybes.

Rengti vaikus idiotiškais drabužiais yra vienas dalykas, bet visam laikui pakeisti jų paveldimumą – visiškai kitas. (Laisvojoje rinkoje greičiausiai atsirastų vietos ir keistiems genams, bet jų ten bus mažai, nes varomoji rinkos jėga yra vartotojų paklausa.) Galima neabejoti, kad šio šimtmečio pabaigoje sutuoktinių pora galės rinktis genus iš pateikto sąrašo; jame vyraus genai, padėsiantys išvengti genetinių ligų, bet bus ir genų tobulinti savo genomą. Tačiau rinkos spaudimas finansuoti keistų genų tyrimus bus menkas, nes jų paklausa bus maža.)

Tikrą pavojų galbūt keltų ne tiek vartotojų paklausa, kiek diktatoriškos vyriausybės, kurios galėtų norėti genų inžineriją panaudoti savo tikslams – sakykime, išvesti stipresnių ir klusnesnių karių veislę.

Kita kliūtis gali iškilti tolimoje ateityje, kai turėsime kolonijų kitose planetose, kur gravitacinė jėga ir klimatinės sąlygos bus visai kitokios negu Žemėje. Tada, greičiausiai jau kitame šimtametyje, reikės galvoti, kaip išvesti naują žmonių veislę, kuri prisitaikytų prie kitokių gravitacinių laukų ir atmosferos sąlygų.

Tarkime, ta nauja žmonių veislė galėtų vartoti kitokius deguonies kiekius, prisitaikyti prie kitokio dienos ilgumo, turėti kitokią kūno masę ir kitokią medžiagų apykaitą. Tačiau kosminės kelionės ilgą laiką bus labai brangios. Šio šimtmečio pabaigoje galbūt jau turėsime mažą forpostą Marse, tačiau absoliuti žmonių dauguma tebegyvens Žemėje. Ateityje dar dešimtis ir šimtus metų kosminės kelionės bus prieinamos tik astronautams, turtuoliams ir galbūt nedaugeliui užsigrūdinusių kosmoso kolonistų.

Tad žmonijos suskilimas į skirtingas rūšis kelionių po Saulės sistemą ir už jos ribų atžvilgiu šiame šimtametyje, o greičiausiai ir kitame, dar neįvyks. Artimiausioje ateityje, jei tik neįvyks kokių nors ryškių kosmoso technologijų proveržių, iš esmės liksime savo planetoje.

Pagaliau yra dar viena grėsmė, su kuria susidursime iki 2100 m.: ši technologija sąmoningai gali būti nukreipta prieš mus kaip bakteriologinis ginklas.

BAKTERIOLOGINIS KARAS

Bakteriologinis karas toks senas, kaip ir pati Biblija. Senovėje kariai permesdavo nuo ligų mirusių žmonių kūnus per priešo miestų sienas ar užnuodydavo jų vandens šaltinius nugaišusių gyvulių kūnais. Kitas būdas sunaikinti priešą – tyčia jam duoti raupų sukėlėjais užkrėstų drabužių. Šiuolaikinės technologijos leidžia genetiškai veisti bakterijas, galinčias sunaikinti milijonus žmonių.

1972 m. Jungtinės Valstijos ir buvusi Tarybų Sąjunga pasirašė istorinį susitarimą, draudžiantį bakteriologinį karą puolamaisiais tikslais. Tačiau dabar genų inžinerijos technologijos pažengusios jau taip toli, kad susitarimas neteko prasmės.

Pirma, kalbant apie DNR tyrimus, nėra tokių dalykų, kaip puolamoji ir gynybinė technologija. Manipuliaciją genais galima panaudoti ir vienai, ir kitai.

Antra, genų inžinerija leidžia kurti „karines“ bakterijas, specialiai modifikuotas taip, kad padidėtų jomis užsikrėtusių žmonių mirtingumas ar jų galimybės plačiau pasklisti aplinkoje. Buvo manoma, kad tik Jungtinės Valstijos ir Rusija turi raupų sukėlėjų, nuo kurių per visą žmonijos istoriją žuvo daugiausia žmonių. 1992 m. perbėgėlis iš Tarybų Sąjungos pareiškė, kad rusai turi „karinių“ raupų bakterijų, ir kad jų prisigamino apie 20 t. Subyrėjus Tarybų Sąjungai, iškilo pavojus, kad kokia nors teroristų grupė už pinigų gali prieiti prie tų „karinių“ raupų bakterijų atsargų.

2005 m. biologams pavyko atgaivinti ispaniškojo gripo virusą, nuo kurio 1918 m. mirė daugiau žmonių, negu žuvo per Pirmąjį pasaulinį karą. Pažymėtina, kad tą virusą jie atgaivino, tirdami kūną moters, kuri mirė ir buvo palaidota Aliaskoje, amžinojo išalo zonoje, bei pavyzdžius, paimtus iš JAV karių tos gripo epidemijos metu.

Mokslininkai tada pradėjo skelbti internete visą to viruso genomą – paviešino visam pasauliui. Daugelis mokslininkų, tai matydami, pasijuto nejaukiai, nes juk dabar net koks nors koledžo studentas, turintis galimybę naudotis universiteto laboratorija, galėjo prikelti vieną iš didžiausių žudikų žmonijos istorijoje.

Netrukus ispaniškojo gripo viruso geno publikavimas tapo tikromis aukso kasyklomis mokslininkams – jie galėjo nagrinėti genus, ieškodami atsakymo į jiems seniai neduodantį ramybės klausimą, kaip tokia maža mutacija

galėjo padaryti tiek žalos žmonėms. Atsakymas netrukus buvo rastas. Paaiškėjo, kad ispaniškojo gripo virusas, ne taip, kaip kitos jo atmainos, žmogaus imuninę sistemą skatina veikti smarkiau nei reikėtų. Ji išskiria labai daug skysčių, kurie galų gale ir lemia žmogaus mirtį: jis paskęsta savo skysčiuose. Kai tik tai buvo suprata, šiuos mirtį sukeliančius genus buvo galima palyginti su H_1N_1 gripo viruso bei kitų virusų genais. Laimei, nė vienas iš jų neturėjo šio mirtino geno. Negana to, dabar buvo galima apskaičiuoti, kaip toli koks nors virusas yra nuo šio keliančio didelį nerimą gebėjimo pasiekimo. Paaiškėjo, kad H_1N_1 gripo virusui iki to dar toli.

Tačiau ilgalaikėje perspektyvoje už visus šiuos pasiekimus teks sumokėti. Kiekvienais metais darosi vis lengviau manipuliuoti gyvų organizmų genais. Darbo su jais išlaidos sparčiai mažėja, o informacija plačiai prieinama internete.

Kai kurie mokslininkai mano, kad po kelių dešimtmečių bus įmanoma sukurti aparatą, leidžiantį sukurti bet kokį geną, išspausdinant jo pageidaujamus dėmenis. Išspausdinus A, T, C, G simbolius, sudarančius geną, aparatas automatiškai suskaidys DNR į gabalus genui sukurti. Jei taip bus iš tikrųjų, ilgainiui gal net vidurinės mokyklos moksleiviai galės gana sudėtingai manipuliuoti gyvybės formomis.

Vienas iš baisiausių scenarijų – oru perduodami AIDS virusai. Pavyzdžiui, peršalimo virusai turi kelis genus, leidžiančius jiems išlikti aerozolių lašeliuose, todėl čiaudėjant galima užkrėsti kitus. Šiuo metu AIDS virusai yra gana smarkiai pažeidžiami aplinkos veiksnių. Tačiau, į juos implantavus peršalimo viruso genus, galima įsivaizduoti, kad jie galės išlikti ir ne žmogaus kūne. Tada AIDS virusai galėtų plisti kaip ir peršalimo virusai ir užkrėsti didelę dalį žmonijos. Žinoma ir tai, kad tarp virusų ir bakterijų vyksta genų mainai, todėl įmanoma, kad AIDS virusai ir peršalimo virusai gali keistis genais ir natūraliu būdu, nors tai mažiau tikėtina.

Ateityje kokia nors teroristų grupė ar valstybė gali pajėgti „sukarinti“ AIDS virusus. Vienintelis dalykas, galintis juos atgrasinti nuo to, yra tai, kad tokį virusą paleidę į aplinką, žūtų ir jie patys.

Toks pavojus atsirado tuoj po rugsėjo 11-osios tragedijos. Nežinomas žmogus pradėjo paštu siuntinėti visoje šalyje gerai žinomiems politikams paketėlius su baltais milteliais, kuriuose buvo juodligės sporų. Mikroskopiniai

tyrimai parodė, jog juodligės sporos yra „sukarintos“ sukelti kuo daugiau mirčių ir padaryti kuo daugiau žalos. Staiga visą šalį apėmė baimė, kad teroristų grupė turi galimybę naudotis patobulintais biologiniais ginklais. Nors juodligės sporų yra dirvožemyje ir visoje aplinkoje, tik gerai apmokytas ir turintis maniakiškų ketinimų žmogus galėjo jas išvalyti, „sukarinti“ ir siuntinėti.

Net po vienos iš didžiausių JAV istorijoje paieškos operacijų kaltininko iki šiol surasti nepavyko (nors pagrindinis įtariamasis neseniai nusižudė). Šioje istorijoje svarbiausia tai, kad net vienas žmogus, turintis pakankamą biologinį išsilavinimą, gali terorizuoti visą šalį.

Vienas iš veiksnių, neleidžiančių pradėti bakteriologinio karo, yra savanaudiškumas. Pirmojo pasaulinio karo metu nuodingųjų dujų naudojimo mūsų lauke efektyvumą galima vertinti prieštaringai. Vėjas dažnai būdavo nenuspėjamas, todėl dujos galėjo sugrįžti ir paveikti savo karius, jos kaip ginklas geriau tiko priešą terorizuoti, negu iš tikrųjų padaryti jam apčiuopiamos žalos.

Nė vienas iš svariausių mūsų nebuvo laimėtas naudojant nuodingas dujas. Todėl net Šaltojo karo kulminacijos metu abi pusės suprato, kad nuodingosios dujos ir biologiniai ginklai mūsų lauke gali turėti nenuspėjamų pasekmių, ir karas gali lengvai pereiti į branduolinę konfrontaciją.

Kaip matėme, visi šiame skyriuje minimi argumentai apėmė manipuliaciją genais, baltymais ir molekulėmis. Todėl natūraliai kyla kitas klausimas: kiek įmanoma manipuliuoti atskirais atomais?

KETVIRTAS SKYRIUS

NANOTECHNOLOGIJA

VISKAS IŠ NIEKO?

Kiek suprantu, fizikos principai neatmeta galimybės manipuluoti daiktais atomas po atomo.

– Ričardas Feinmenas (*Richard Feynman*), Nobelio premijos laureatas

Nanotechnologija davė įrankius, padedančius manipuluoti galutiniais struktūriniais gamtos elementais – atomais ir molekulėmis. Viskas yra padaryta iš jų, o galimybės kurti naujus dalykus, atrodo, yra beribės.

– Horstas Štormeris (*Horst Stormer*), Nobelio premijos laureatas

Be galo mažų dalykų svarba be galo didelė.

– Lujis Pasteras (*Louis Pasteur*)

Įrankių valdymas yra svarbiausias pasiekimas, skiriantis žmones nuo gyvulių. Pasak graikų ir romėnų mitų, tai prasidėjo tada, kai Prometėjas, kuriam pagailo vargstančių žmonių, iš Vulkano krosnies pavogė brangią dovaną – ugnį. Tačiau ta vagystė įsiutino dievus. Žmonijai nubauti Dzeusas sugalvojo išradingą gudrybę. Jis paprašė Vulkano nukalti iš metalo skrynią ir gražuolę moterį. Nukaltą statulą Vulkanas pavadino Pandora; panaudojęs kerus, sutei-

kė jai gyvybę ir liepė niekada neatidaryti skrynios. Netverdama iš smalsumo, vieną dieną atidarė ir išleido iš jos į pasaulį visus netvarkos, vargų ir kentėjimų vėjus, o skrynioje liko tik viltis.

Taigi iš dieviškosios Vulkano krosnies žmonija gavo ir svajones, ir kentėjimus. Šiandien kuriame iš esmės naujas mašinas, tobuliausius įrankius, pagamintus iš pavienių atomų. Tačiau ką jie atneš – švietimo ir žinojimo ugnį ar sąmyšio vėjus?

Per visą žmonijos istoriją nuo įrankių įvaldymo priklausė mūsų likimas. Kai prieš tūkstančius metų buvo patobulintas lankas ir strėlės, reikė, kad svaidomuosius ginklus galėjome svaidyti daug toliau negu plikomis rankomis. Pagerėjo medžioklė, pagausėjo maisto atsargų. Kai maždaug prieš 7000 m. buvo išrasta metalurgija, atsirado kuo pakeisti iš dumblo ir šiaudų krėstas lūšneles, jau galėjome statyti didelius, aukštai iškilusius pastatus. Netrukus iš miškų ir dykumų pradėjo kilti imperijos, sukurtos iš metalo nukaltais įrankiais.

Šiuo metu esame prie visai naujos rūšies įrankių, daug galingesnių už visus ankstesnius, įvaldymo slenksčio. Šį kartą ketiname įvaldyti pačius atomus, iš kurių viskas ir padaryta. Šiame šimtmetyje galbūt sukursime patį svarbiausią įrankį, kokį tik galima įsivaizduoti – nanotechnologiją, kuri leis manipuluoti pavieniais atomais.

Tai gali tapti antrosios pramonės revoliucijos pradžia, nes gamyba molekulinio lygmeniu įgalins sukurti naujas medžiagas, apie kurias šiandien galime tik svajoti – itin stiprias, itin lengvas, su geriausiomis elektrinėmis ir magnetinėmis savybėmis.

Nobelio premijos laureatas Ričardas Smolis (*Richard Smalley*) sakė: „Didžiausia nanotechnologijos svajonė yra naudoti atomą kaip statybinį elementą.“¹ Filipas Kuekis (*Philip Kuekes*) iš *Hewlett-Packard* kompanijos teigė: „Galų gale tikslas yra ne tik gaminti dulkių dydžio kompiuterius. Reikėtų galvoti apie bakterijos dydžio paprastus kompiuterius. Tada mažoje dulkelėje būtų galima sutalpinti kompiuterį, galingumu prilygstantį dabartiniam staliniam kompiuteriui.“²

Tai nėra tik atitrūkusių nuo gyvenimo svajotojų viltis. JAV vyriausybė į tai žiūri visai rimtai. 2009 m. dėl didžiulių potencialių nanotechnologijos galimybių medicinoje, pramonėje, aeronautikoje ir komercijoje iš Nacionalinės nanotechnologijų iniciatyvos federalinės programos šios srities tyrimams buvo skirta 1,5 mlrd. dol. Vyriausybės Nacionalinio mokslo fondo Nanotechnolo-

gijų ataskaitoje konstatuojama: „Nanotechnologija gali didinti žmonių darbo našumą, nepalijaujamai tobulinti medžiagų, vandens, energijos ir maisto vartojimą, apsaugoti nuo nežinomų bakterijų ir virusų.“³

Galų gale nuo to gali priklausyti ir pasaulio ekonomika bei šalių likimai. Apie 2020 m. ar kiek vėliau Mūro dėsnio veikimas pradės silpnėti ir galiausiai gali netekti galios. Pasaulyje tada galėtų išsivrauti tvarka, jei fizikai nerastinkamo pakaito silicio tranzistoriams, naudojamiems kompiuteriuose. Čia galėtų padėti nanotechnologija.

Nanotechnologija taip pat gali (galbūt tai įvyks šio šimtmečio pabaigoje) sukurti mašiną, darančią tik dievams, kuri beveik iš nieko galėtų sukurti bet ką.

KVANTINIS PASAULIS

Į šį naują fizikos pasaulį pirmasis atkreipė dėmesį Nobelio premijos laureatas R. Feinmenas, uždavęs apgaulingai paprastą klausimą, kokią mažiausią mašiną įmanoma padaryti. Tai buvo ne akademinis klausimas. Kompiuteriai nepalijaujamai mažėjo, keisdami pramonės veidą, todėl darėsi vis aiškiau, kad atsakymas į šį klausimą gali labai paveikti visuomenę ir ekonomiką.

1959 m. savo pranašiškoje kalboje Amerikos fizikų draugijoje (tą kalbą jis pavadino taip: „Apačioje yra daug vietos“) R. Feinmenas sakė: „Įdomu, kad iš principo fizikas galės (mano nuomone) susintetinti bet kokią cheminę medžiagą, kurios formulę chemikas užrašys. Tik užsakykite, ir fizikas ją susintetins. Kaip? Padėdamas reikiamus atomus ten, kur nurodys chemikas.“ Jis padarė išvadą, kad įmanoma padaryti mašinas iš atskirų atomų; atskleidus naujus fizikos dėsnius, tai padaryti bus sunku, tačiau įmanoma.

Tad galų gale viso pasaulio ekonomika ir šalių likimai gali priklausyti nuo kvantinės teorijos keistų, kartais net prieštaraujančių sveikam protui, principų. Mes įpratę manyti, kad fizikos dėsniai nekinta, mastams mažėjant. Netiesa. *Walt Disney Pictures* kompanijos filmuose „Brangioji, aš sumažinau vaikus“ (*Honey, I Shrunk the Kids*) ir „Neįtikėtinai mažėjantis žmogus“ (*The Incredible Shrinking Man*) sudaromas klaidingas įspūdis, kad mažyčiai žmogučiai fizikos dėsnių bus veikiami taip pat, kaip ir mes.

Pavyzdžiui, vienoje minėto filmo scenoje sumažinti veikėjai joja skruzdėle, lietui lyjant. Lašai krinta ant žemės, sudarydami balutes, kaip tai būna mūsų pa-

saulyje. Tačiau iš tikrųjų tie lašai gali būti didesni už skruzdėles. Todėl priėjusiai prie jo skruzdėlei lašas atrodys kaip didžiulis vandens pusrutulius. Jis išlaiko formą veikiant paviršiaus įtempties jėgoms. Mūsų pasaulyje paviršiaus įtempimo jėgos yra labai mažos, tad jų net nepastebime. Tačiau, perėjus prie skruzdėlės dydžių, jos santykinai labai padidėja, todėl lietaus vanduo suformuoja lašelius.

(Beje, jei bandytume skruzdėlę padidinti iki namo dydžio, susidurtume su kita kliūtimi: jos kojos sulūš, neatlaikiusios kūno masės, nes didinamos skruzdėlės masė didės kur kas greičiau už kojų stiprumą.

10 kartų padidintos skruzdėlės kūno tūris, taigi ir svoris, padidės $10 \times 10 \times 10 = 1000$ kartų. Tačiau kojų stiprumas priklauso nuo raumenų storio, kuris padidėja tik $10 \times 10 = 100$ kartų. Taigi didžiulė skruzdėlė bus santykinai 10 kartų silpnesnė už paprastą skruzdėlę. Tai irgi reiškia, kad King Kongas, užuot kėlęs siaubą Niujorko gyventojams, susmėgs, jei bandys lipti į *Empire State Building* dangoraižį.)

R. Feinmenas pažymėjo, kad atominiam lygmenyje vyrauja ir kitos jėgos – vandenilinis ryšys ir van der Valso jėga; jas sukelia silpnos elektros jėgos, veikiančios tarp atomų ir molekulių. Kaip tik nuo šių jėgų ir priklauso daugelis fizinių medžiagų savybių.

(Kad būtų lengviau tai įsivaizduoti, panagrinėkime paprastą dalyką – kodėl JAV šiaurės rytinės dalies keliuose tiek daug duobių. Kiekvieną žiemą vanduo užpildo mažyčius plyšelius asfalto dangoje, o vanduo šaldamas plečiasi ir trupina asfaltą; taip ir atsiranda duobių. Tačiau sveikas protas priešinasi minčiai, kad vanduo šaldamas plečiasi. O plečiasi dėl minėto vandenilinio ryšio.

Vandens molekulė yra raidės „V“ pavidalo su deguonies atomu apačioje. Ji turi nedidelį neigiamąjį krūvį apačioje ir teigiamąjį – viršuje. Todėl kai vanduo užšąla, ir jo molekulės, būdamos viena ant kitos, plečiasi ir sudaro taisyklingą ledo tinklėlį, kuriame tarp molekulių yra daug tuščių vietų. Vandens molekulės išsidėsto šešiakampiu. Kaip tik dėl to ir sniegas yra šešiakampis, o ledas plūduriuoja vandenyje, nors iš tikrųjų turėtų skęsti.)

VAIKŠČIOJIMAS PER SIENAS

Be paviršiaus įtempties, vandenilinio ryšio ir van der Valso jėgų, atominiu lygmeniu yra ir keistų kvantinių reiškinių. Kasdieniniame gyvenime paprastai

nematome, kaip tos kvantinės jėgos veikia. Tačiau jų yra visur. Pavyzdžiui, dėl to, kad atomai iš esmės tušti, turėtume be vargo eiti per sienas. Juk tarp atomo branduolio, esančio jo centre, ir elektronų apvalkalo yra tuščia erdvė. Jei atomas būtų futbolo stadiono dydžio, stadionas būtų tuščias, nes atomo branduolys būtų maždaug smėlio grūdėlio dydžio.

(Mes kartais nustebiname studentus štai tokiu paprastu bandymu. Priešais jį padedame Geigerio skaitiklį, o už nugaros – nekenksmingą radioaktyvią tabletę. Studentas nustemba, pajutęs, kad kai kurios dalelės pereina per kūną ir sužadina Geigerio skaitiklį, tarsi kūnas būtų tuščias; iš esmės toks ir yra.)

Jei iš esmės esame tušti, tai kodėl negalime eiti per sienas? Filme „Vaiduoklis“ (*Ghost*) Patriko Sveizo (*Patrick Swayze*) veikėją jo varžovas nužudo, ir jis virsta vaiduokliu. Jo laukia nusivylimas, kai tik bando prisiliesti prie savo buvusios sužadėtinės, kurią vaidina Demi Mūr (*Demi Moore*). Jo rankos eina kiaurai per paprastą medžiagą; paaiškėja, kad kūnas neturi medžiagos ir lengvai skverbiasi per tankius objektus.

Vienoje filmo scenoje jis įkiša galvą į važiuojantį metro vagoną. Vagonas lekia su jo viduje esančia galva, o jis nieko nejaučia. (Filme nepaaiškinama, kodėl gravitacinė jėga jo neištraukia per grindis, ir kodėl jis nenukrinta į Žemės centrą. Tikriausiai vaiduokliai gali eiti per ką tik nori, išskyrus grindis.)

Tai kodėl gi negalime eiti per tankius objektus, kaip tai daro minėti vaiduokliai? Atsakymo reikėtų ieškoti viename įdomiame kvantiniame reiškinyje. Pagal Paulio draudimo principą, du elektronai negali būti tos pačios kvantinės būsenos. Todėl du beveik vienodi elektronai, per daug suartėję, pradeda stumti vienas kitą. Kaip tik dėl to objektai ir atrodo tankūs, nors tai tik iliuzija. Iš tikrųjų medžiaga yra beveik tuštuma.

Sėdint ant kėdės, atrodo, kad su ja susiliečiame, tačiau iš tikrųjų tarsi kybome virš jos, bet esame pakilę tik mažiau kaip nanometrą, atstumiami elektrinių ir kvantinių kėdės jėgų. Vadinasi, kai ką nors „liečiame“, tiesioginio sąlyčio nėra, mus atskiria tos mažytės atominės jėgos. (Taigi, jei galėtume koku nors būdu neutralizuoti minėtą draudimo principą, galėtume eiti per sienas. Deja, niekas nežino, kaip tai padaryti.)

Kvantinės jėgos ne tik neleidžia atomams atsitrenkti vienas į kitą, bet ir juos sujungia į molekules. Įsivaizduokime, kad atomas panašus į mažytę Saulės sistemą, kurioje planetos sukasi aplink ją. Jei dvi tokios Saulės sistemos

susidurtų, jų planetos irgi susidurtų arba išsibėgiotų įvairiomis kryptimis, ir Saulės sistema suirtų. Susidūrusios Saulės sistemos niekada nebūna stabilios, todėl ir atomai susidurdami turėtų suirti.

Tikrovėje labai suartėję du atomai vienas nuo kito atšoka arba susijungia ir sudaro stabilią molekulę. Stabilies molekulės atomai gali sudaryti dėl to, kad du atomai gali dalytis elektronais. Mintis, kad elektroną gali dalytis du atomai, atrodo absurdiška. Jei elektronas paklustų sveiku protu besiremiantiems Niutono dėsniams, tai būtų neįmanoma. Tačiau, veikiant Heizenbergo neapibrėžtumo principui, negalima tiksliai žinoti, kurioje vietoje elektronas yra. Jis yra kažkur tarp dviejų atomų ir priklauso jiems abiem.

Kitaip sakant, jei panaikinsime kvantų teoriją, tai mus sudarančios molekulės susidūrusios subyrės, ir virsime dalelių debesėliu. Tad kvantinė teorija paaiškina, kodėl atomai gali susijungti ir sudaryti tankią medžiagą, o ne subyrėti.

(Dėl tos pačios priežasties negali egzistuoti pasauliai kituose pasauliuose. Kai kas mano, kad mūsų Saulės sistema ar net galaktika gali būti tik kažkokios kitos didžiulės Visatos atomas. Tiesą sakant, kaip tik tai ir pavaizduota baigiamojoje filmo „Vyrai juodais drabužiais“ (*Men in Black*) scenoje, kur mums žinoma Visata buvo tik atomas kažkokių ateivių iš kosmoso žaidime. Tačiau pagal fizikos dėsnius tai neįmanoma, nes, masteliams keičiantis, keičiasi ir fizikos dėsniai. Pavyzdžiui, atomai, kitaip nei galaktikos, paklūsta visai kitokioms taisyklėms.)

Štai kai kurie sveiku protu sunkiai suvokiami kvantinės teorijos principai:

- neįmanoma tiksliai nustatyti bet kurios dalelės judėjimo greičio ir jos buvimo vietos – visada lieka neapibrėžtumas;
- tam tikru požiūriu dalelės vienu metu gali būti dviejose vietose;
- visos dalelės egzistuoja kaip įvairių būsenų mišiniai vienu metu; tarkime, besisukančios dalelės gali būti mišiniai dalelių, kurių ašys vienu metu sukasi į viršų ir į apačią;
- dalelės gali išnykti ir vėl atsirasti kitoje vietoje.

Šie teiginiai atrodo absurdiški. Ne veltui A. Einšteinas pasakė: kuo kvantinė teorija geresnė, tuo atrodo kvailiau. Niekas nežino, iš kur atsirado tie keisti teiginiai. Tai postulatai be jokių paaiškinimų. Kvantinėje teorijoje svarbiausia, kad ji yra teisinga. Jos teisingumas yra išmatuotas vienos dešimtmilijardinės dalies tikslumu, todėl pagrįstai ji laikoma tiksliausia visų laikų fizikos teorija.

Šio neįtikėtino reiškinių kasdieniniame gyvenime nepastebime dėl to, kad susidedame iš daugybės trilijonų atomų, kurių veiklos padariniai tam tikru atžvilgiu išsilygina.

ATSKIRŲ ATOMŲ STUMDYMAS

R. Feinmenas svajojo, kada ateis diena, kai fizikai galės pagaminti bet kokią molekulę, jungdami atomus. 1959 m. tai atrodė neįmanoma, bet šiandien tos svajonės dalis jau tapo tikrove.

Turėjau progos tai stebėti iš arti, kai apsilankiau *IBM* kompanijos Almadeno tyrimų centre San Chosė mieste Kalifornijoje. Nuvykau pasižiūrėti įstabus mokslinio instrumento – nuskaitančio tunelinio mikroskopo – leidžiančio mokslininkams matyti atskirus atomus ir jais manipuliuoti. Šį instrumentą sukūrė *IBM* kompanijos darbuotojai Gerdas Binigas (*Gerd Binnig*) ir Heinrichas Roreris (*Heinrich Rohrer*) ir už tai 1986 m. gavo Nobelio premiją.

(Prisimenu, vaikystėje mokytojas sakė, kad atomų niekada nepamatysime. Kadangi jau tada buvau nusprendęs tapti atomų tyrinėtoju, supratau: man visą gyvenimą teks praleisti tyrinėjant tai, ko niekada negalėsiu pamatyti tiesiogiai. Tačiau šiandien atomus jau ne tik galime matyti, bet ir atominiu pincetu jais manipuliuoti.)

Tiesą sakant, nuskaitantis tunelinis mikroskopas nėra joks mikroskopas. Jis panašus į senovinį gramfoną. Plonytė adatėlė (jos smaigalys yra tik kelių atomų skersmens) lėtai slenka per analizuojamą medžiagą. Nuo adatėlės smaigalio per medžiagą mikroskopo pagrindo link teka silpna elektros srovė. Adatėlei slenkant tiriamu objektu, srovės stiprumas truputį kinta, kai tik ji slenka per kokį nors atomą. Kelis kartus perėjęs per jį, mikroskopas išspausdina itin aiškų atomo vaizdą. Tokia adatėlė mikroskopas atomus gali ne tik užrašyti, bet ir stumdyti. Šitaip iš atomų galima suformuoti raides (pavyzdžiui, *IBM* inicialus) ir netgi kurti paprastus mechanizmus.

(Kitas iš naujausių išradimų yra vadinamasis atominės jėgos mikroskopas, duodantis erdvinius atomų išsidėstymo vaizdus. Jis irgi naudoja adatėlę su labai aštriu smaigaliu, kuris apšviečiamas lazerio spinduliu. Kai, slinkdama per tiriamą medžiagą, adatėlė susvyruoja, tai užfiksuojama lazerio spindulio formuojamame vaizde.)

Įsitikinau, kad stumdyti pavienius atomus visai paprasta. Atsisėdęs priešais kompiuterio ekraną, žiūrėjau į baltus rutuliukus, panašius į poros centimetrų skersmens stalo teniso kamuoliukus. Kiekvienas kamuoliukas vaizdavo atomą. Kompiuterio žymekliu paliečiau vieną iš jų, žymeklį pastūmiau į kitą vietą. Paspaudžiau mygtuką, kuris įjungė adatėlę, kad ji pastumtų tą atomą. Tada mikroskopas medžiagą nuskaitė iš naujo. Vaizdas ekrane pakito – rodė, kad rutuliukas pasislinko tiksliai ten, kur norėjau pastumti.

Pakako vienos minutės pastumti atomą ten, kur norėjau. Tiesą sakant, maždaug per pusvalandį įsitikinau, kad ekrane galiu kurti norimas raides, sudarytas iš pavienių atomų. Per valandą man pavyko suformuoti gana sudėtingas struktūras maždaug iš 10 atomų.

Man teliko atsigauti nuo šoko, kad iš tikrųjų stumdžiau pavienius atomus, taigi dariau tai, kas dar neseniai buvo laikoma neįmanomu dalyku.

MEMSAI IR NANODALELĖS

Nors nanotechnologija tebėra vaikystės stadijos, cheminių dangų srityje ji jau sukūrė komerciniu atžvilgiu klestinčią pramonės šaką. Užpurškiant ant kokio nors komercinio gaminio ploną, tik kelių molekulių storio reikiamos cheminės medžiagos sluoksnėlį, galima padidinti gaminio atsparumą korozijai ar pakeisti optines savybes.

Kitos komercinio pritaikymo sritys šiuo metu yra dėmėms atsparūs drabužiai, patobulinti kompiuterių ekranai, stipresni metalo pjovimo įrankiai, įbrėžimams atsparios dangos. Ateityje rinkoje pasirodys vis daugiau naujų komercinių produktų su mikrodangomis jų eksploatacinėms savybėms pagerinti.

Iš esmės nanotechnologija tebėra labai jauna mokslo šaka. Tačiau viena jos sritis jau pradeda daryti poveikį gyvenimui ir jau tapo pelninga 40 mlrd. dol. apimties pasauline pramonės šaka. Tai mikroelektromechaninės sistemos (MEMS). Jų įvairovė plati nuo rašalinių spausdintuvų kasečių, automobilių oro pagalvių jutiklių ir ekranų iki girooskopų automobiliams ir lėktuvams.

MEMS yra mažyčiai mechanizmai, tokie maži, kad juos galima padėti ant adatos smaigalio. Jie gaminami naudojant tą patį ėsdinimo metodą, kuriuo gaminamos mikroschemos. Tik šiuo atveju inžinieriai ėsdina ne tranzis-

torius, o mažytes mechanines dalis; tos dalys tokios mažos, kad įžiūrimos tik pro mikroskopą.

Mokslininkai sukūrė atominių skaitytuvų variantą. Šis gerbtinas skaičiavimo įtaisas iš Azijos sudarytas iš kelių vielos strypų su ant jų užnertais mediniais rutuliukais. 2000 m. mokslininkai iš *IBM* kompanijos Ciuricho tyrimų laboratorijos sukūrė atominių skaitytuvų variantą, nuskaitančiu elektroniniu mikroskopu manipuliuodami pavieniais atomais. Jame vietoj strypeliais stumdomų medinių rutuliukų naudojami fullerėnai – futbolo kamuolio formos anglies molekulės, kurių skersmuo 5000 kartų mažesnis už žmogaus plauko storį.

Kornelio universiteto mokslininkai sukūrė net atominę gitarą. Ji turi 6 stygas tik 100 atomų storio. Sudėjus tokias gitaras vieną prie kitos, žmogaus plauko skerspjūvyje jų tilptų net 20. Ta gitara yra tikra, su tikromis stygomis, kurias galima timpčioti (tik tokios gitaros skleidžiamų garso bangų dažnis per didelis, kad žmogaus ausis galėtų jas girdėti).

Tačiau plačiausiai ši technologija taikoma automobilių oro pagalvėms. Jose yra mažyčiai mikroelektromechaniniai akcelerometrai, reaguojantys į staigų automobilio stabdymą. Akcelerometrą sudaro mikroskopinis rutuliukas, pritvirtintas prie spyruoklės ar sverto. Nuspaudus stabdžius, ir staigiai sumažėjus greičiui, rutuliukas supurtomas, ir tai sukuria silpną elektros krūvį. Krūvis sukelia cheminį sproginimą, ir per $\frac{1}{25}$ sek. išsiskiria daug azoto dujų. Šis būdas jau išgelbėjo tūkstančius gyvybių.

ARTIMOJI ATEITIS (DABARTIS–2030 M.)

NANOMECHANIZMAI MŪSŲ KŪNE

Artimiausioje ateityje reikėtų laukti naujų nanoįtaisų variantų, kurie gali sukelti revoliucinius medicinos pokyčius. Pavyzdžiui, tai galėtų būti nanomechanizmai, kursuojantys kraujo apytakos sistemoje. Filme „Fantastinė kelionė“ (*Fantastic Voyage*) grupė mokslininkų ir jų laivas yra sumažinti iki eritrocito dydžio. Tada jie leidžiasi į kelionę po paciento kraujo apytakos sistemą ir smegenis. Keliaudami aptinka daug baisių pavojų.

Vienas iš nanotechnologijos tikslų yra sukurti molekulinis medžiotojus, kurie atakuotų vėžio ląsteles ir jas sunaikintų, nepaliesdami sveikų ląstelių. Mokslinės fantastikos autoriai jau seniai svajoja apie molekulinis ieškojimo ir naikinimo laivelius kraujo apytakos sistemoje, be paliovos ieškančius vėžio ląstelių. Bet kritikai anksčiau laikė tai neįmanomu dalyku, tuščiais tų rašytojų svaičiojimais.

Šiandien dalis tokių svajonių jau tapo tikrove. 1992 m. Džeromas Šentagas (*Jerome Schentag*) iš Bufalo universiteto išrado išmaniąją piliulę, apie kurią jau minėjome. Tai mažytis tik piliulės dydžio instrumentas, kurį prarijus, elektroniniu būdu galima sekti jo kelionės maršrutą. Jam galima duoti nurodymą nugabenti vaistus į reikiamą vietą. Buvo sukurtos ir išmaniosios piliulės su jose įmontuotomis televizijos kameromis kūno vidui filmuoti, piliulei slenkant skrandžiu ir žarnomis. Jas galima valdyti magnetais. Šitaip toks įtaisas gali ieškoti navikų ir polipų. Ateityje tokiomis išmaniosiomis piliulėmis galbūt bus galima daryti ir nedideles chirurgines operacijas, pašalinti įvairias nenormalias ataugas ar daryti biopsiją iš vidaus, nepjaunant odos.

Daug mažesnis įtaisas yra nanodalelė – molekulė, galinti nugabenti priešvėžinius vaistus į konkrečią vietą. Tai gali iš pagrindų pakeisti vėžio gydymą. Tos dalelės taptų molekulinėmis išmaniosiomis bombomis, kurios konkrečius taikinius paveiktų atitinkamomis cheminėmis medžiagomis, labai sumažindamos šalutinius pažeidimus. Nuo paprastos bombos nukenčia viskas, neišskiriant ir sveikų ląstelių, o išmaniosios yra selektyvios, jos naikina tik vėžio ląsteles.

Kiekvienas, kam teko patirti siaubingą šalutinį chemoterapijos poveikį, supras, kokios plačios tokių nanodalelių galimybės sumažinti žmonių kančias. Chemoterapija veikia visą kūną, permerkdama mirtinais nuodais, kurie vėžio ląsteles veikia tik truputį stipriau negu sveikas ląsteles. Šalutinių neigiamų poveikių daug – pykinimas, plaukų slinkimas, jėgų mažėjimas ir kt. – ir jie yra tokie stiprūs, kad kai kurie sergantys vėžiu mieliau rinktųsi mirti nuo vėžio, negu būtiną kęsti tokias kančias.

Nanodalelės tokią padėtį gali pakeisti. Chemoterapijai naudojami vaistai bus įterpiami į kapsulės pavidalo molekulę. Tada ta nanodalelė bus siunčiama cirkuliuoti kraujo apytakos sistemoje, kol ji ras savo paskirties vietą ir ten paliks atgabentus vaistus.

Svarbiausias tų nanodalelių privalumas yra jų dydis – 10–100 nm, tai gi jos yra per didelės, kad galėtų įsiskverbti į sveikas kraujo ląsteles.⁴ Todėl jos, nepadarydamos joms jokios žalos, atšoka, ir viskas. Tačiau vėžio ląstelės yra kitokios: jų sienelėse yra daug didelių netaisyklingos formos porų. Tad nanodalelės gali lengvai įsiskverbti į vėžio ląsteles ir jose palikti vaistus, nepaliesdamos sveikų audinių. Gydytojams nereikia sudėtingų valdymo sistemų toms nanodalelėms nukreipti į jų taikinį, nes jos natūraliai kaupsis tam tikrų atmainų piktybiniuose navikuose.

Šitai patrauklu dėl to, kad nereikia sudėtingų ir pavojingų metodų, galinčių turėti skaudžių šalutinių padarinių. Tos nanodalelės yra tinkamo dydžio: per didelės sveikoms ląstelėms atakuoti, bet tinkamos įsiskverbti į vėžio ląsteles.

Kitas pavyzdys yra pieno polirūgšties ir glikolio rūgšties ir pieno rūgšties kopolimero nanodalelės, kurias sukūrė *BIND Biosciences* kompanijos mokslininkai Kembridže, Masačusetso valstijoje. Tos dalelės molekulinės viduje gali laikyti reikiamus vaistus – nanodalelės „kovinį užtaisą.“ Nanodalelės valdymo sistemą sudaro ją dengiantys baltymai, gebantys prisijungti prie atakuojamos ląstelės.

Labai paranku yra tai, kad tos nanodalelės susidaro pačios, joms gaminti nereikia sudėtingų gamyklų. Įvairios cheminės medžiagos yra sumaišomos pamažu, tam tikra eilės tvarka, griežtai kontroliuojamomis sąlygomis, ir nanodalelės susidaro pačios.

„Dėl to, kad jos susidaro pačios, nereikia daugelio sudėtingų cheminių procedūrų, daleles gaminti labai lengva [...] tad galime gaminti kilogramais, ko dar niekam nėra pavykę padaryti,“⁵ – sako *BIND* atstovas Omidas Farokzadas (*Omid Farokhzad*), Harvardo medicinos mokyklos gydytojas. Šios nanodalelės jau įrodė savo veiksmingumą gydant žiurkių prostatos, krūties ir plaučių vėžio navikus. Naudojant spalvotus dažus galima parodyti, kad tos nanodalelės kaupiasi reikiamame organe, savo „kovinį užtaisą“ išskirdamos norimu būdu. Po kelerių metų prasidės klinikiniai bandymai su žmonėmis.

VĖŽIO LĄSTELIŲ ŠVITINIMAS

Nanodalelės ne tik suranda vėžio ląsteles, atgabena vaistų sunaikinti, bet ir gali jas pačios sunaikinti. Tai labai paprasta. Nanodalelės gali absorbuoti tam tikrų

dažnių šviesos bangas. Nukreipus į jas lazerio spindulį, nanodetalės įkaista, ima vibruoti ir sunaikina arti esančias vėžio ląsteles – suardo jų sienes. Taigi svarbiausia, kad nanodalelės atsidurtų arti vėžio ląstelių.

Kelios mokslininkų grupės jau sukūrė prototipus. Argono nacionalinės laboratorijos ir Čikagos universiteto mokslininkai sukūrė titano dioksido nanodaleles (titano dioksidas yra paplitusi cheminė medžiaga, jos yra preparatuose nuo saulės nudegimo). Jie nustatė, kad nanodaleles galima prijungti prie antikūno, kuris natūraliai ieško tam tikrų vėžio ląstelių – vadinamųjų daugiaformių glioblastomų. Taigi nanodaleles antikūnas nuneša prie vėžio ląstelių. Ten jos 5 min. yra apšviečiamos balta šviesa, įkaista ir užmuša vėžio ląsteles. Tyrimai parodė, kad šitokiu būdu jų galima sunaikinti 80 %.

Tie mokslininkai išrado ir kitą būdą vėžio ląstelėms naikinti – sukūrė mažyčius magnetinius diskelius, galinčius smarkiai vibruoti. Diskeliams priartėjus prie vėžio ląstelių, gali būti sukurtas silpnas išorinis magnetinis laukas. Tada jie pradės vibruoti ir sudraskys vėžio ląstelių sienes. Bandymuose jau po 10 min. vibravimo žūdavo 90 % vėžio ląstelių.

Toks rezultatas nėra tik laimingas atsitiktinumas. Kalifornijos universiteto Santa Kruse mokslininkai sukūrė panašią sistemą, naudodami aukso nanodaleles. Jos yra rutuliukų pavidalo, tik 20–70 nm skersmens ir tik kelių atomų storio. Mokslininkai panaudojo tam tikrą peptidą, kurį traukia odos vėžio ląstelės. Peptidą sujungė su aukso nanodalelėmis ir jie buvo nugabenti prie odos vėžio ląstelių. Apšviestos infraraudonąja lazerio spinduliuote, aukso dalelės įkaitindamos vėžio ląsteles gali jas sunaikinti. „Iš esmės tai tas pats, kaip įmesti vėžio ląstelę į karštą vandenį ir virti, kol žus.“⁶ Kuo daugiau šilumos skleis metalinės nanodalelės, tuo geriau“, – sako Dzin Džangas (*Jin Zhang*), vienas iš tyrinėtojų.

Taigi ateityje vėžio ląstelių kolonijas nanotechnologija aptiks prieš keletus metus ar dešimtmečius iki to laiko, kai jos ims formuoti naviką, o kraujyje cirkuliuojančios nanodalelės ląsteles sunaikins. Mokslinis pagrindas tam jau dedamas.

NANOAUTOMOBILIAI KRAUJYJE

Po nanodalelių kitas žingsnis pirmyn yra nanoautomobilis. Tai įtaisas, kurio judėjimą kūne galima valdyti. Nanodalelėms leidžiama laisvai cirkuliuoti

kraujo apytakos sistemoje, o nanoautomobiliai panašūs į nuotoliniu būdu valdomus lėktuvus.

Tokį nanoautomobilį pagamino Džeimsas Turas (*James Tour*) su kolegomis Raiso universitete. Vietoj ratų jis turi keturis fulerenus. Vienas iš šio tyrimo ateities tikslų – sukurti molekulinį automobilį, kuris kraujo apytakos sistemoje galėtų vežioti mažytį robotą, vėžio ląsteles naikinantį pakeliui, arba nugabenti į tiksliai nustatytas kūno vietas gyvybę gelbstinčius vaistus.

Tačiau viena iš tokio molekulinio automobilio blogybių – kad jis neturi variklio. Mokslininkai kuria vis sudėtingesnius molekulinius mechanizmus, bet viena iš didžiausių kliūčių – sukurti molekulinį energijos šaltinį. Motulė Gamta tai išsprendė, kaip energijos šaltinį naudodama adenosino 5'-trifosfato (ATP) molekulę. Tik jos energija palaiko gyvybę. Kas sekundę ji tiekia energiją kūno judesiams. ATP energija slypi atominiam ryšyje. Tačiau paaiškėjo, kad sukurti sintetinę alternatyvą yra sunku.

Tomas Malukas (*Thomas Mallouk*) ir Ajusmanas Senas (*Ayusman Sen*) iš Pensilvanijos valstybinio universiteto rado potencialią išeitį. Jie sukūrė nanoautomobilį, galintį judėti dešimčių mikronų per sekundę greičiu; tokiu greičiu juda dauguma bakterijų. (Iš aukso ir platinos pirmiausia padarė bakterijos dydžio nanostrypelį ir įdėjo į vandens ir vandenilio peroksido mišinį. Abiejuose nanostrypelio galuose pradėjo vykti cheminė reakcija, ir protonai iš vieno strypelio galo ėmė slinkti į kitą. Protonai, atsistumdami nuo vandens molekulės elektros krūvių, nanostrypelį stumia pirmyn. Jis judės pirmyn tol, kol vandenyje bus vandenilio peroksido.)

Nanostrypelius galima valdyti ir naudojant magnetinį lauką. Mokslininkai į juos įterpė nikelio diskelius, kurie veikia kaip kompas adatėlės. Nanostrypelius galima nukreipti norima kryptimi, šalia stumdant paprastą šaldytuvo magnetą.

Molekulinį mechanizmą įmanoma valdyti ir šviesos signalais. Šviesa gali suskaidyti molekules į teigiamuosius ir neigiamuosius jonus. Ties skirtingo krūvio ženklo jonai per terpę skverbiasi skirtingu greičiu ir sukuria elektrinį lauką. Tokiu būdu jie traukia molekulinius mechanizmus. Taigi, norima kryptimi nukreipiant šviesos signalus, ta kryptimi galima nukreipti ir molekulinius mechanizmus.

Man tai pademonstravo, kai apsilankiau Silveno Martelio (*Silvain Martel*) laboratorijoje Monrealio politechnikos institute Kanadoje. Jam kilo mintis mažytę

mikroschemą stumti pirmyn kraujo srovėje paprastais bakterijų žiuželiais. Kol kas mokslininkams dar nepavyko pagaminti tokio atominio variklio, kaip bakterijų žiuželiai. Tada S. Martelis paklausė savęs: „Jei nanotechnologija nepajėgia padaryti tų mažyčių žiuželių, tai kodėl nepanaudoti gyvų bakterijų žiuželių?“

Tam tikslui jis pirmiausia pagamino kompiuterinę mikroschemą, mažesnę už tašką sakinio gale. Paskui užaugino partiją bakterijų. Jam pavyko apie 80 jų įterpti už mikroschemos, kad veiktų kaip laivo sraigta ir stumtų mikroschemą pirmyn. Bakterijos buvo truputį įmagnetintos, todėl išoriniais magnetais mokslininkas jas galėjo nukreipti į reikiamą pusę.

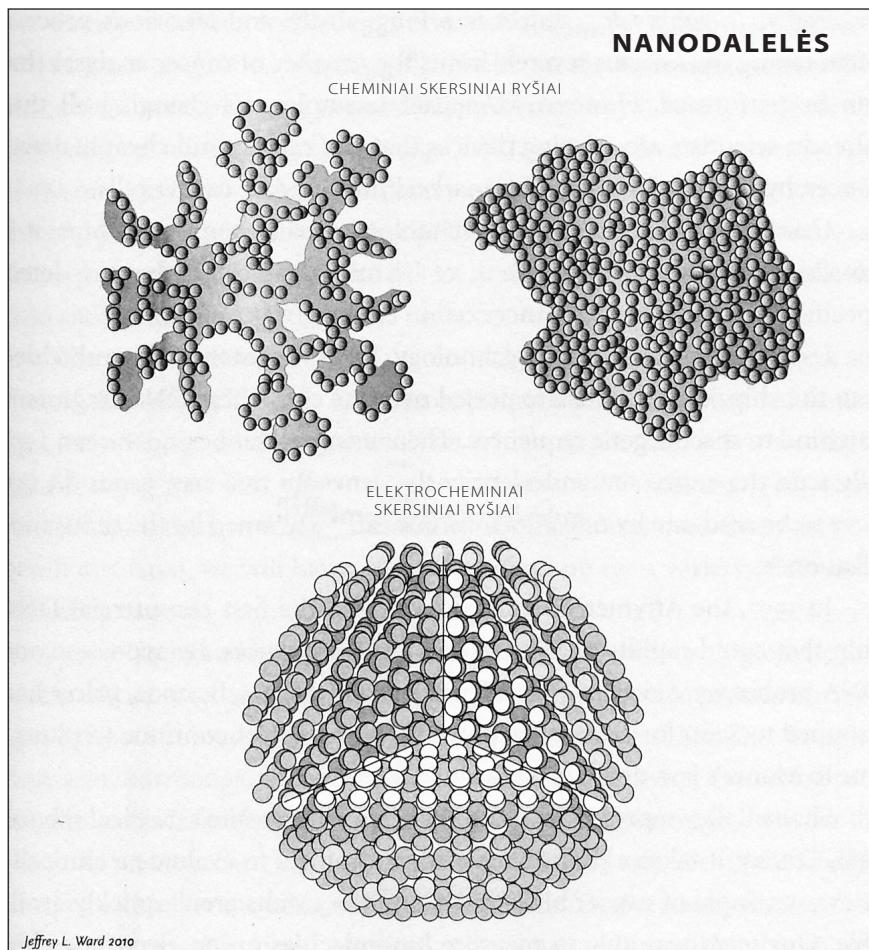
Turėjau galimybę bakterijų varomas mikroschemas vairuoti savo rankomis. Žiūrėdamas į mikroskopą, mačiau mažytę mikroschemą, stumiamą kelių bakterijų. Paspaudžiau mygtuką, įsijungė magnetas, ir mikroschema ėmė slinkti į dešinę. Mygtuką atleidau, mikroschema sustojo, o paskui pradėjo judėti kaip pakliuvo. Štai šitokiu būdu galėjau valdyti mikroschemą. Tai darydamas, pagalvojau, kad ateis diena, kai gydytojas, spaudydamas panašų mygtuką, vairuos nanorobotą paciento kraujagyslėmis.

Galima įsivaizduoti tokią ateitį, kai chirurgiją visiškai pakeis molekuliniai mechanizmai, judantys kraujagyslėmis, varuojami magnetais, vykstantys prie pažeisto organo ir ten paliekantys vaistus ar atliekantys chirurginę operaciją. Nereikės pjauti odos. Taip pat magnetai gali nukreipti nanomechanizmus širdies link valyti užsikimšusių arterijų.

DNR MIKROSCHEMOS

Kaip minėjome 3 skyriuje, mažyčius jutiklius ateityje turėsime visur – drabužiuose, kūne, vonios kambaryje. Jie nuolat stebės sveikatos būklę ir vėžį aptiks daug anksčiau, nei jis pradės kelti pavojų. Jų svarbiausia dalis bus DNR mikroschema, kuri žada tapti „laboratorija mikroschemoje.“ Kaip trikorderis seriale „Žvaigždžių kelias“, mažyčiai davikliai per kelias minutes atliks medicininę analizę.

Šiandien vėžio ieškojimas yra ilgas ir brangus procesas, dažnai užtrunkantis ne vieną savaitę. Tai labai riboja galimų atlikti vėžio analizių skaičių. Tačiau kompiuterinė technologija tai keičia. Mokslininkai jau kuria prietaisus, kurie galės greitai ir pigiai aptikti vėžį, ieškodami tam tikrų biožymenų, kuriuos gamina vėžio ląstelės.



MOLEKULINIAI ROBOTAI PATRULIUOS KRAUJOTAKOS SISTEMOJE, IEŠKODAMI VĖŽIO LĄSTELIŲ IR KITŲ PATOGENINIŲ DARINIŲ. TAI GALI SUKELTI TIKRĄ MEDICINOS PERVERSMĄ.

Taikant tą pačią ėsdinimo technologiją, kuria gaminamos mikroschemos kompiuteriams, galima pagaminti mikroschemą, aptinkančią tam tikras DNR sekas ar vėžio ląsteles.

Tranzistorių ėsdinimo metodu į mikroschemą įdiegiami DNR fragmentai. Kai virš mikroschemos teka skysčiai, DNR fragmentai gali prisijungti prie tam tikrų genų sekų. Tada lazerio spinduliu galima greitai viską nuskaityti ir

genus identifikuoti. Taikant šį būdą, genų nebūtina nagrinėti po vieną kaip anksčiau – vienu metu galima nuskaityti tūkstančius.

1997 m. *Affymetrix* kompanija pagamino pirmąją komercinę DNR mikroschemą, greitai išanalizuojančią 50 000 DNR sekų. 2000 m. už kelis tūkstančius dolerių rinkoje jau buvo galima įsigyti DNR mikroschemų, išanalizuojančių 400 000 DNR sekų. 2002 m. kainos toliau krito ir už 200 dol. jau buvo galima gauti dar galingesnę mikroschemą. Pagal Mūro dėsnį kainos ir toliau sparčiai mažėja, greitai nukris iki kelių dolerių.

Šana Keli (*Shana Kelley*), Toronto universiteto Medicinos fakulteto profesorė, sako: „Šiandien norint įvertinti klinikiniu atžvilgiu tinkamą pavyzdį su vėžio biožymenimis reikia pilno kambario kompiuterių, o ir rezultatai gaunami negreitai. Mūsų komanda biomolekules išmatuoja elektronine antpirščio dydžio mikroschema.“⁴⁸ Ji taip pat tiki, kad ateis diena, kai mikroschemos gautų duomenų analizavimo įranga sumažės iki mobiliojo telefono dydžio. Mikroschemoje telpanti laboratorija reikš, kad ligoninėse ar universitetuose esančios cheminės laboratorijos bus sumažintos iki vienos mikroschemos, kurią turėsime vonios kambaryje.

Masačusetso bendrosios ligoninės gydytojai pagal užsakymą sukūrė biomikroschemą, 100 kartų pajėgesnę už viską, kas yra rinkoje šiuo metu. Įprastu atveju navikų ląstelių kraujyje yra mažiau kaip viena tokia ląstelė 1 000 000 kraujo ląstelių, tačiau jei jų prisiveis daugiau, žmogų nužudys. Naujoji biomikroschema tokia jautri, kad aptinka naviko ląstelę, kai ji atsiranda 1 mlrd. kraujo ląstelių. Bandymai patvirtino, kad tokios mikroschemos aptinka plaučių, prostatos, kasos, krūties ir gaubtinės žarnos vėžio ląsteles, išanalizavusios tik arbatinį šaukštelį kraujo.

Įprastu ėsdinimo metodu galima pagaminti mikroschemas, turinčias net 78 000 mikroskopinių smaigelių (100 μm aukščio). Žiūrint pro elektroninį mikroskopą, jie atrodo kaip apvalių smaigelių miškas. Kiekvienas padengtas antikūnu, skirtu epitelinės ląstelės adhezijos molekulei, randamai daugelyje vėžio ląstelių atmainų, bet neaptinkamai sveikose ląstelėse. Ši molekulė gyvybiškai svarbi vėžio ląstelėms, kad galėtų jungtis tarpusavyje, kai formuoja naviką. Jei pro mikroschemą leidžiamas kraujas, navikų ląstelės prilimpa prie smaigelių. Klinikiniuose bandymuose mikroschema aptiko vėžį 115 pacientų iš 116.

Mikroschemoje įrengtų laboratorijų paplitimas labai sumažins ir ligos diagnozavimo išlaidas. Šiuo metu biopsija ir cheminė analizė gali kainuoti kelis šimtus dolerių ir užtrukti kelias savaites. Ateityje tai gali kainuoti tik kelis centus ir užtrukti tik kelias minutes. Tai greičiausiai iš esmės pakeis vėžio diagnozavimo greitį ir prieinamumą. Valydamiesi dantis, būsimie nuodugniai patikrinti, ar nesergame daugeliu ligų, įskaitant ir vėžį.

Lerojus Hudas (*Leroy Hood*) su kolegomis Vašingtono universitete pagamino apie 4 cm pločio mikroschemą, galinčią nustatyti konkrečius baltymus viename kraujo lašelyje. Baltymai yra statybiniai gyvybės elementai. Iš jų padaryta viskas – raumenys, oda, plaukai, hormonai ir fermentai. Vėžio baltymų aptikimas gali būti pagrindas ankstyvajai kūno perspėjimo sistemai sudaryti.

Šiuo metu tokia mikroschema kainuoja tik 10 ct ir gali identifikuoti konkretų proteiną per 10 min, taigi ji veikia kelis milijonus kartų geriau už ankstesnę sistemą. L. Hudas mano, kad ateis diena, kai mikroschema greitai išanalizuos šimtus tūkstančių baltymų ir atskleis daugelio ligų požymius, kol jos dar neįsigalėjo.

ANGLIES NANOVAMZDELIAI

Vienas iš ryškių pavyzdžių, ką gali nanotechnologijos, yra anglies nanovamzdeliai. Iš principo stipresni už plieną ir laidūs elektrai, todėl įmanoma juos naudoti kompiuteriams. Nors be galo stiprūs, būtinai turi būti labai gryni, o ilgiausi lig šiol pagaminti grynios anglies nanovamzdeliai yra tik kelių centimetrų ilgio. Tačiau kada nors ištisus kompiuterius galbūt gamins iš anglies nanovamzdelių bei kitų molekulinio struktūrų.

Anglies nanovamzdeliai sudaryti iš atskirų anglies atomų, susijungusių taip, kad sudaro vamzdelį. Įsivaizduokime tankų vielos tinklėlį, kurio kiekviename mazge – po anglies atomą. Dabar susukime tinklėlį į vamzdį ir gaušime geometrinį anglies nanovamzdelio atitikmenį. Anglies nanovamzdeliai susiformuoja, kai gaminasi suodžiai, tačiau mokslininkams niekada neatėjo į galvą, kad anglies atomai galėtų jungtis tokiu nauju būdu.

Vos ne stebuklingas anglies nanovamzdelių savybes kaip tik ir nulemia atominė jų sandara. Paprastai, kai analizuojame kokį nors kietos medžiagos, pavyzdžiui, uolienos ar medžio gabalą, analizuojame daugelio viena kitą den-

giančių struktūrų gabalą. Jame lengva padaryti daug mažų įtrūkimų, ties kuriais jis lūžta. Taigi medžiagos stiprumas priklauso nuo molekulinės struktūros trūkumų. Pavyzdžiui, grafitas yra iš grynos anglies, tačiau labai minkštas, nes sudarytas iš vienas kitu slystančių sluoksnių. Kiekvienas sluoksnis sudarytas iš anglies atomų, kiekvienas susijungęs su trimis kitais.

Deimantas irgi yra iš grynos anglies, tačiau jis stipriausias iš gamtoje aptinkamų mineralų. Jo anglies atomai išsidėstę tankiai, susieti vienas su kitu; tai ir yra deimanto ypatingo stiprumo priežastis. Dėl to panašūs ir anglies nanovamzdeliai: gerąsias jų savybes lemia taisyklinga atominė struktūra.

Anglies nanovamzdeliai jau pradedami naudoti pramonėje. Dėl laidumo elektrai iš jų galima gaminti kabelius dideliems elektros kiekiams perduoti. O dėl stiprumo naudojami kurti medžiagoms, stipresnėms net už kevlarą.

Tačiau bene plačiausiai anglis bus taikoma kompiuterių pramonei. Anglis yra viena iš kelių kandidatų pakeisti kompiuterių technologijos pagrindą – silicį. Pasaulio ekonomikos ateitis galų gale gali priklausyti nuo atsakymo į klausimą, kas pakeis silicį.

POSILICINĖ ERA

Kaip jau minėjome, Mūro dėsnis, vienas iš informacinės revoliucijos pagrindų, negali veikti amžinai. Pasaulio ekonomikos ateitis ir šalių likimas galų gale gali priklausyti nuo to, kuri šalis sukurs tinkamiausią silicio pakaitą.

Klausimas, kada Mūro dėsnis nustos veikti, pasaulio ekonomikai kelia šiurpulį.⁹ G. Mūras, 2007 m. paklaustas, ar jo vardu pavadintas šis garsusis dėsnis veiks amžinai, atsakė – ne, ir jam numatė dar 10–15 metų.

Toks apytikris vertinimas sutapo su ankstesniu *Intel* kompanijos darbuotojo Paolo Gardžinio (*Paolo Gargini*), atsakingo už visus *Intel* kompanijos išorinius tyrimo darbus, vertinimu. Kadangi *Intel* kompanija duoda toną visai puslaidininkų pramonei, jo žodžiai buvo atidžiai išanalizuoti. Kasmetinėje *Semicon West* konferencijoje 2004 m. jis pareiškė: „Matome, kad Mūro dėsniu galėsime pasikliauti dar bent 15–20 m.“¹⁰

Varomoji dabartinės siliciu besiremiančių kompiuterių revoliucijos jėga buvo ultravioletinės šviesos pajėgumas silicio plokštelėse išsėdinti vis mažesnius tranzistorius. Šiandien *Pentium* mikroschemų nykščio nago dydžio plokštelėje

būna keli šimtai milijonų tranzistorių. Ultravioletinės šviesos bangos ilgis gali būti iki 10 nm, tad ją įmanoma išsėdinti tik 30 atomų dydžio komponentus. Tačiau šis procesas negali tęstis be galo. Anksčiau ar vėliau prieis liepto galą dėl kelių priežasčių.

Pirma, galingų mikroschemų išskiriama šiluma juos išlydys. Vienas iš nai-vių sprendimų – plokšteles sudėti vieną ant kitos: sukurti kubinę mikrosche-mą. Tai padidintų mikroschemos duomenų apdorojimo galią, bet išsiskirtų daugiau šilumos. Kubinių mikroschemų išskiriama šiluma tokia stipri, kad gali iškepti ant jų padėtą kiaušinį.

Esmė paprasta: kubinės mikroschemos paviršiaus plotas per mažas, kad atvėstų. Apskritai, mikroschemą vėsinant šaltu vandeniu ar oru, vėsinimo veiksmingumas priklauso nuo jos kontaktuojančio paviršiaus ploto. Kubi-nės mikroschemos plotas per mažas. Kubo formos mikroschemą padidinus du kartus, jos išskiriamos šilumos padidės aštuonis kartus (kubo yra aštuonis kartus daugiau elektrinių komponentų), tačiau paviršiaus plotas – tik ketu-ris kartus. Vadinasi, kubinės mikroschemos išskiriamos šilumos kiekis didėja greičiau už galimybę atvėsinti. Kuo didesnė kubinė mikroschema, tuo sunkiau atvėsinti. Todėl šias mikroschemas galima laikyti tik laikina pagalba.

Kai kas siūlo mikroschemas ėsinti ne ultravioletine, bet rentgeno spindu-liuote. Iš principo tai įmanoma, nes rentgeno spinduliuotės bangos ilgis 100 kartų mažesnis už ultravioletinės spinduliuotės bangos ilgį. Tačiau atsiranda kita bėda. Pereinant nuo ultravioletinės prie rentgeno spinduliuotės, maždaug 100 kartų pa-didėja ir spindulių pluoštelio energija. Tad, ėsdinant pastaraisiais, galima suardyti ėsdinamą plokštelę. ėsdinimą rentgeno spinduliuote galima palyginti su dailinin-ko bandymu litavimo lempa sukurti subtilią skulptūrą. Tokį ėsdinimą reikėtų la-bai rūpestingai kontroliuoti, todėl jį galima laikyti tik trumpalaikiu sprendimu.

Antra, atsiranda esminė kliūtis, susijusi su kvantine teorija – neapibrėž-tumo principu: neįmanoma tiksliai nustatyti ir atomo ar kitos dalelės buvimo vietos, jos judėjimo greičio. Šiandien *Pentium* mikroschemų sluoksnelių storis yra tik apie 30 atomų dydžio. 2020 m. jis gali būti vos penkių atomų dydžio; dėl elektronų buvimo vietos neapibrėžtumo jie pradės ištrūkti iš sluoksnio ir sukels trumpąjį jungimąsi. Taigi silicio tranzistoriaus dydis turi ir kvantinę ribą.

Kaip minėjau, sykį dariau pagrindinį pranešimą didelėje konferencijoje trims tūkstančiams *Microsoft* kompanijos aukščiausiojo rango inžinierių kom-

panijos centrinėje buveinėje Siatle. Pabrėžiau Mūro dėsnio lėtėjimą. Inžinieriai pripažino, kad tai vertina labai rimtai, ir, jų nuomone, vienas geriausių būdų didinti kompiuterių veikimo galią – gretutinis duomenų apdorojimas. Lengviausias būdas įveikti šią kliūtį – lygiagrečiai išdėstyti keletą mikroschemų, kompiuterio sprendžiamą problemą suskaidyti į gabalus, o proceso pabaigoje vėl surinkti į visumą.

Gretutinis duomenų apdorojimas yra vienas iš svarbiausių smegenų veikimo būdų. Tomografu skaitant mąstančias smegenis, matyti, kad vienu metu nušvinta įvairios jų dalys – smegenys užduotį suskaido į mažas dalis ir visas apdoroja vienu metu. Tai paaiškina, kodėl neuronai (informaciją perduodantys elektros signalais be galo lėtai – tik 320 km/h greičiu) gali nurungti net galingiausią kompiuterį, kuriame informacija perduodama beveik šviesos greičiu. Informacijos perdavimo greičio trūkumą smegenys daugiau nei kompensuoja tuo, kad vienu metu atlieka milijardus mažų apskaičiavimų, o tada susumuoja.

Gretutinį duomenų apdorojimą sunkina tai, kad kiekviena problema skaidoma į kelias. Tada kiekvieną apdoroja skirtingos mikroschemos, o pabaigoje problema vėl surenkama. Koordinuoti skaidymą gali būti labai sudėtinga – kiekvienos jis kitoks, ir surasti bendrą procedūrą labai sunku. Smegenys tai daro be jokių pastangų, bet Motulė Gamta turėjo milijonus metų. Programinės įrangos kūrėjai tam turi tik maždaug 10 metų.

ATOMINIAI TRANZISTORIAI

Vienas iš galimų silicio mikroschemų pakaitų yra tranzistoriai, pagaminti iš atskirų atomų. Jei silicio tranzistorių veikimas sutrinka dėl to, kad jų laidelių ir sluoksnelių matmenys artėja prie atomo matmenų, tai kodėl visko nepradėti iš pradžių ir nesiremti atomais?

Vienas iš šios idėjos įgyvendinimo būdų yra molekuliniai tranzistoriai. Tranzistorius iš esmės yra jungiklis, leidžiantis valdyti elektros srovės tekėjimą laidu. Įmanoma silicio tranzistorių pakeisti viena kokios nors cheminės medžiagos, pavyzdžiui, rotaksano ar benzentiolio, molekule. Benzentiolio molekulė atrodo kaip ilgas vamzdelis su iš atomų padarytu „bumbulu“ viduryje.

Esant įprastai būsenai, elektros srovė vamzdeliu gali tekėti, jis yra laidas. Tačiau, „bumbulą“ pasukus, tekėti nustos. Štai taip molekulė veikia kaip

jungiklis, galintis valdyti elektros srovės tekėjimą. Vienoje padėtyje bumbulas leidžia elektros srovei tekėti; padėtis gali atitikti skaičių 1. Kitoje bumbulo padėtyje tekėti sustoja; padėtis – 0. Šitaip naudojantis molekulėmis, galima siųsti skaitmenines žinias.

Molekulinių tranzistorių jau yra. Kelios korporacijos paskelbė sukūrusios tranzistorius iš atskirų molekulių. Kad jie būtų tinkami komerciniam naudojimui, reikia išmokti tinkamai sujungti ir pradėti masinę gamybą.

Viena iš daug žadančių medžiagų molekuliniams tranzistoriams gaminti yra grafenas, kurį 2004 m. iš grafito pirmą kartą pagamino Andrejus Geimas (*Андрей Гейм*) ir Konstantinas Novosiolovas (*Константин Новоселов*) iš Mančesterio universiteto; už šį darbą jiedu gavo Nobelio premiją.

Grafenas panašus į vieną grafito sluoksnėlį. Tačiau ne taip, kaip anglies nanovamzdeliai, kuriuose anglies atomų sluoksneliai yra susisukę į ilgus plonus vamzdelius, grafenas yra tik vieno atomo storio vienas anglies sluoksnelis. Kaip ir anglies nanovamzdeliai, grafenai yra nauja medžiagos būseną, todėl mokslininkai narplioja įstabias jos savybes, tarp jų ir laidumą elektrai. „Fizikos mokslui grafenai yra tikros aukso kasyklos. Galima tirti daug metų“, – sako K. Novosiolovas. (Beje, grafenas yra stipriausia medžiaga iš visų lig šiol išbandytų. Jei ant pieštuko pavyktų užkelti dramblių ir pieštuką pastatyti ant grafeno sluoksnelio, tai šis atlaikytų nesuplyšęs.)

K. Novosiolovo grupė įprastiniais būdais, taikomais kompiuterių pramonėje, sukūrė vienus iš pačių mažiausių tranzistorių. Ploni elektronų pluošteliai grafene gali išskaptuoti kanalėlius ir sukurti mažiausią pasaulyje tranzistorių tik vieno atomo storio ir tik dešimt atomų dydžio. (Šiuo metu patys mažiausi molekuliniai tranzistoriai yra apie 30 nm dydžio, tad mažiausi K. Novosiolovo tranzistoriai už juos yra mažesni 30 kartų.)

Tiesą sakant, grafeno tranzistoriai yra tokie maži, kad gali reikšti galutinę molekulinių tranzistorių ribą. Jei būtų dar bent kiek mažesni, pradėtų veikti neapibrėžtumo principas: elektronai išsiveržtų ir suardytų jo savybes. „Jie jau beveik mažiausi, kokius tik įmanoma pagaminti“, – sako K. Novosiolovas.¹²

Nors yra keli perspektyvūs molekulinių tranzistorių kandidatai, viskas daug paprasčiau: reikia sugalvoti, kaip juos sujungti ir iš jų surinkti komerciniu atžvilgiu perspektyvų gaminį. Nepakanka vien tik sukurti molekulinį tranzistorių. Jie liūdnei garsėja tuo, kad yra sunkiai valdomi, nes gali būti tūkstančius kartų

plonesni už žmogaus plauką. Mintis, kaip organizuoti masinę jų gamybą, yra tikras galvosūkis. Šiuo metu tokių technologijų dar nesukurta.

Grafenas yra tokia nauja medžiaga, kad mokslininkai net nežino, kaip jos pagaminti daugiau. Kol kas pagamina tik apie 0,1 mm gryno grafeno, taigi daug mažiau, negu reiktų komerciniam naudojimui. Yra vilčių, kad pavyks surasti procesą molekuliniam tranzistoriui susirinkti pačiam. Gamtoje pasitaiško atvejų, kai molekulės kažkokiu paslaptingu būdu išsidėsto tiksliai nustatyta tvarka. Tačiau kol kas dar niekam nepavyko patikimai atkurti tokio mistinio savaiminio susitvarkymo būdo.

KVANTINIAI KOMPIUTERIAI

Išpūdingiausias siūlymas yra kurti kvantinius kompiuterius, kurie veikia atskirų atomų lygmeniu. Kai kas sako, jog tai apskritai yra kompiuterių veikimo riba, nes atomas yra mažiausia dalelė, kurią dar įmanoma panaudoti skaičiavimui.

Atomas yra panašus į besisukantį vilkelį. Skaitmeninę informaciją besisukančiuose vilkeliuose paprastai galima kaupti, skaičiumi 0 pažymint vilkelio sukimąsi aukštyn, o skaičiumi 1 – sukimąsi žemyn. Jei besisukantį vilkelį apversime, tai 0 paversime 1 ir atliksime skaičiavimo operaciją.

Tačiau keistajame kvantų pasaulyje atomas vienu metu sukasi ir aukštyn, ir žemyn. (Kvantų pasaulyje buvimas vienu metu keliose vietose yra įprastas dalykas.) Todėl atomas gali turėti kur kas daugiau informacijos negu vien tik 0 ar 1. Jis gali apibūdinti 0 ir 1 mišinį. Todėl kvantiniai kompiuteriai veikiau naudoja ne bitus, o „kubitus.“ Pavyzdžiui, 25 % atomo gali suktis aukštyn, o 75 % – žemyn. Šitokiu būdu besisukančiame atome gali būti ne vienas bitas, o kur kas daugiau informacijos.

Kvantiniai kompiuteriai tokie galingi, kad CŽV parūpo jų galimybės dešifruoti medžiagą. Kai CŽV bando perskaityti kitos šalies šifruotą medžiagą, pirmiausia ieško šifro. Šalys sugalvoja labai įdomių šifrų kūrimo būdų. Pavyzdžiui, šifras gali remtis didelio skaičiaus suskaidymu į daugiklius. 21 suskaidyti lengva – jis yra 3 ir 7 sandauga. O dabar sakykime, kad 100 skaičių visumą skaitmeninio kompiuterio prašote perrašyti kaip dviejų skaičių sandaugą. Skaitmeninis kompiuteris tai darytų gal šimtą metų, o kvantiniai tokie

galingi, kad be vargo gali įveikti bet koki tokio pobūdžio šifrą. Kvantiniai kompiuteriai greitai pranoks įprastinius kompiuterius, atlikdami tokias didžiules užduotis.

Kvantiniai kompiuteriai nebėra tik mokslinės fantastikos tema, jų jau yra. Tiesą sakant, turėjau progos tokį pamatyti savo akimis, kai apsilankiau Seto Loido (*Seth Lloyd*), vieno iš šios srities pradininkų, laboratorijoje Masačusetso technologijos institute. Jo laboratorija pilna kompiuterių, vakuuminių siurblių ir daviklių, bet svarbiausia eksperimento priemonė yra mechanizmas, panašus į įprastinį tomografą, tik gerokai mažesnis.

Kaip ir tomografe, mechanizme yra dvi didelės ritės, tarp jų esančioje erdvėje sukuriama tolygų magnetinį lauką. Jame tiriamosios medžiagos atomai išsidėsto taip, kaip besisukantys vilkeliai. Jei atomas nukreiptas į viršų, atitinka 0, jei į apačią – 1. Į pavyzdį siunčiamas elektromagnetinis impulsas, kuris pakeičia atomų išsidėstymą. Kai kurie apsiverčia, ir 1 tampa 0. Šitaip mechanizmas skaičiuoja.

Tai kodėl ant mūsų stalų vis dar nėra tų kvantinių kompiuterių, kodėl jie dar nesprenžia Visatos paslapčių? S. Loidas prisipažino, kad kvantinių kompiuterių tyrimams labiausiai trukdo išorinio pasaulio trikdžiai, naikinantys subtilias atomų savybes.

Kai atomai yra koherentiški (jų svyravimo fazės sutampa) net patys menkiausi išorinio pasaulio trikdžiai gali sugriauti trapią pusiausvyrą: atomų koherentiškumas dingsta, jie svyruoja jau ne unisonu. Net koks nors kosminis spindulys ar sunkvežimio dardėjimas už laboratorijos langų gali sutrikdyti sukimosi suderinimą ir suardyti skaičiavimo operaciją.

Koherentiškumo sutrikdymas yra didžiausia kliūtis kuriant kvantinius kompiuterius. Kas atspės, kaip ją pašalinti, ne tik gaus Nobelio premiją, bet ir taps turtingiausiu pasaulyje žmogumi.

Nesunku įsivaizduoti, kad kurti kvantinius kompiuterius iš atskirų koherentiškų atomų yra sunku, nes pastarieji greitai netenka koherentiškumo, jų svyravimo fazės nebesutampa. Kol kas sudėtingiausia skaičiavimo operacija, atlikta kvantiniu kompiuteriu, yra tokia: $3 \times 5 = 15$. Nors tai galbūt ir nedaro didelio įspūdžio, nepamirškime, kad skaičiuoja atskiri atomai.

Be to, yra dar vienas keblumas, kylantis iš kvantinės teorijos; jis susijęs su neapibrėžtumo principu. Visi kvantiniu kompiuteriu atlikti apskaičiavimai

yra neapibrėžti, todėl kiekvieną eksperimentą reikia kartoti daug kartų, tad bent kartais $2 + 2 = 4$. Jei šį $2 + 2$ apskaičiavimą kartosime daug kartų, gautų atsakymų vidurkis bus 4. Taigi, dirbant kvantiniu kompiuteriu, net paprasčiausi aritmetiniai veiksmai tampa migloti.

Niekas nežino, kada bus rastas būdas, leisiantis išvengti koherentiškumo praradimo. Vintas Kerfas (*Vint Cerf*), vienas iš interneto kūrėjų, teigia: „Iki 2050 m. tikrai rasime būdų, kaip apskaičiavimus kvantiniais kompiuteriais atlikti kambario temperatūroje.“¹³

Taip pat reikėtų priminti: šiuo atveju ant kortos pastatyta tiek daug, kad mokslininkai nagrinėja įvairius naujo tipo kompiuterių variantus. Štai kai kurie iš tarpusavyje konkuruojančių:

- **Optiniai kompiuteriai.** Jie skaičiuoja remdamiesi veikiau šviesos pluošteliais, o ne elektronais. Kadangi šviesos pluošteliai gali pereiti vienas per kitą, tad optiniai kompiuteriai gali būti kubo formos ir be laidų. Taip pat lazerius galima gaminti išdėdimo būdu kaip ir paprastus tranzistorius, todėl teoriškai mikroschemoje galima sutalpinti milijonus lazerių.
- **Kvantinių taškelių kompiuteriai.** Mikroschemoms naudojamus puslaidininkius galima išdėdinti taip, kad būtų mažyčiai apie 100 atomų taškeliai. Esant tokiam taškelių dydžiui, atomai pradeda virpėti sutartinai. 2009 m. buvo pagamintas mažiausias kvantinis taškelis, kurį sudarė tik vienas elektronas. Kvantiniai taškeliai jau įrodė savo vertingumą šviesos dioduose ir kompiuterių ekranuose. Ateityje, tinkamai sutvarkius, iš jų galbūt pavyks pagaminti net kvantinį kompiuterį.
- **DNR kompiuteriai.** 1994 m. Pietų Kalifornijos universitetas pagamino pirmą kompiuterį iš DNR molekulių. DNR molekulėje užkoduota informacija aminorūgštyse, žymimose raidėmis A, T, C, G, o ne skaičiais 0 ir 1, taigi DNR galima laikyti įprastu kompiuterio įrašu; skirtumas tik tas, kad jame galima sukaupti daugiau informacijos.

Tokiu pat būdu, kaip kad kompiuteriu, galima manipuluoti dideliais skaičiais ir juos pertvarkyti, analogiškas operacijas atlikti ir sumaišant mėgintuvėliuose esančius skysčius, turinčius DNR molekulių, kurias galima suskai-

dyti į gabalus ir juos jungti įvairiais būdais. Nors šis procesas vyksta lėtai, vienu metu veikia tiek daug trilijonų DNR molekulių, kad atlikti kai kuriuos apskaičiavimus gali būti patogiau DNR, o ne skaitmeniniu kompiuteriu. Tačiau pastarieji yra labai patogūs, galima įmontuoti net į mobiliojo telefono aparatą, o DNR kompiuteriai griezdiškesni, juose yra mėgintuvėlių su DNR turinčiais skysčiais.

ŠIMTMEČIO VIDURYS (2030–2070 M.)

FORMOS KEITIMAS

Filme „Terminatorius 2: paskutinio teismo diena“ (*Terminator 2: Judgment Day*) A. Švarcnegerį užpuola tolimos ateities robotas *T-1000*, padarytas iš skystojo metalo. Panašus į gyvsidabrį, gali keisti formą ir prasiskverbti pro bet kokias kliūtis. Gali įsisunkti į mažiausius plyšelius ir kurti mirtį nešančius ginklus, keisdamas savo rankų ir kojų formą. Gali staiga sugrįžti į pradinį pavidalą ir žudyti toliau. Atrodė, robotas nesustabdomas, tiesiog tobula žudymo mašina.

Žinoma, tai tik mokslinė fantastika. Šių dienų technologijos dar nemoka taip lengvai keisti kietųjų kūnų formos. Tačiau šio šimtmečio viduryje kokia nors tokios kūno formos keitimo technologijos atmaina gali tapti įprastu dalyku. Tiesą sakant, viena iš pagrindinių tą technologiją tobulinančių kompanijų yra *Intel*.

Ironiška, kad 2050 m. dauguma nanotechnologijų vaisių bus visur, kiekviename žingsnyje, tačiau paslėpta nuo akių. Beveik visi gaminiai bus patobulinti molekuliniais gamybos būdais, todėl taps itin stiprūs, atsparūs, laidūs elektrai, lankstūs. Nanotechnologija taip pat duos jutiklius, kurie be perstojo mus saugos ir padės. Jų bus visoje mūsų aplinkoje, bet paslėpti po sąmonės lygmeniu. Einant gatve atrodys, kad niekas nepakito, ir niekada nesuvoksime, kaip nanotechnologija pakeitė mus supantį pasaulį.

Tačiau viena nanotechnologijos pasekmė bus akivaizdi.

T-1000 robotas žudikas iš „Terminatorius“ yra bene ryškiausias vadinamosios programuojamosios medžiagos pavyzdys: ji kada nors leis keisti daiktų pavidalą, spalvą ir fizinę formą vienu mygtuko paspaudimu. Primityviai kalbant, net neoninę išskabą galima laikyti programuojamąja medžiaga, nes,

paspaudus elektros jungiklį, dujų pripildytu vamzdeliu galima leisti elektros srovę, sužadinančią dujų atomus, o jie, grįždami į normalią būseną, išspinduliuoja šviesą.

Sudėtingesnė to atmaina yra skystųjų kristalų ekranai, be kurių neišsiverčia nė vienas kompiuteris. Čia skystieji kristalai, paleidus silpną elektros srovę, tampa neskaidrūs. Reguluojant skystuoju kristalu tekančią elektros srovę, mygtuko paspaudimu ekrane galima kurti spalvas ir formas.

Intel kompanijos mokslininkai turi dar didesnių užmojų. Programuojamą medžiaga iš tikrųjų keičia kietųjų kūnų formą, visai kaip mokslinėje fantastikoje. Idėja paprasta – pagaminti smėlio grūdėlio formos kompiuterio mikroschemą. Bus galima keisti statinius elektros krūvius išmaniųjų smėlio grūdėlių paviršiuje, todėl pastarieji galės traukti ar stumti vienas kitą. Sudarius krūvių programą, juos bus galima išdėstyti tam tikra tvarka.

Tačiau grūdėlių programas bus galima keisti, o tada pasikeis ir jų elektros krūviai. Grūdėliai akimirksniu persitvarkys – išsidėstys visai kitokia tvarka. Jie vadinami katomais (tai „kleitroninių atomų“ – nanometrinių sąveikaujančių kompiuterių – santrumpa), nes gali sukurti daug įvairių objektų, pakeitę jų krūvius, panašiai kaip atomuose. (Programuojamoji medžiaga turi daug bendro su moduliniais robotais, aprašytais 2 skyriuje. Tačiau jie turi maždaug 5 cm dydžio išmaniuosius blokus, kurie persitvarko patys, o programuojamoji medžiaga blokus sumažina iki mažiau nei 1 mm.)

Vienas iš šio būdo puoselėtojų yra Džeisonas Kambelas (*Jason Campbell*), *Intel* kompanijos vyresnysis mokslo darbuotojas. Jis sako: „Tik pagalvokite apie mobiliuosius įtaisus. Mano mobilusis telefonas per didelis, kad patogiai tilptų kišenėje, bet per mažas pirštams. Dėl to jame nepatogu žiūrėti filmus ar spausdinti elektroninio pašto laiškelius. Bet jei turėčiau 200–300 mililitrų katomų, jį galėčiau priversti tapti tokio dydžio, kokio man tuo momentu reikia.“ Taigi vieną minutę būtų galima rankoje laikyti mobilųjį telefoną, o kitą minutę jis galėtų virsti kažkuo kitu. Tokiu atveju nereikėtų nešiotis įvairių elektroninių prietaisų.

Savo laboratorijose *Intel* kompanija jau sukūrė daug įvairių maždaug 2,5 cm dydžio katomų. Katomas panašus į kubą su jo paviršiaus plokštumose tolygiai išsidėsčiusiais mažyčiais elektrodais. Katomai unikalūs tuo, kad galima keisti kiekvieno elektrodo krūvį, todėl tarpusavyje susijungia įvairiomis

kryptimis. Esant vieniems krūviams, susijungę kubeliai gali sudaryti didelį kubą. Pakeitus kiekvieno kubelio elektrodų krūvius, katamai subyrės ir greitai persitvarkys taip, kad suformuos visai kitokio pavidalo (pavyzdžiui, laivo formos) kūną.

Tikslas – katomus sumažinti iki smėlio grūdelio dydžio ar net dar labiau. Jei kada nors silicio plokštelių ėsdinimo metodais pavyks pagaminti ląstelės dydžio katomus, tada tikrai galėsime mygtuko paspaudimu vieną formą pakeisti kita. Džastinas Ratneris (*Justin Rattner*), *Intel* kompanijos vyresnysis mokslo darbuotojas, sako: „Maždaug po 40 m. tai taps kasdieniniu metodu.“¹⁵ Pirmiausia jį ims naudoti automobilių projektuotojai, aviacijos inžinieriai, dailininkai, architektai ir apskritai visi, kam reikia kurti erdvinius savo projektų modelius ir nuolat modifikuoti.

Pavyzdžiui, jei kas nors turi keturių durelių sedano šabloną, jį gali ištempti, ir jis staiga virs furgono, o truputį suspaudus – sportinio automobilio šablonu. Tai daug pranašesnis būdas už šablonų darymą iš molio, nes molis neturi nei atminties, nei intelekto. O programuojamoji medžiaga intelektą turi, ji gali prisiminti savo ankstesnes formas, prisitaikyti prie naujų idėjų, tenkinti projektuotojo norus. Baigtą kurti šabloną elektroniniu paštu galima išsiuntinėti tūkstančiams dizainerių, ir jie galės pasidaryti tiksliai jo kopijas.

Tai gali itin paveikti plataus vartojimo gaminius. Sakykime, žaislus galima suprojektuoti taip, kad keistų formą, pakeitus programinę įrangą. Tada prieš Kalėdas pakaks programinę žaislo įrangą pakeisti nauja, ir atsiras visai kitoks žaislas. Kalėdinių dovanų vaikai galės ieškoti ne po eglute, o jų gauti, programinę mėgstamiausio žaislo įrangą pakeisdami nauja, elektroniniu paštu gauta iš Kalėdų senelio; katamai pernykštį žaislą pavės pačiu madingiausiu iš tuo metu esančių rinkoje.

Taigi plataus vartojimo gaminius bus galima pakeisti internetu siunčiama programine įranga. Užuoat samdžius sunkvežimį naujiems baldams ar namų apyvokos daiktams atgabenti, pakaks atsisiųsti iš interneto reikiamą programinę įrangą, ir senuosius daiktus ji perdirbs. Atnaujinti namus ar butus, turint tokią programuojamąją medžiagą, nebebus taip sunku, kaip iki šiol. Virtuvėje pakeisti plyteles, stalo viršų, buitinius prietaisus ir spintas gali būti įmanoma vien paspaudus mygtuką.

Be to, tai galėtų sumažinti ir atliekų kiekį. Juk nebereikėtų išmesti daugelio neberekalingų daiktų, jei būtų galima juos perprogramuoti. Sugedus kokiam nors buitiniam prietaisui ar sulūžus baldui, pakaktų perprogramuoti, ir jis vėl būtų kaip naujas.

Nepaisant didžiulių perspektyvų, šioje srityje dirbanti *Intel* komanda susiduria su daugeliu sunkumų. Vienas jų – suderinti milijonų katomų veiksmus. Mėginant informaciją perkelti į programuojamąją medžiagą, bus svarbus perdavimo juostos plotis. Tačiau kai ką galima ir supaprastinti, rasti trumpesnių kelių.

Tarkime, mokslinės fantastikos filmuose įprasta matyti „persikūnijimą“, kai koks nors veikėjas staiga tampa pabaisa. Anksčiau tai pavaizduoti filme buvo labai sudėtingas, ilgas ir nuobodus darbas, su kuriuo dabar kompiuteris susidoroja labai lengvai. Pirmiausia reikia identifikuoti kai kuriuos vektorius, pažymintčius įvairius svarbiausius veido taškus – nosį ir akis – ir žmogaus, ir pabaisos. Kai tik vektorius pajuda, laipsniškai keičiasi ir veidas. Po to kompiuteriai suprogramuojami taip, kad vektorius perkeltų iš vieno veido į kitą ir vieną veidą paverstų kitu. Lygiai taip pat turėtų būti įmanoma supaprastinti procesą ir keičiant kokio nors erdvinio objekto formą.

Kita kliūtis – silpnos tarp katomų veikiančios statinės elektrinės jėgos, palyginti su stipriomis tarpatominėmis jėgomis, esančiomis daugumoje kietųjų kūnų. Kaip jau matėme, kvantinės jėgos gali būti labai galingos – dėl to metalai tokie stiprūs, o plastikai – lankstūs. Ateityje reikės galvoti, kaip kvantines jėgas pakeisti statinės elektrinės jėgomis, kad gaminiai išliktų stabilūs.

Turėjau progos matyti įstabią, greitą programuojamosios medžiagos kūrimo pažangą, kai su televizijos *Science Channel* filmavimo komanda apsilankiau Seto Goldšteino (*Seth Goldstein*) laboratorijoje *Carnegie Mellon* universitete. Ten pamatėme ant stalų daugybę įvairių dydžių kubelių su mikroschemomis viduje. Du iš jų buvo tvirtai sukibę, veikiami elektrinių jėgų. S. Goldšteinas man pasiūlė bandyti atplėšti juos rankomis. Nustebau, kai nepavyko to padaryti, nes juos sujungusios elektrinės jėgos buvo per stiprios. Tai rodė, kad, mažinant kubelius, santykinis jėgų stiprumas dar labiau padidės.

Jis nusivedė mane ir į kitą laboratoriją ir parodė, kokius mažus įmanoma padaryti katomus. Tuo pačiu metodu, kuriuo silicio plokštelėje išsėdinami milijonai tranzistorių, jam pavyko išsėdinti ir mikroskopinius, vos kelių mi-

limetrų dydžio, katomus. Tiesą sakant, jie buvo tokie maži, kad, norėdamas aiškiau matyti, turėjau griebtis mikroskopo. S. Goldšteinas tikisi, kad, valdydamas elektros jėgas, mygtuko paspaudimu galės išdėstyti bet kokia tvarka, kaip koks nors burtininkas gali sukurti viską, ką tik panorės.

Tada paklausiau, kaip galima duoti išsamius nurodymus milijardų milijardams katomų, kad, pavyzdžiui, šaldytuvus staiga pavirstų krosnele. Mano nuomone, tai būtų tikras programavimo siaubas. Jis atsakė: visai nebūtina kiekvienam katomui duoti detalių nurodymų. Kiekvienas turi žinoti, su kuriais kaimynais turi susijungti. Jei kiekvienas katomas gaus nurodymą jungtis tik su maža grupele jį supančių katomų, tai stebuklingu būdu jie persitvarkys į sudėtingas struktūras (panašiai kaip neuronai kūdikio smegenyse turi žinoti, kaip susijungti tik su kaimyniniais neuronais vystantis smegenims.)

Darant prielaidą, kad programavimas ir stabilumas bus užtikrintas, yra galimybė, kad šio šimtmečio pabaigoje mygtuko paspaudimu bus galima sukurti ištisus pastatus ar net miestus. Pakaks tik nuspręsti, kur pastatai turi iškilti, iškasti pamatus ir tada leisti trilijonams katomų dykumoje ar miške pastatyti ištisus miestus.

Minėti *Intel* kompanijos inžinieriai galvoja ir apie tuos laikus, kai katomai galės įgauti net žmonių pavidalą. „O kodėl gi ne? Tai įdomus klausimas, apie kurį galima pagalvoti“, – sako Dž. Ratneris.¹⁶ (Tada gal ir *T-1000* markės robotas taps tikrove.)

TOLIMOJI ATEITIS (2070–2100 M.)

ŠVENTASIS GRALIS: KOPIJUOKLIS

Nanotechnologijų šalininkai tikisi, kad iki 2100 m. bus sukurtas dar galingesnis mechanizmas – molekulinis rinkiklis, „kopijuoklis“, sukuriantis bet ką. Tai bus maždaug skalbiamosios mašinos dydžio įtaisai. Į jį reikės sudėti svarbiausias žaliavas ir paspausti mygtuką. Trilijonai trilijonų nanobotų susilies su žaliavomis; kiekvienas iš jų bus suprogramuotas imti iš žaliavų molekules ir sudėti visiškai naują gaminį. Ta mašina sukurs bet ką. Kopijuoklis bus inžinerijos ir mokslo viršūnė, mūsų pastangų nuo to laiko, kai priešistoriniais laikais paėmėme į rankas pirmą įrankį, kulminacija.

Tačiau kurti kopijuoklį trukdo tai, kad, norint nukopijuoti kokį nors daiktą, reikia pakeisti begalinės daugybės atomų išsidėstymą. Pavyzdžiui, žmogaus kūnas turi daugiau kaip 50 trln. ląstelių ir daugiau kaip 10^{26} atomų. Tai yra nesuvokiamo dydžio skaičius, reikia labai didelio pajėgumo atminties vien tik įsiminti visų tų atomų vietas.

Vienas iš būdų tai įveikti – sukurti nanobotą – kol kas dar hipotetinį molekulinį robotą. Jis turėtų kelias pagrindines savybes. Pirmą, galėtų atkurti save. Bet jei tai galėtų vieną kartą, tai iš principo galėtų sukurti neribotą skaičių savo kopijų. Taigi svarbiausia – sukurti pirmąjį nanobotą. Antra, jis identifikuotų molekules ir jas sukapotų į gabalus tiksliai nustatytose vietose. Trečia, laikydamasis generalinio kodo, atomus surinktų kitokia tvarka.

Taigi 10^{26} atomų išsidėstymo pertvarkymo užduotis redukuojama į maždaug tokio pat skaičiaus nanobotų sukūrimą; kiekvienas iš jų turėtų manipuluoti atskirais atomais. Tada didžiulis žmogaus kūną sudarančių atomų skaičius jau nebebūtų tokia bauginanti kliūtis. Tad svarbiausia – sukurti pirmą iš tų mitinių nanobotų ir leisti daugintis savaime.

Tačiau mokslo bendruomenė nesutaria, ar nanogamintojo idėją įmanoma įgyvendinti fiziškai. Vieni, sakykime, Erikas Dreksleris (*Eric Drexler*), vienas iš nanotechnologijų kūrėjų ir knygos „Kūrimo varikliai“ (*The Engines of Creation*) autorius, numato tokią ateitį, kai viskas bus gaminama molekulinio lygmeniu, ir turėsime tokią gausybę prekių, apie kokią šiandien galime tik svajoti. Mašinos, sukuriančios bet ką, apvers aukštyn kojom visus visuomenės aspektus. Tačiau kiti mokslininkai tai vertina skeptiškai.

Velionis Nobelio premijos laureatas R. Smolis 2001 m. *Scientific American* žurnale išspausdintame straipsnyje rašė apie „lipnius pirštus“ ir „storus pirštus“. Pasak jo, svarbiausia – ar įmanoma sukurti tokį molekulinį nanobotą, kuris būtų pakankamai miklus pertvarkyti molekulių išsidėstymą? Jo nuomone, to padaryti neįmanoma.

Šis ginčas išėjo į viešumą, kai R. Smolis susikirto su E. Dreksleriu laiškais, paskelbtais žurnale *Chemical and Engineering News* 2003–2004 m. Šio ginčo atgarsiai juntami dar ir šiandien. R. Smolis manė, kad molekulinės mašinos „pirštai“ tokios subtilios užduoties nepajėgs atlikti dėl dviejų priežasčių.

Pirma, „pirštai“ susidurs su mažytėmis traukos jėgomis ir prilips prie kitų molekulių. Atomai sulimpa iš dalies dėl silpnųjų elektros jėgų, tokių, kaip van

der Valso jėga, esanti tarp jų elektronų. Pagalvokime, kaip sektųsi taisyti laikrodį pincetu, aplipusiu medumi. Rinkti smulkutes laikrodžio detales būtų neįmanoma. O dabar pagalvokime, kad reikia rinkti mechanizmą, sudėtingesnę už laikrodį, sakykime, molekulę, iš detalių, kurios visą laiką limpa prie pirštų.

Antra, pirštai gali būti per „stori“ manipuluoti atomais. Pagalvokime, kaip sektųsi taisyti laikrodį užsimovus storas medvilnines pirštines. Kadangi „pirštai“ padaryti iš atskirų atomų, kaip ir tie objektai, kuriais jiems tenka manipuluoti, tai tokioms operacijoms atlikti jie gali būti per stori.

R. Smolio išvada tokia: kaip kad neįmanoma priversti vaikina ir merginą pamilti vienas kitą vien tik pristūmus vieną prie kito, taip neįmanoma ir pasiekti, kad tarp dviejų molekulinų objektų atsirastų cheminis ryšys vien tik nuo mechaninio postūmio [...] Cheminis ryšys, kaip ir meilė, yra daug sudėtingesnis dalykas.¹⁷

Iš esmės čia ginčijamasi dėl to, ar kada nors kopijuoklis sukels visuomenėje perversmą, ar bus laikomas tik keistenybe, kurios vieta technologijos šiukšlių dėžėje. Kaip jau matėme, mūsų pasaulio fizikos dėsnius nelengva perkelti į nanopasaulio fiziką. Tie dalykai, į kuriuos mūsų pasaulyje galima nekreipti dėmesio (van der Valso jėgos, paviršiaus įtemptis, neapibrėžtumo principas ir t. t.), nanopasaulyje vyrauja.

Įsivaizduokime, kad atomai yra stiklo rutuliukų, kuriais žaidžia vaikai, dydžio ir jų pripildytas visas plaukimo baseinas. Jei į jį įkrisime, pasijusime visai kitaip negu baseine su vandeniu. Rutuliukai dėl Brauno judesių visą laiką judės ir atsitreks į mus iš visų pusių. Plaukti bus beveik neįmanoma, nes tai bus tarsi plaukimas sirupe. Kai tik mėginsime paimti kurį nors rutuliuką, dėl sudėtingo jėgų derinio jis iššlys iš rankų arba prilips prie pirštų.

Ginčas baigėsi tuo, kad abu mokslininkai laikėsi savo nuomonės. Nors R. Smolis nesudavė nokauto molekulinio kopijuoklio idėjai, dulkėms nusėdus, išryškėjo keli dalykai. Pirmia, abi pusės sutarė, kad naivia idėja apie nanobotą, molekulinėmis žnyplėmis karpantį molekules į gabalus ir vėl surenkantį kitokia tvarka, reikia modifikuoti. Atomų lygyje ėmė vyrauti naujos kvantinės jėgos.

Antra, nors toks kopijuoklis, ar universalus gamintojas, kol kas tebėra mokslinės fantastikos dalykas, tam tikra jo atmaina yra. Pavyzdžiui, Motulė Gamta mėšainius ir daržoves vos per 9 mėn. paverčia kūdikiu. Tai atlieka DNR molekulės, kuriose užkoduotas kūdikio planas. Jos nukreipia reikiama

linkme ribosomų veiksmus (pastarosios suskaido molekules į gabalus ir sudeda reikiama tvarka), tam naudojamos maiste esančius baltymus ir aminorūgštis.

Trečia, molekulinis rinkiklis veikti gali, bet turėtų būti sudėtingesnis. Kaip sakė R. Smolis, dviejų atomų suartinimas dar negarantuoja, kad tarp jų vyks reakcija. Motulė Gamta dažnai elgiasi taip: įveda trečią dalyvį – fermento tirpalą vandenyje cheminei reakcijai palengvinti. R. Smolis taip pat priminė: daugelis kompiuteriuose ir elektronikos pramonėje naudojamų medžiagų vandenyje netirpsta. Tačiau E. Dreksleris šį jo argumentą atrėmė: ne visose cheminėse reakcijose dalyvauja vanduo ar fermentai.

Viena iš galimybių yra vadinamasis savaiminis surinkimas, arba „iš apačios į viršų“ būdas. Nuo seniausių laikų žmonės statybose naudojo „iš viršaus į apačią“ būdą. Paėmę plaktuką ir pjūklą, pradeda pjaustyti medieną, paskui iš lentų pagal planą daro didesnes konstrukcijas, pavyzdžiui, stato namą. Šiam iš viršaus į apačią vykstančiam procesui visą laiką reikia atsidėjęs vadovauti.

„Iš apačios į viršų“ būdu daiktai surenkami savaime. Gamtoje gražiosios snaigės kristalizuojasi pačios savaime. Trilijonų trilijonai atomų persitvarko ir sukuria naujas formas. Niekas neprojektavo kiekvienos snaigės. Tai dažnai vyksta ir biologinėse sistemose. Bakterijų ribosomos, sudėtingos molekulinės sistemos, turinčios ne mažiau kaip 55 skirtingas baltymų molekules ir keletą RNR molekulių, gali savaime susidaryti mėgintuvėlyje.

Savaiminis susidarymas naudojamas ir puslaidininkių pramonėje. Transistorių komponentai kartais susidaro patys. Tiksliai nustatyta tvarka taikant įvairius sudėtingus metodus ir procesus (staigų atšaldymą, kristalizaciją, polimerizaciją, nusodinimą iš garų būsenos, kietinimą ir t. t.), galima pagaminti daug komerciškai vertingų komponentų kompiuteriams. Kaip matėme, šiuo metodu galima pagaminti ir kai kurių rūšių nanodaleles vėžio ląstelėms naikinti.

Tačiau dauguma dalykų savaime nesusidaro. Apskritai, savaime susidaro tik mažytė nanomedžiagų dalis. Nėra galimybės užsisakyti nanomašiną, kuri pagal savaiminio surinkimo principą pateiktų tai, ką užsisakysime iš turimo sąrašo. Pažanga kuriant tokias mašinas vyks nepaliaujamai, bet pamažu.

Apibendrinant galima pasakyti, kad molekuliniai rinkikliai fizikos dėsnių nepažeidžia, tik juos sukurti baisiai sunku. Nanobotų kol kas dar nėra, nebus

jų ir artimiausioje ateityje, tačiau kai tik (ir jei) pirmas nanobotas bus sukurtas, jis galės pakeisti visuomenę, kurioje dabar gyvename ir kurią pažįstame.

KOPIJUOKLIO KŪRIMAS

Kaip kopijuoklis galėtų atrodyti, niekas tiksliai nežino, nes jis bus sukurtas tik po kelių dešimčių ar net šimto metų. Tačiau aš susidariau nuomonę, kaip galėtų atrodyti, po to, kai buvo ištirta (tiesiogine žodžio prasme) mano galva. Televizijos *Science Channel* specialiajai laidai buvo sukurta tikroviška erdvinė plastikinė mano veido kopija. Tam veidas horizontaliai buvo nuskaitomas lazerio spinduliui. Spinduliui atšokant nuo odos, atspindį užrašydavo jutiklis ir vaizdą perduodavo į kompiuterį. Tada spindulys vėl slinko veidu, tik jau truputį žemiau. Šitaip nuskaitė visą veidą, suskaidydamas į daugelį horizontalių griežinėlių. Žiūrint į kompiuterio ekraną, buvo matyti erdvinis veido paviršiaus vaizdas, susidedantis iš horizontalių griežinėlių, maždaug 0,1 mm tikslumu.

Tada informaciją perdavė į didelį įtaisą, maždaug šaldytuvo dydžio, iš plastiko sukuriantį erdvinį beveik bet ko atvaizdą. Įtaisas turi mažytį purkštuką, judantį horizontaliai ir daug kartų pakartojantį savo maršrutą. Slinkdamas išpurškia truputėlį išlydyto plastiko, kartojančio pirminį lazerinį veido atvaizdą. Maždaug po 10 min, purkštukui daug kartų pakartojus savo kelionę, iš mašinos išlindo liejinys, nepaprastai panašus į mano veidą.

Komercinio šio metodo panaudojimo sritys labai plačios, nes juo vos per kelias minutes galima padaryti tikslią erdvinę bet kokio daikto, pavyzdžiui, sudėtingos mašinos detalės, kopiją. Tačiau galima įsivaizduoti ir tokį įtaisą, kuris po kelių dešimtmečių ar po 100 m. sukurs erdvinę bet kokio daikto kopiją net ląsteliniu ar atominiu lygmeniu.

Šį erdvinį skaitytuvą įmanoma panaudoti gyviems žmogaus kūno organams kurti. *Wake Forest* universiteto mokslininkai atrado naują būdą kurti gyvą širdies audinį rašaliniu spausdintuvu. Pirmiausia reikia kruopščiai sudaryti kompiuterinę programą, pagal kurią purkštukas, kartodamas horizontalius judesius, purškia gyvas širdies ląsteles. Tam tinka paprastas rašalinis spausdintuvas, tik jame rašalo kasetė yra pripildyta skysčių mišinio su gyvomis širdies ląstelėmis. Šitaip galima valdyti tikslią kiekvienos ląstelės padėtį erdvėje. Purkštukui daug kartų horizontaliai judant, iš tikrųjų sukuriama širdies audinio sluoksniai.

Yra ir kitas prietaisas, kuriuo kada nors bus įmanoma nustatyti kiekvieno atomo vietą kūne: tai magnetinio rezonanso tomografas. Kaip minėjome, jo skaitymo tikslumas yra maždaug 0,1 mm dalis. Vadinasi, kiekviename jautraus tomografo skleistinės taške gali būti tūkstančiai ląstelių. Tačiau, panagrinę fizikinius tomografijos pagrindus, matysime, kad vaizdo tikslumas priklauso nuo magnetinio lauko aparato viduje vienalytiškumo. Todėl, gerinant šį rodiklį, vaizdo tikslumą galima padidinti, kad būtų matyti ir mažesnės už 0,1 mm detalės.

Mokslininkai jau galvoja apie magnetinio rezonanso tomografo pobūdžio prietaisą, kuriuo būtų galima matyti ląstelės dydžio ar dar mažesnes daleles ir nuskaityti net atskiras molekules ir atomus.

Apibendrinant reiktų pažymėti, kad kopijuoklis nepažeidžia fizikos dėsnių, bet jį bus sunku sukurti savaiminio surinkimo būdu. Šio šimtmečio pabaigoje, kai pagaliau bus įvaldyti savaiminio surinkimo metodai, bus galima galvoti ir apie komercinę kopijuoklių naudojimą.

NANOTECHNOLOGINĖ PASAULIO PABAIGA?

Kai kurie šios srities specialistai, tarp jų ir *Sun Microsystems* kompanijos įkūrėjas Bilas Džojus (*Bill Joy*), nanotechnologiją vertina atsargiai. Jie rašo, kad tik laiko klausimas, kada ji taps nevaldoma, suris visas mineralines Žemės žaliavas, ir liks tik bevertės jų veiklos atliekos. Net Velso princas Čarlzas pasisako prieš nanotechnologiją ir prieš tokį scenarijų.

Pavojų kelia svarbiausia nanobotų savybė – geba daugintis. Jie tokie pat, kaip ir virusai: paleidęs į aplinką, jau nebesugrąžinsi. Tada viskas gali baigtis tuo, kad ims daugintis nevaldomai, užkariaus aplinką ir sugriaus mūsų pasaulį.

Mano nuomone, prireiks dar daug dešimtmečių, o gal ir šimtmečių, kol nanotechnologija pasieks tokį lygį, kad sukurtų kopijuoklį, tad tokia baimė per ankstyva. O per laiką, praeisiantį iki kopijuoklių sukūrimo, bus galima sugalvoti saugiklius, neleidžiančius jiems tapti nevaldomiems. Pavyzdžiui, sukurti savaiminio išsijungimo sistemą, kad, nuspaudus avarinį mygtuką, visi nanobotai išsijungtų, arba „nanobotus žudikus“, kurių paskirtis būtų ieškoti nevaldomais tapusių nanobotų ir naikinti.

Kitas būdas – mokytis iš Motulės Gamtos, kuri šiuo atveju turi milijardų metų patirtį. Mūsų pasaulis pilnas save kopijuojančių molekulinų gyvybės

formų – bakterijų ir virusų – kurios nevaldomai dauginasi ir mutuoja. Tačiau ir mūsų kūnas sukūrė savus „nanobotus“ – imuninės sistemos antikūnus ir baltuosius kraujo kūnelius svetimoms gyvybės formoms ieškoti ir naikinti. Nors ši sistema nėra tobula, tačiau yra geras pavyzdys, ką daryti su nevaldomais tapusiais nanobotais.

SOCIALINIS KOPIJUOKLIŲ POVEIKIS

Specialiajai *BBC Discovery* kanalo laidai, kurios vedėju man teko būti, Želis Garo (*Joel Garreau*), knygos „Radikali evoliucija“ (*Radical Evolution*) autorius, sakė: „Jei kada nors taps įmanoma sukurti savaime susirenkantį mechanizmą, tai bus vienas iš labiausiai stebinančių ir nemalonių istorijos dalykų. Tada jau tikrai bus galima kalbėti, kad pasaulis keičiasi į kažką tokio, ko dar niekada nėra buvę.“¹⁸

Sena patarlė perspėja saugotis to, ko norime, nes norai gali išsipildyti. Didžiausias nanotechnologijos siekis, šventasis Gralis, yra sukurti molekulinį surinkimo mechanizmą, kopijuoklį, bet išrastas jis gali pakeisti ir visuomenės pagrindą. Visose filosofijose ir socialinėse sistemose galų gale svarbiausi stygiaus ir skurdo klausimai. Per visą žmonijos istoriją ši tema vyravo – gyvavo visuomenėje, formavo jos kultūrą, filosofiją ir religiją. Kai kuriose religijose klestėjimas laikomas Dievo atpildu, o skurdas – bausme. Budizmas, priešingai, remiasi kančios visuotinumui teigimu ir mokymu, kaip ją išverti. Krikščionybės Naujasis Testamentas sako: „Lengviau kupranugarui išlįsti pro adatos ausį, negu turtuoliui patekti į Dievo karalystę.“

Turto paskirstymas apibūdina ir pačią visuomenę. Feodalizmas remiasi turto susitelkimu aristokratų rankose ir valstiečių skurdu. Kapitalizmas remiasi idėja, kad energingiems, produktyviems žmonėms atlyginama už jų darbą kuriant kompanijas ir turtėjant. Bet jei tingūs, nieko negaminantys žmonės beveik už dyką gaus tiek, kiek tik panorės, vien tik paspaudę mygtuką, tai kapitalizmas taps neveiksmingas. Kopijuoklis viską sugriauš, žmonių tarpusavio santykius apvers aukštyn kojom. Gali išnykti skirtumas tarp turinčių ir neturinčių, kartu su juo ir statuso, visuomeninės padėties ir politinės valdžios sąvokos.

Tai nagrinėjama viename serialo „Žvaigždžių kelias: nauja karta“ epizode. Kosminėje erdvėje rasta XX a. kapsulė su užšaldytais žmonių kūnais. Žmonės

sirgo tais primityviais laikais nepagydomomis ligomis ir vylėsi, kad tolimoje ateityje bus atgaivinti. Erdvėlaivio *Enterprise* gydytojai užšaldytuosius kaipmat pagydė ir atgaivino. Laimingieji nustebo, kad jų rizika taip gerai atsipirko.

Vienas jų buvo įžvalgus kapitalistas, tad pirmiausia priklausė, kokiame amžiuje dabar žmonės gyvena. Kai sužinojo, kad jau XXIV a., greitai mintyse apskaičiavo, kad jo investicijos turėtų būti išaugusios iki didelio turto. Paprašė sujungti su jo bankininku Žemėje. Tačiau erdvėlaivio įgula sutriko. Pinigai? Investicijos? Tokių dalykų jau seniai nebėra. XXIV a. pakanka tik ko nors paprašyti ir gausi.

Tada kyla ir tobulos visuomenės, arba utopijos, klausimas. Šį žodį sugalvojo seras Tomas Moras (*Thomas More*), 1516 m. parašęs romaną „Utopija“ (*Utopia*). Baisėdamasis jį supančiomis kančiomis ir vargais, įsivaizdavo tikrą rojų prasimanytoje Atlanto vandenyno saloje. XIX a. Europoje buvo daug socialinių judėjimų, siekusių utopijos įvairiais pavidalais. Daugelis jų rado prieglobstį Jungtinėse Valstijose, kur jų gyvenviečių liekanų išliko iki šiol.

Viena vertus, kopijuoklis galėtų sukurti tokią utopiją, apie kokią svajojo XIX a. fantazuotojai. Ankstesni utopijos kūrimo eksperimentai žlugdavo dėl materialių gėrybių stygiaus, sukeldavusio nelygybę, peštynes ir galiausiai žlugimą. Tačiau jei kopijuokliai stygių panaikins, tada pasiekti tokią utopiją gal bus įmanoma. Joje suklestėtų menas, muzika, poezija, žmonės galėtų nevaržomi gilintis į savo brangiausias svajones ir troškimus.

Antra vertus, nesant motyvuojančio stygiaus ir pinigų veiksnio, galėtų formuotis nuolaidžiauanti savo silpnybėms, išsigimusi visuomenė, smunkanti žemyn. Poezija domėtusi tik nedaugelis meno atžvilgiu labiausiai motyvuotų žmonių, o visi kiti, pasak kritikų, taptų tinginiais ir dykaduoniais.

Kelia abejonių net utopijų šalininkų vartojami apibrėžimai. Pavyzdžiui, socializmo mantra sako: „Iš kiekvieno pagal sugebėjimus, kiekvienam pagal darbą.“ O komunizmo, aukščiausiosios socializmo stadijos, mantra dar gražesnė: „Iš kiekvieno pagal sugebėjimus, kiekvienam pagal poreikius.“

Bet jei kopijuokliai yra įmanomi, mantra labai supaprastėja: „Kiekvienam pagal norus.“

Tačiau į šį klausimą galima pažvelgti ir dar vienu, taigi trečiu, požiūriu. Pagal Urvinio žmogaus principą, pagrindiniai asmenybių bruožai per pastaruosius 100 000 m. nedaug tepakito. Darbo vietos anksčiau nebuvo. Pasak

antropologų, primityvios visuomenės daugiausia buvo bendruomeninės, materialias gėrybes ir sunkumus dalijosi po lygiai. Dienos ritmas nepriklausė nuo darbo vietų ir atlyginimo, nes tokių dalykų apskritai nebuvo.

Tačiau tais laikais žmonės netapdavo dykūnais dėl kelių priežasčių. Pirmiausia, būtų mirę iš bado. Tie, kas neprisidėdavo prie bendro darbo, būdavo išmetami iš genties ir netrukus žūdavo. Antra, žmonės ėmė didžiulis savo darbu ir netgi išvelgdavo atliekamų užduočių prasmę. Trečia, buvo didžiulis socialinis spaudimas išlikti produktyviu visuomenės nariu. Produktyvūs individai galėjo tuoktis ir perduoti savo genus kitai kartai, o tinginių ir dykūnų genai paprastai žūdavo, jiems mirus.

Tai kodėl žmonės gyvens produktyviai ir tada, kai kopijuokliai bus išrasti, ir kiekvienas galės gauti visko, ko tik užsimanys? Na, visų pirma kopijuokliai užtikrins, kad nebūtų badaujančių. Antra, dauguma žmonių greičiausiai dirbs ir toliau, nes didžiulio savo gabumais ir ras prasmę darbe. Tačiau trečią priežastį, socialinį spaudimą, neįsikišus į asmenines žmogaus laisves, palaikyti sunkiau. Todėl vietoj socialinio spaudimo greičiausiai daugiau dėmesio bus skiriama švietimui, siekiant pakeisti žmonių požiūrį į darbą ir atpildą, kad nepiktnaudžiautų kopijuoklio teikiamomis galimybėmis.

Visa laimė, kad pažanga šioje srityje bus lėta, kopijuoklis bus sukurtas gal tik po 100 m., tad visuomenė turės daug laiko apsvarstyti šio metodo privalumus ir pasekmes bei prisitaikyti prie naujos tikrovės taip, kad pati nesubyretų.

Pirmasis kopijuoklis greičiausiai bus labai brangus. Masačusetso technologijos instituto robotų kūrimo specialistas R. Bruksas sako: „Nanotechnologija klestės, panašiai kaip kad klesti fotolitografija – daugiausia labai brangioje, kontroliuojamoje situacijoje, o ne kaip nepriklausoma masinio naudojimo technologija.“¹⁹ Neribota laisva prekių pasiūla nebus didelė. Turint galvoje šių mašinų sudėtingumą, gali praeiti dar daug dešimtmečių, kai bus sukurtos, kol išlaidos sumažės.

Kartą įdomiai kalbėjau su Žamė Kaso (*Jamais Cascio*), vienu iš žymiausių futurologų, ilgai ir giliai stebėjusiu ateities kontūrus. Jis pirmiausia pareiškė, kad abejoja 2 skyriuje minima singularumo hipoteze, nes žmogaus prigimtis ir socialinės varomosios jėgos per daug sujauktos, sudėtingos ir nenuspėjamos, kad sutilptų į paprastą dailią hipotezę. Tačiau kartu pripažino: reikšminga nanotechnologijos pažanga ilgainiui gali sukurti visuomenę,

kurioje bus materialių gėrybių perteklius, ypač paplitus kopijuokliams ir robotams. Tada paklausiau, kaip visuomenė elgsis, kai materialios gėrybės bus beveik nemokamos, kai visuomenė pagaliau bus tokia turtinga, kad nebebus būtinybės dirbti.

Jis atsakė: tada atsitiks du dalykai. Pirma, tada jau bus pakankamai turto, kad kiekvienas gautų padorias minimalias pajamas net ir nedirbdamas. Todėl dalis visuomenės greičiausiai taps nuolatiniais dykinėtojais. Jis numatė visuomenei nuolatinės saugumo priemones. Jos gali būti nepageidautinos, bet ir neišvengiamos, ypač jei kopijuokliai ir robotai tenkins visus materialius poreikius. Antra, tai bus galima kompensuoti perversmo sukėlimu verslumo dvasios srityje. Išvaduoti iš baimės nugrimzti į skurdą ir pražūtį, darbščiausi individai rodys daugiau iniciatyvos ir drąsiau rizikuos, kurdami kitiems naujas pramonės šakas ir naujas galimybes. Jis prognozavo visuomenės atgimimą, kai kūrybinė jos dvasia bus išvaduota iš žlugimo baimės.

O savo srityje, fizikoje, matau, kad dauguma mūsų fizika užsiima ne dėl pinigų, o vien tik norėdami patirti atradimų ir naujovių džiaugsmą. Dažnai atsisakydavome pelningų siūlymų iš kitų sričių, nes bėgome paskui savo svajonę, o ne paskui dolerį. Taip pat elgiasi ir mano pažįstami menininkai bei intelektualai – jų tikslas ne kuo didesnė sąskaita banke, o kūrybiškas darbas ir žmogaus dvasios tobulinimas.

Aš manau, jei iki 2100 m. visuomenė taps tokia turtinga, kad visi būsime apsupti materialių gėrybių, tai ir visuomenė į tai gali reaguoti panašiai kaip mes, fizikai. Nedidelė dalis gyventojų sudarys grupę žmonių, kurie atsisakys dirbti. O kiti gali būti išvaduoti iš skurdo sukeliama apribojimų ir siekti kūrybinių laimėjimų moksle ir meninėje veikloje. Jiems vien tik džiaugsmas būti kūrybiškiems, novatoriškiems ir meniškiems pranoks visas materialinio pasaulio pagundas. Bet didžioji dauguma gyventojų ir toliau dirbs ir stengsis būti naudingi vien dėl to, kad tai yra mūsų genetinio paveldo dalis, mūsų Urvinio žmogaus principas.

Tačiau vienos kliūties nepašalins net kopijuokliai. Toms nuostabioms technologijoms reikia daug energijos. Iš kur jos paimti?

PENKTAS SKYRIUS

ENERGIJOS ATEITIS

ENERGIJA IŠ ŽVAIGŽDŽIŲ

Akmens amžius baigėsi ne dėl akmenų stygiaus. Ir naftos amžius baigsis gerokai anksčiau nei pasaulis pristigs naftos.

– Džeimsas Kantonas (*James Canton*)

Mano nuomone, termobranduolinė sintezė savo svarba prilygs ugnies įvaldymui priešistoriniais laikais.

– Benas Bova (*Ben Bova*)

Žvaigždės buvo dievų energijos šaltinis. Kai Apolonas važiuodavo per dangų ugnimi alsuojančių žirgų traukiamu vežimu, jos nušviesdavo dangų ir Žemę begaline Saulės galia. Savo galia su juo galėjo lenktyniauti tik pats Dzeusas. Kai kartą Semelė, viena iš gausių mirtingųjų Dzeuso meilužių, paprašė pasirodyti savo tikroju pavidalu, nenoromis patenkino jos norą, ir akinamos kosminės energijos blyksnis ją pavertė apsvilusiu traškučiu.

Šiame šimtmetyje įkinkysime į darbą žvaigždes – dievų energijos šaltinį. Artimiausiu laikotarpiu įžengsime į saulės ir vandenilio energijos erą – šios energijos rūšys pakeis iškastinį kurą. O ilgalaikėje perspektyvoje įkinkysime į darbą termobranduolinę sintezę ir netgi išmoksime imti saulės energiją iš kosmoso. Tolesnė pažanga fizikos srityje leis įžengti į magnetizmo erą, kai automobiliai, traukiniai ir net riedlentės skries ore ant magnetinių pagalvių.

Energijos suvartojimas labai sumažės, nes dabar automobiliai ir traukiniai beveik visą suvartojamą energiją skiria kelio trinčiai įveikti.

AR NAFTA NESIBAIGS?

Šiandien mūsų planeta yra glaudžiai susijusi su iškastiniu kuru – nafta, gamtinėmis dujomis ir anglimis. Iš viso pasaulis suvartoja apie 14 trln. W galios energijos; 33 % jos gaunama iš naftos, 25 % iš akmens anglies, 20 % iš gamtinių dujų, 7 % iš branduolinio kuro, 15 % iš biomasės ir vandens ir tik 0,5 % iš saulės šviesos bei kitų atsinaujinančių energijos išteklių.¹

Taigi be iškastinio kuro pasaulio ekonomika iš karto sustotų.

Vienas iš žmonių, aiškiai mačiusių naftos amžiaus pabaigą, buvo M. Kingas Hubertas (*M. King Hubbert*), *Shell Oil* kompanijos inžinierius. 1956 m. jis pasakė kalbą Amerikos naftos institute apie tolimą naftos ateitį, pateikdamas keliančių nerimą prognozių, kurios tuo metu tapo visų jo kolegų pajuokos objektu. Jis tvirtino: JAV naftos ištekliai senka taip sparčiai, kad greitai iš jos gelmių bus išsiurbta 50 % ten esančios naftos, ir tada – apie 1965–1971 m. – prasidės smukimo era.² Jis matė, kad Jungtinių Valstijų naftos išteklius galima pavaizduoti varpo formos kreive, ir šalis jau priartėjo prie kreivės viršaus; toliau, pasak jo, galimas tik smukimas, riedėjimas pakalnėn. Išgauti naftą bus vis sunkiau, todėl įvyks neįtikėtinas dalykas – Jungtinės Valstijos naftą pradės importuoti.

Prognozės atrodė neapgalvotos, net keistos ir neatsakingos, nes tuo metu Jungtinėse Valstijose buvo išgaunami didžiuliai naftos kiekiai Teksase ir kitose šalies vietose. Tačiau naftos inžinieriai jau nebesišaipė. Jie suprato, kad M. K. Huberto pranašystės pasakytos pačiu laiku. 1970 m. JAV naftos gavyba pasiekė maksimumą – 10,2 mln. barelių per dieną ir nuo tada pradėjo mažėti. Toks gavybos lygis jau niekada nebebuvo pasiektas. Šiandien Jungtinės Valstijos importuoja 59 % suvartojamos naftos. Tiesą sakant, palyginę prieš kelis dešimtmečius K. Huberto pateiktą prognozių grafiką su 2005 m. naftos gavybos Jungtinėse Valstijose grafiku, matysime, kad abi kreivės beveik sutampa.

Dabar naftos inžinieriai laukia atsakymo į svarbiausią klausimą: ar pasauliniai naftos ištekliai irgi pasiekė Huberto kreivės maksimumą? 1956 m. jis prognozavo ir tai, kad pasaulinė naftos gavyba pasieks maksimumą maždaug per 50 metų. Ko gero, ir čia jis atspėjo. Taigi kai mūsų vaikai žvelgs į mūsų

laikus, ar į iškastinį kurą jie nežiūrės taip, kaip mes šiandien žiūrime į banginio taikus, ar nelaikys jo nelaiminga tolimos praeities atgyvena?

Daug kartų skaičiau paskaitas Saudo Arabijoje ir kitose Vidurinių Rytų šalyse, kalbėjau apie mokslą, energetiką, ateitį. Viena vertus, Saudo Arabija turi 267 mlrd. barelių dydžio naftos išteklius, ji tarsi plaukioja didžiuliam požeminiame naftos ežere. Keliaudamas po Saudo Arabiją ir kitas Persijos įlankos šalis, mačiau siaubingą energijos švaistymą, didžiulius fontanus dykumose, milžiniškus dirbtinius vandens telkinius ir ežerus. Dubajuje yra net slidinėjimo trasa po stogu su tūkstančiais tonų dirbtinio sniego; tai didžiulis iššūkis spirginančiam karščiui lauke.

Tačiau šių šalių naftos ministrai jau sunerimę. Be kalbų apie „įrodytus naftos išteklius“, kurie turėtų užtikrinti, kad ir ateityje dar dešimtis metų naftos nepristigsime, atsiranda suvokimas, kad daugelis iš tų gražių skaičių apie naftos išteklius yra tik savęs apgaudinėjimas. Frazė „įrodyti naftos ištekliai“ skamba solidžiai ir raminamai, kol nesuvokiame, jog tie ištekliai dažnai rodo tik gerus naftos ministrų norus ir yra nulemti politinio spaudimo.

Kalbėdamasis su energetikos specialistais, supratau, kad atsiranda bendras sutarimas, jog pasaulinė naftos gavyba jau pasiekė Huberto kreivės maksimumą arba pasieks po 10 metų. Vadinas, artimiausioje ateityje galbūt įžengsime į gavybos mažėjimo laikotarpį.

Žinoma, nebus taip, kad naftos visai nebeliktų. Visą laiką randama naujų jos telkinių. Tačiau išgavimo ir išvalymo kaina tolydžio didės. Pavyzdžiui, Kanada turi didžiulius bituminio smėlio išteklius, tačiau ją išgauti ir išvalyti ekonomiškai neapsimoka. Jungtinių Valstijų akmens anglių išteklių galėtų pakakti 300 m., bet yra įvairių teisinių apribojimų, labai didelės ir jų naudojant išsiskiriančių kietųjų ir dujinių teršalų šalinimo išlaidos.

Be to, daugiausia naftos yra politiškai nestabiliuose pasaulio regionuose, ir tai didina santykių su užsienio šalimis nestabilumą. Naftos kainų svyravimo grafikai primena pasivažinėjimą amerikietiškaisiais atrakcionų kalneliais: 2008 m. jos buvo pasiekusios stebinantį 140 dol. už barelį lygį (arba daugiau kaip 4 dol. už 3,8 l benzino JAV degalinėse), paskui dėl didelės recesijos smarkiai nukrito. Nepaisant didžiulių svyravimų dėl politinių neramumų, spekuliacijų, gandų ir t. t., visiškai aišku, kad ilgainiui vidutinė naftos kaina ir toliau didės.

Tai labai paveiks pasaulio ekonomiką. Spartus šiuolaikinės civilizacijos augimas XX a. rėmėsi dviem dalykais – pigia nafta ir Mūro dėsnium. Energijos kainų augimas daro spaudimą maisto produktų pasiūlai visame pasaulyje ir teršimo kontrolei. Rašytojas Džeris Purnelis (*Jerry Pournelle*) sakė: „Didžiausias kliuvinys – ne maistas ir tarša, o energija.³ Turint pakankamai energijos, galima prisigaminti kiek tik nori maisto, naudojant labai intensyvius metodus – hidroponiką ar šiltnamius. Tą patį galima pasakyti ir apie teršimą: skiriant tam pakankamai energijos, teršalus galima paversti nekenksmingais produktais arba suskaidyti į sudedamąsias dalis.“

Susiduriame ir su dar viena problema – Kinijos ir Indijos vidurinėsios klasės augimu. Tai vienas iš didžiausių pokario laikotarpio demografinių pokyčių, labai paveikusių naftos ir plataus vartojimo prekių kainas. Holivudo filmuose matydami Makdonaldo mėsainius ir garažus dviem automobiliams, ir tų šalių vidurinėsios klasės žmonės nori mėgautis amerikietiškosios svajonės – švaistūniško energijos vartojimo – malonumais.

ARTIMOJI ATEITIS (DABARTIS–2030 M.)

SAULĖS IR VANDENILIO ENERGIJOS EKONOMIKA

Atrodo, šioje srityje istorija kartojasi. Dar XX a. pradžioje Henris Fordas (*Henry Ford*) ir T. Edisonas, du seni draugai, susilažino, kokia energijos forma vyraus ateityje. Pirmasis manė, kad anglis pakeis skystasis kuras, o vidaus degimo varikliai pakeis garo mašinas. Antrasis tvirtino – įsigalės elektriniai automobiliai. Tai buvo labai svarbios lažybos, jų rezultatui buvo lemta labai paveikti pasaulio ekonomiką.

Iš pradžių atrodė, kad lažybas laimės T. Edisonas, nes gauti tuo metu automobilių naudotų banginio taurių buvo labai sunku. Tačiau netrukus Viduriniuose Rytuose ir kitur buvo rasta didelių pigios naftos išteklių, ir lažybas laimėjo H. Fordas. Nuo tada pasaulis pasikeitė. Elektros baterijos nepajėgė varžytis su benzinu ir įspūdinga jo sėkmė. (Net ir šiandien, skaičiuojant masės vienetui, benzinas turi apie 40 kartų daugiau energijos už bet kokią bateriją.)

Tačiau šiuo metu padėtis pamažu keičiasi. Ko gero, dabar, praėjus 100 m. nuo tų lažybų, jas laimėtų T. Edisonas.

ENERGIJOS ATEITIS

Dabar vyriausybės ir pramonininkų kuluaruose ginčijamasi, kas pakeis naftą. Aiškaus atsakymo nėra. Artimiausiu laiku nėra kuo tiesiogiai pakeisti iškastinio kuro, todėl greičiausiai bus naudojamas įvairių energijų mišinys, nė vienai iš jų nepirmaujant.

Tačiau perspektyviausia varžovė pakeisti iškastinį kurą yra saulės ir vandenilio energija (remiasi atsinaujinančiais energijos ištekliais – saulės, vėjo, vandens energija ir vandeniliu).

Šiuo metu saulės elementų gaminama energija yra kelis kartus brangesnė už iškastinio kuro gaminamą energiją. Tačiau dėl nepalaužamos technologinės pažangos saulės ir vandenilio energijos kaina nuolat mažėja, o iš iškastinio kuro gaminamos energijos kaina pamažu, bet nepaliaujamai didėja. Apytikriai apskaičiavimai rodo, kad po 10–15 m. jos susilygins, o tada jau savo žodį tars rinkos jėgos.

VĖJO ENERGIJA

Artimiausiu metu daugiausia išloš atsinaujinantieji energijos šaltiniai – vėjo energija. Visame pasaulyje vėjo jėgainių pajėgumai nuo 17 mlrd. W 2000 m. padidėjo iki 121 mlrd. W 2008 m. Vėjo energija, anksčiau laikyta tik antraeile, tampa vis svarbesnė. Naujausi pasiekimai gaminant vėjo turbinas padidino vėjo jėgainių plotų efektyvumą ir produktyvumą; tai vienas iš greičiausiai augančių energijos rinkos sektorių.

Šių dienų vėjo turbina nė iš tolo nepanašios į senuosius vėjo malūnus, kurių gaminama energija buvo naudojama XIX a. žemės ūkyje ir fabrikuose. Neteršiantis oro ir saugus vėjo generatorius gali būti iki 5 MW galios; to pakanka tenkinti nedidelio kaimo poreikius. Vėjo turbina turi dideles grakščias apie 30 m ilgio mentes, kurios sukasi beveik be trinties.

Jos gamina elektrą taip pat, kaip ir hidroelektrinės ar dviračių elektros generatoriai – sukamas ritės viduje esantis generatorius. Besisukantis magnetinis laukas stumia ritės elektronus, ir atsiranda elektros srovė. Didelių vėjo jėgainių plotų, susidedančių iš 100 vėjo turbinų, galia gali siekti 500 MW; palyginimui galima priminti, kad vidutinės kūrenamos anglimis šiluminės elektrinės ar branduolinės elektrinės galia apie 1000 MW.

Kelis pastaruosius dešimtmečius Europa pirmavo pasaulyje naudodama vėjo energiją. Tačiau pastaruoju metu Europą pralenkė Jungtinės Valstijos, ir jos vėjo jėgainės pagamina daugiau elektros energijos. 2009 m. Jungtinių Valstijų vėjo jėgainių galia buvo 28 mlrd. W. Vien tik Teksaso valstijoje bendra veikiančių vėjo jėgainių galia – 8 mlrd. W, dar 1 mlrd. W pajėgumai statomi, o dar didesni projektuojami. Jei viskas vyks, kaip suplanuota, Teksaso valstija turės 50 mlrd. W galios vėjo jėgainių, kurių gaminamos elektros energijos daugiau nei pakaks 24 mln. šios valstijos gyventojams.

Vėjo energijos naudojimu Jungtinės Valstijas netrukus pralenks Kinija.⁴ Joje pagal vėjo energetikos plėtros programą bus pastatyti šeši vėjo jėgainių parkai, kurių bendra galia 127 mlrd. W.

Nors vėjo energijos patrauklumas didėja ir, be jokios abejonės, didės ir ateityje, ji vis tiek nepajėgs tenkinti didžiosios pasaulio energetinių poreikių dalies. Geriausiu atveju galės būti tik sudedamoji didesnio energijos mišinio dalis. Ji susiduria su keliomis problemomis. Elektros energija iš vėjo gaminama su pertrūkiais, tik vėjui pučiant ir tik keliuose svarbiausiuose pasaulio regionuose. Be to, norint išvengti elektros energijos perdavimo nuostolių, vėjo jėgainių parkai turi būti netoli didelių miestų, ir tai dar labiau apriboja jos naudingumą.

I PAGALBĄ ATEINA SAULĖ

Galų gale visos energijos rūšys yra atėjusios iš saulės. Net nafta ir anglys tam tikru požiūriu yra saulės šviesos koncentratai, prieš milijonus metų gyvenusių augalų ir gyvūnų sukaupta saulės šviesos energija. Todėl koncentruotos saulės šviesos energijos kiekis, esantis 3,8 l benzino, yra daug didesnis už energijos kiekį, kurį įmanoma sukaupiti baterijoje. Tai buvo didžiausia problema, su kuria susidūrė T. Edisonas praėjusiame šimtmetyje, ji išliko ir šiandien.

Saulės elementai saulės šviesą tiesiogiai paverčia elektros energija. (Šį procesą paaiškino T. Einšteinas 1905 m. Kai šviesos dalelė, fotonas, atsitrėnkusi į metalą, išmuša elektroną, atsiranda elektros srovė.)

Tačiau saulės elementų efektyvumas mažas. Net po kelis dešimtmečius trukusių įtemptų inžinierių ir mokslininkų pastangų jį pagerinti siekia tik apie 15 %. Tyrimai vyko dviem kryptimis. Viena kryptis stengėsi didinti saulės

elementų efektyvumą, ir tai buvo labai sunki techninė problema. Kita tyrimų kryptis siekė sumažinti saulės jėgainių parkų statybos kainą.

Pavyzdžiui, visų Jungtinių Valstijų elektros poreikius galima patenkinti, visą Arizonos valstijos paviršių padengiant saulės elementais, tačiau tai būtų nepraktiška. Tačiau nuosavybės teisės į didelius Sacharos dykumos gabalus staiga tapo labai aktualiu dalyku, investuotojai joje jau kuria didelius saulės jėgainių parkus Europos vartotojų poreikiams tenkinti.

O miestuose saulės energijos naudojimo išlaidas galbūt būtų galima sumažinti saulės elementais dengiant pastatus. Toks būdas turi keletą pranašumų, tarp jų ir tą, kad taip būtų išvengta elektros nuostolių, atsirandančių elektrą perduodant iš elektrinės. Svarbiausia – mažinti išlaidas. Jau patys paprasčiausi apskaičiavimai rodo, kad, siekiant šio būdo pelningumo, reikia tauptyti kiekvieną dolerį visur, kur tik įmanoma.

Nors saulės energija dar neatitinka su ja siejamų lūkesčių, naftos kainų nestabilumas pastaruoju metu paskatino didinti pastangas į rinką atvesti saulės energiją. Dabartinių tendencijų kryptis gali pasikeisti. Kas kelis mėnesius pasiekiami vis naujų rekordų. Fotovoltinės elektros energijos gamyba per metus padidėja 45 %, taigi kas 2 m. beveik padvigubėja. Viso pasaulio mastu bendra fotovoltinių jėgainių galia šiuo metu siekia 15 mlrd. W, vien tik 2008 m. ji padidėjo 5,6 mlrd. W.

2008 m. *Florida Power & Light* kompanija paskelbė apie didžiausios fotovoltinės jėgainės Jungtinėse Valstijose projektą. Jį užsakė *SunPower* kompanija, planuojanti statyti 25 MW galios jėgainę. (Šiuo metu didžiausia tokio pobūdžio jėgainė Jungtinėse Valstijose yra Nelio karinių oro pajėgų bazėje Nevados valstijoje, jos galia 15 MW.)

2009 m. *BrightSource Energy* kompanija, įsikūrusi Ouklande, Kalifornijos valstijoje, paskelbė apie savo planus pasiekti tą rekordą ir statyti 14 saulės jėgainių Kalifornijos, Nevados ir Arizonos valstijose, kurių bendra galia būtų 2,5 mlrd. W.

Vienas iš *BrightSource Energy* kompanijos projektų yra Ivanpaho saulės elektrinė. Ją sudarys trys saulės terminės gamyklos Pietų Kalifornijoje, kurių bendra galia bus 440 MW. Ši kompanija kartu su *Pacific Gas and Electric* kompanija Mohavio dykumoje planuoja statyti 1,3 mlrd. W galios saulės elektrinę.

2009 m. *First Solar* kompanija, didžiausia pasaulyje saulės elementų gamintoja, paskelbė statysianti didžiausią pasaulyje saulės jėgainę į šiaurę nuo Didžiosios kinų sienos. 10 m. trukmės sutartyje, kurios detalės tebederinamos, numatytas didžiulis saulės elementų kompleksas iš 27 mln. plonų plėvelinių saulės plokščių. Jo galia sieks 2 mlrd. W, taigi prilygs dviejų anglimis kūrenamų elektrinių galiai. Jos gaminamos elektros energijos pakaks 3 mln. būstų poreikiams tenkinti. Ši jėgainė, užimsianti 65 km², bus pastatyta Vidinėje Mongolijoje ir sudarys tik daug didesnio jėgainių parko dalį. Kinų pareigūnai sako, kad saulės energija yra tik vienas iš šio komplekso elementų; jo galia sieks 12 mlrd. W, jis naudos vėjo, saulės, biokuro energiją ir hidroenergijos išteklius.

Dar neaišku, ar tie ambicingi projektai atlaikys priekabų aplinkosaugininkų ir finansininkų patikrinimą, tačiau svarbu, kad požiūris į saulės energijos naudojimą pamažu, bet iš esmės, keičiasi, didelės kompanijos jau visai rimtai mano, kad saulės jėgainės gali varžytis su iškastinių kurų naudojančiomis jėgainėmis.

ELEKTROMOBILIS

Kadangi apie pusę pasaulyje išgaunamos naftos suvartoja lengvieji automobiliai, sunkvežimiai, traukiniai ir lėktuvai, yra didžiulė reikmė ši ekonomikos sektorių pertvarkyti. Šiuo metu, kai šalyse vyksta istorinis perėjimas nuo iškastinio kuro prie elektros, vyksta lenktynės, kas gi ateityje vyraus automobilių sektoriuje perėjimo metu. Perėjimas turėtų vykti keliais etapais. Pirmas etapas – hibridiniai automobiliai, naudojančys elektros iš baterijų ir benzino derinį. Jų jau yra rinkoje. Juose naudojami maži vidaus degimo varikliai senai baterijų problemai išspręsti: sunku sukurti tokią bateriją, kuri leistų įveikti ilgus nuotolius taip sėkmingai, kaip sėkmingai užtikrina staigų automobilio greitėjimą.

Tačiau hibridiniai automobiliai yra tik pirmas žingsnis. Hibridinis automobilis, pavyzdžiui, turi gana galingą bateriją, kad galėtų apie 80 km nuvažiuoti, naudodamas jos energiją, ir tik tada įjungti benzinu varomą variklį. Kadangi dauguma važinėja į darbą ir namo arba į parduotuves būtent tokiu atstumu, taigi pakaktų vien tik elektros energijos.

Vienas iš svarbiausių hibridinių automobilių modelių yra *General Motors* kompanijos gaminamas *Chevy Volt* modelis. Jo veikimo nuotolis yra 60 km naudojant tik ličio jonų bateriją ir 480 km naudojant mažą benzininį variklį.

Dar yra *Tesla Roadster* modelis, kuris benzininio variklio išvis neturi. Jį gamina *Tesla Motors* kompanija iš Silicio slėnio. Ji vienintelė Šiaurės Amerikoje serijiniu būdu gamina vien tik elektra varomus automobilius. *Roadster* yra dailus sportinis automobilis, niekuo nenusileidžiantis benzinu varomiems automobiliams ir paneigiantis nuomonę, kad elektromobiliai su ličio jonų baterijomis negali varžytis su benzinu varomais automobiliais.

Turėjau progos išbandyti dvivietį *Tesla* modelį, kuris priklausė Džonui Hendriksui (*John Hendricks*), *Discovery Communications* kompanijos įkūrėjui (tai pagrindinė *Discovery* kanalo kompanija.) Kai atsisėdau į vairuotojo sėdynę, Dž. Hendriksas paragino iki galo nuspausti akceleratorių – išbandyti automobilio gebėjimus. Taip ir padariau. Iš karto pajutau, kaip staigiai padidėjo automobilio galia. Aš tiesiog prilipau prie sėdynės, nes 96 km per valandą greitį automobilis pasiekė vos per 3,9 sek. Vienas dalykas yra klausytis, kaip inžinieriai giria tik elektra varomų automobilių privalumus ir visai kitas pačiam nuspausti akceleratorių ir pajusti automobilio reagavimą.

Sėkminga *Tesla* modelio rinkodara privertė tradicinių modelių gamintojus, dešimtmečius peikus ir žeminus elektromobilius, vyti jų gamintojus. Robertas Lucas (*Robert Lutz*), būdamas *General Motors* kompanijos valdybos vicepirmininku, sakė: „Mūsų kompanijos genijai visą laiką tvirtino, kad automobiliai su ličio jonų baterijomis dar bent 10 m. rinkoje nepasirodys, mums pritarė ir *Toyota* kompanija, ir šė tau, kad nori – staiga pasirodė *Tesla*!⁵ Taigi man kilo klausimas, kaip tokia mažytė nauja Kalifornijos kompanija, vadovaujama nieko nenutuokiančių apie automobilių verslą jaunų žmonių, tai padarė, o mes nesugebame?“

Nissan Motors kompanija pirmąją tik elektra varomų automobilių gamintoją paprastiesiems vartotojams srityje. Jos elektromobilio pavadinimas *Leaf*, veikimo nuotolis 160 km, didžiausias greitis iki 144 km/h.

Po tik elektra varomų automobilių ilgainiui automobilių salonuose pasirodys dar viena automobilių rūšis – kuro elementų automobiliai. Jie kartais vadinami ateities automobiliais. 2008 m. birželį *Honda Motor Company* kompanija paskelbė apie pirmojo pasaulyje tokio tipo automobilio – *FCX Cla-*

ritį – išleidimą į rinką. Jo veikimo nuotolis 384 km, didžiausias greitis – iki 160 km/h, jis turi visus įprastinio keturių durelių sedano patogumus. Varomas tik vandeniliu, todėl jam nereikia nei benzino, nei elektros baterijų. Tačiau dėl to, kad vandenilio elementų infrastruktūra dar nesukurta, Jungtinėse Valstijose ji galima išsinuomoti tik Pietų Kalifornijoje. *Honda* reklamuoja ir sportinę šio automobilio versiją *FC Sport*.

2009 m. *GM* kompanija, išvengusi bankroto po to, kai visa jos vadovybė buvo atleista, paskelbė, kad jos kuro elementais varomas automobilis *Chevy Equinox* užbaigė 1 609 000 km ilgio išbandymų ciklą. Pastaruosius 25 mėn. 5000 žmonių bandė 100 šių automobilių. Detroitas, visada atsiliekančias nuo Japonijos mažų ir hibridinių automobilių gamybos srityje, siekia įsitvirtinti joje ateityje.

Iš pirmo žvilgsnio kuro elementais varomi automobiliai yra tiesiog idealūs. Juos varo vandenilio jungimosi su deguonimi reakcija, gaminanti elektros energiją; šios reakcijos produktas – tik vanduo ir jokio smogo. Net keista žiūrėti į tokio automobilio išmetamąjį vamzdį: jokių nuodingų dūmų, vien tik bespalviai, bekvapiai vandens lašeliai.

„Uždėdi ranką ant išmetamojo vamzdžio ir matai, kad iš jo išeina tik vanduo. Baisiai smagus jausmas“,⁶ – sako Maikas Švablas (*Mike Schwabl*), 10 dienų dalyvavęs *Equinox* bandymuose.

Kuro elementų metodas nenaujas. Jo pagrindinis principas buvo pademonstruotas dar 1839 m. *NASA* kelis dešimtmečius kuro elementus naudojo savo instrumentų aptarnavimui energija kosmose. Nauja yra tik automobilių gamintojų ryžtas didinti tokių automobilių gamybą ir mažinti jos išlaidas.

Kita problema, su kuria susiduria kuro elementais varomi automobiliai, yra ta pati, kuri persekiojo H. Fordą, kai jis reklamavo savo *Model T* automobilį. Kritikai tada tvirtino, kad benzinas yra pavojingas, žmonės žus, patekę į baisias eismo katastrofas, jie sudegs gyvi, automobiliams susidūrus. Be to, jie tvirtino, kad tada vos ne kiekviename miesto kvartale reikės degalinės. Šitaip bauginami, kritikai buvo teisūs. Baisiose eismo katastrofose kasmet žūsta tūkstančiai žmonių, o degalines iš tikrųjų matome vos ne kiekviename žingsnyje. Tačiau automobilių teikiami patogumai ir nauda tokie dideli, kad žmonės nepaiso tų nemalonumų.

Dabar tokie pat argumentai pateikiami prieš kuro elementais varomus automobilius. Sakoma, kad vandenilis yra lakus ir gali sprogti, o vandenilio

ENERGIJOS ATEITIS

degalinių tinklas irgi turi būti labai tankus. Ko gero, tie kritikai ir vėl yra teisūs. Tačiau kai tik bus sukurta vandenilinių kuro elementų infrastruktūra, žmonės pamatys, kad automobiliai su neteršiančiais aplinkos kuro elementais tokie patogūs, kad kritikų nepaisys.

Šiandien visoje Jungtinių Valstijų teritorijoje yra tik 70 kuro elementų degalinių. Kadangi tokio tipo automobiliai, nepasipildę kuro atsargų, gali nuvažiuoti apie 272 km, tai važiuojant reikia rūpestingai stebėti kuro matuoklio rodmenis. Tačiau tokia padėtis tolydžio keisis, ypač jei tokių automobilių kaina pradės mažėti, pradėjus gaminti masiškai ir tobulėjant gamybos technologijai.

Tačiau blogiausia, kad elektra varomų automobilių elektros baterijos negamina energijos iš nieko. Jas pirma reikia pakrauti, o tam naudojamą elektrą dažniausiai gamina akmens anglimis kūrenamos elektrinės. Tad nors elektra varomi automobiliai aplinkos neteršia, jų naudojamos energijos šaltinis galų gale vis tiek yra iškastinis kuras.

Vandenilis energijos negamina – veikia tik perneša. Juk pirmiausia reikia gauti vandenilio dujų. Pavyzdžiui, reikia naudoti elektrą vandeniui suskaidyti į vandenilį ir deguonį. Todėl nors elektra ar kuro elementais varomi automobiliai ir žada ateitį be smogo, vis tiek užkliūva, kad jų naudojama energija daugiausia gaunama iš anglių. Galų gale ir vėl susiduriame su pirmuoju termodinamikos dėsniu, kad bendro medžiagos ir energijos kiekio neįmanoma nei sunaikinti, nei sukurti iš nieko. Neįmanoma už nieką gauti kai ką.

Tad, pereinant nuo benzino prie elektros, akmens anglimis kūrenamas elektrinės reikia pakeisti kitokiomis, naudojančiomis visiškai naujos rūšies energiją.

ATOMO BRANDUOLIO SKALDYMAS

Viena iš galimybių energiją kurti, o ne tik ją perduoti, yra urano branduolio skaldymas. Šio metodo pranašumas tas, kad branduolinė energija negamina daug šiltnamio reiškinių sukeliančių dujų, o tai būdinga akmens anglimis ar nafta kūrenamoms elektrinėms, tačiau dėl techninių ir politinių trukdžių branduolinė energetika keliems dešimtmečiams pateko į keblią padėtį.

Paskutinė branduolinė elektrinė Jungtinėse Valstijose buvo pradėta statyti 1977 m., prieš neįvykusią 1979 m. avariją Trijų Mylių salos branduolinėje

elektrinėje, suluošinusioje komercinės branduolinės energetikos ateitį. Niokojanti 1986 m. katastrofa Černobylio branduolinėje elektrinėje galutinai nusprendė branduolinės energijos likimą visos žmonių kartos amžių apimančiam laikotarpiui. Branduolinių elektrinių projektai buvo sustabdyti Jungtinėse Valstijose ir Europoje, jie buvo leisgyviai ir Prancūzijoje, Japonijoje, Rusijoje, kur išliko daugiausia tik dėl dosnių šių šalių vyriausybės subsidijų.

Branduolinei energijai būdinga, kad, skaldant urano atomus, susidaro labai daug branduolinių radioaktyviųjų atliekų; radioaktyvumas išlieka nuo tūkstančių iki dešimčių milijonų metų. Įprastas 1000 MW galios reaktorius per metus pagamina apie 30 t labai radioaktyvių branduolinių atliekų. Jos tokios radioaktyvios, kad tiesiog švyti tamsoje, ir reikia laikyti specialiuose aušinimo baseinuose. Jungtinėse Valstijose veikia apie 100 komercinių reaktorių, kurie per metus pagamina tūkstančius tonų labai radioaktyvių atliekų.

Šios branduolinės atliekos kelia rūpesčių dėl dviejų priežasčių. Pirma, išlieka karštos ir reaktorių išjungus. Jei jų aušinamo vandens tiekimas atsitiktinai sutrinka, kaip atsitiko Trijų Mylių salos branduolinėje elektrinėje, reaktoriaus branduolys pradeda lydytis. Jei išsilydęs metalas susiduria su vandeniu, susidariusių garų slėgis gali susprogdinti reaktorių, ir daug tonų labai radioaktyvių nuolaužų bus išmesta į orą. Blogiausiu atveju, ištikus IX klasės branduolinei katastrofai, reikėtų nedelsiant evakuoti gal net milijonus gyventojų už 16–80 km nuo reaktoriaus.

Indian Point reaktorius yra tik už 38 km į šiaurę nuo Niujorko. Apytikriais vieno vyriausybės užsakyto tyrimo apskaičiavimais, avarija šiame reaktoriuje galėtų padaryti šimtus milijardų dolerių nuostolių. Trijų Mylių saloje iki didelės katastrofos, nuo kurios būtų smarkiai nukentėjusi šiaurietinė JAV dalis, buvo likusios tik kelios minutės. Jos tik per plauką pavyko išvengti, kai darbininkams pavyko atnaujinti aušinamojo vandens tiekimą, likus tik 30 min iki to momento, kai reaktoriaus branduolio temperatūra būtų pasiekusi urano dioksido lydymosi temperatūrą.

Černobylyje, netoli Kijevo, padėtis buvo daug blogesnė. Apsaugos mechanizmas (valdymo strypai) darbininkų buvo išjungtas rankomis. Leistiną galią truputį viršijus, reaktorius tapo nevaldomas. Kai šaltas vanduo staiga susidūrė su išsilydžiusiu metalu, susidarę garai sukėlė sprogimą, kuris nunešė visą reaktoriaus viršų, į orą išlėkė ir didelė reaktoriaus branduolio dalis.

Daugelis avarijai likviduoti atsiųstų darbininkų vėliau mirė baisia mirtimi nuo jonizuojančiosios spinduliuotės sukeltos spindulinės ligos. Nepavykus užgesinti reaktoriaus, teko pasitelkti karines oro pajėgas. Buvo atsiųsti sraigtasparniai su apsauginiais skydais laistyti degantį reaktorių vandeniu su boro junginiais. Galų gale reaktoriaus branduolį teko uždengti storu betono sluoksniu. Jis lig šiol tebėra nestabilios būsenos, ir toliau tebeskleidžia šilumą bei kenksmingą spinduliuotę.

Be radioaktyvių medžiagų nutekėjimo ir sprogimų, nerimą kelia ir atliekų šalinimas. Kur jas dėti? Deja, net praėjus 50 m. nuo branduolinės energijos naudojimo pradžios, atsakymo į šį klausimą dar nėra. Praeityje buvo padaryta daug brangiai kainavusių klaidų, bandant visam laikui atsikratyti tų atliekų. Iš pradžių Jungtinės Valstijos ir Rusija jas išversdavo į vandenyną ar laidavo negiliose šachtose. Uralo kalnuose 1957 m. viename plutonio atliekų sąvartyne net įvyko katastrofiškas sprogdymas, teko evakuoti daug gyventojų, buvo užteršta apie 1000 km² teritorija tarp Sverdlovsko ir Čeliabinsko.

Iš pradžių, aštuntajame dešimtmetyje, Jungtinės Valstijos labai radioaktyvias atliekas bandė laidoti Lajonse, Kanzaso valstijoje, druskos šachtose. Tačiau vėliau paaiškėjo, kad šios šachtos tam netinka, nes jose yra daug gręžinių, išgręžtų vykdant naftos ir dujų paieškas. Teko uždaryti šią atliekų laidojimo vietą, ir tai buvo apmaudi nesėkmė.

Po to per 25 m. Jungtinės Valstijos išleido 9 mlrd. dol. didžiulio atliekų šalinimo centro Jukos kalnuose Nevados valstijoje tyrimo ir statybos darbams, tačiau prezidentas Barakas Obama (*Barack Obama*) 2009 m. centrą panaikino, nes geologai nustatė, kad ši vieta netinkama radioaktyviosioms atliekoms laikyti 10 000 m. Ši atliekų laikymo vieta jau niekada nebus atidaryta, tad komerciniai branduolinių jėgainių operatoriai taip ir neturi nuolatinės savo atliekų laikymo vietos.

Šiuo metu branduolinės energijos ateitis yra neaiški. Volstritas ir toliau bijo investuoti po kelis milijardus dolerių į kiekvieną naują branduolinę jėgainę. Tačiau šios pramonės šakos atstovai tvirtina, kad naujausios kartos branduoliniai reaktoriai saugesni už ankstesnius. O Energetikos ministerija savo nuomonę apie branduolinę energiją išsakyti delsia.

BRANDUOLINĖS ENERGIJOS PLITIMAS

Tačiau didelė galia susijusi ir su dideliais pavojais. Norvegų mitologijoje vikin-gai garbino Odiną, kuris išmintingai ir teisingai valdė danguje. Valdė daugybę dievų, tarp jų ir didvyriškąjį Torą, kuriam būdinga garbė ir drąsa buvo pačios geidžiamiausios kiekvieno kario savybės. Tačiau tarp tų dievų buvo ir Lokis, blogio dievas, kamuojamas pavydo ir neapykantos. Jis visą laiką rezgė pinkles, buvo didelis apgavysčių ir suktybių meistras. Galų gale susimokė su milžinais surengti lemiamą tamsos ir šviesos jėgų susirėmimą; tai buvo išpūdingasis Ra-gnaroko mūšis, reiškęs dievų saulėlydį.

Šiomis dienomis šalių tarpusavio santykiuose esantis pavydas ir neapy-kanta gali sukelti branduolinį Ragnaroką. Istorija parodė: kai kokia nors šalis įvaldo komercinę branduolinę technologiją, tai ji, kai netrūksta noro ir po-litinės valios, gali atvesti prie branduolinių ginklų. Dabar yra pavojus, kad branduolinių ginklų technologija ras kelią į kai kuriuos iš pačių nestabiliausių pasaulio regionų.

Antrojo pasaulinio karo metu tik pačios didžiausios šalys turėjo išteklių, žinių ir gebėjimų sukurti atominę bombą. Tačiau ateityje slenkstis gali smar-kiai pažemėti, kai, įdiegus naujas technologijas, urano sodrinimo kaina labai sumažės. Taigi iškyla pavojus, kad, atsiradus naujesnėms ir pigesnėms techno-logijoms, atominė bomba gali patekti į nestabilių žmonių rankas.

Svarbiausias dalykas pasigaminti atominei bombai yra gauti daug ura-no rūdos ir tada ją išvalyti: ^{238}U izotopą (sudarantį 99,3 % gamtoje esančio urano) reikia atskirti nuo ^{235}U izotopo, tinkančio gaminti atominę bombą, bet sudarančio tik 0,7 % gamtoje esančio urano. Tie abu izotopai cheminiu atžvilgiu yra identiški, todėl vienintelis būdas patikimai atskirti juos vieną nuo kito – pasinaudoti tuo, kad ^{235}U izotopo masė maždaug 1 % mažesnė už ^{238}U izotopo masę.

Per Antrąjį pasaulinį karą vienintelis būdas atskirti tuos du urano izo-topus buvo daug darbo reikalaujantis dujinės difuzijos būdas. Uranas buvo paverčiamas dujomis (urano heksafluoridu), jos keliaudavo šimtų mylių ilgio vamzdžiais su membranomis. Ilgos kelionės gale greitesnis (t. y. lengvesnis) ^{235}U izotopas lenktynės laimėdavo, o ^{238}U izotopas atsilikdavo. Išekstrahavus dujas su ^{235}U izotopu, šis procesas buvo kartojamas tol, kol izotopo procentas

urano koncentrate nuo 0,7 % padidėdavo iki 90 % – koncentracijos, pakankamos gaminti atominiai bombai.

Tokiam urano apdorojimo procesui reikia daug elektros energijos. Todėl karo metu didelė JAV elektros energijos dalis buvo nukreipiama į Oukridžo nacionalinę laboratoriją šiam tikslui. Urano sodrinimo įrenginys buvo didžiulis, jis užėmė apie 186 000 m², dirbo 12 000 darbininkų.

Po karo tik dvi supervalstybės, Jungtinės Valstijos ir Tarybų Sąjunga, buvo pajėgios sukaupti didelius branduolinių ginklų arsenalus, nes buvo įvaldžiusios dujinės difuzijos metodą. Tačiau šiandien šiuo metodu visame pasaulyje gaunama tik 33 % sodrintojo urano.

Antrosios kartos urano sodrinimo gamyklos naudoja sudėtingesnę, bet pigesnę technologiją – ultracentrifugas. Šis metodas sukėlė didžiulius pokyčius pasaulinėje politikoje. Kapsulę su uranu ultracentrifugos pajėgia sukuti net 100 000 apsisukimų per minutę greičiu. Tai išryškina abiejų urano izotopų masių skirtumą, kuris, kaip minėjome, yra tik 1 %. Tad, sukant kapsulę su uranu ultracentrifugoje, ²³⁸U izotopas galiausiai nusėda ant dugno. Daug kartų kartojant šį procesą, nuo kapsulės viršaus galima nugriebti ²³⁵U izotopą.

Energijos suvartojimo atžvilgiu šis metodas 50 kartų efektyvesnis už dujinės difuzijos metodą. Apie 54 % sodrinto urano pasaulyje gaunama šiuo metodu.

Sodrinant uraną ultracentrifugomis, norint gauti tiek sodrinto urano, kiek reikia pagaminti vienai atominiai bombai, 1000 ultracentrifugų turi būti perstojo veikti vienerius metus. Šio metodo technologiją lengva pavogti. Vieną iš didžiausių branduolinio saugumo pažeidimų pasaulio istorijoje padarė neaiškaus plauko branduolinės energijos specialistas A. Chanas (*A. Q. Khan*), pavogdamas ultracentrifugos ir atominės bombos sudedamųjų dalių brėžinius ir pelningai parduodamas. 1975 m., dirbdamas Amsterdame *Urenco Group* kompanijoje, kurią įkūrė Didžioji Britanija, Vakarų Vokietija ir Nyderlandai Europos reaktoriams aprūpinti uranu, jis tuos slaptus brėžinius perdavė Pakistano vyriausybei, už tai jį paskelbusiai nacionaliniu didvyriu. Įtariama, kad šią įslaptintą informaciją jis pardavė ir Sadamui Huseinui (*Saddam Hussein*) bei Iranui, Šiaurės Korėjos ir Libijos vyriausybėms.

Pasinaudojęs vogta technologija, Pakistanas pasigamino šiek tiek branduolinių ginklų ir pradėjo bandyti 1998 m. Taip prasidėjo branduolinės Pa-

kistano ir Indijos varžytuvės. Jos abi susprogdino po keletą atominių bombų, ir tai vos nesukėlė branduolinės konfrontacijos tarp šių dviejų šalių.

Galimas dalykas, kad, naudodamas iš A. Chano įsigytą technologiją, Iranas, kiek žinoma, paspartino savo branduolinės programos vykdymą: iki 2010 m. pasigamino 8000 ultracentrifugų ir ketina pasigaminti dar 30 000. Tai skatina ir kitas Vidurinių Rytų šalis gamintis atomines bombas, šitaip didinant nestabilumą šiame regione.

Antra priežastis, dėl kurios gali pasikeisti XXI a. geopolitika, yra ta, kad į sceną išeina kita urano sodrinimo technologijos karta – lazerinis sodrinimas, kuris gali būti pigesnis už sodrinimą ultracentrifugomis.

Žiūrint į elektroninius minėtų dviejų urano izotopų apvalkalus, atrodo, kad jie vienodi, nes branduolių krūviai vienodi. Tačiau, labai atidžiai išanalizavus, paaiškėja: izotopų elektroninių apvalkalų energijos truputėlį skiriasi. Švitinant gerai sureguliuotu lazerio spinduliu, galima išmušti elektronus iš elektroninio ^{235}U izotopo apvalkalo, bet išmušti iš ^{238}U izotopo apvalkalo nepavyks. Šitaip jonizavus ^{235}U izotopo atomus, elektros lauku juos nesunku atskirti nuo ^{238}U izotopo atomų.

Tačiau tų dviejų izotopų energijos skirtumas toks mažas, kad daug šalių, bandžiusių tuo pasinaudoti, patyrė nesėkmę. Devintajame–dešimtajame dešimtmetyje Jungtinės Valstijos, Prancūzija, Didžioji Britanija, Vokietija, Pietų Afrika ir Japonija bandė įvaldyti šią sunkią technologiją, bet nesėkmingai. Jungtinėse Valstijose viename tokiaame mėginime dalyvavo 500 mokslininkų, o jis kainavo 2 mlrd. dol.

Tačiau 2006 m. Australijos mokslininkai paskelbė, kad jie ne tik su tuo susitvarkė, bet ir ketina pasipelnyti. 30 % urano, naudojamo branduoliniam kurui, kainos sudaro jo sodrinimo išlaidos, tad Australijos kompanija *Silex* mano, kad ši technologija rinkoje turėtų būti paklausi. Ji net sudarė sutartį su *General Electric* kompanija, kad ši pradėtų komercinimą. Abi kompanijos tiki si: ilgainiui šiuo metodu visame pasaulyje bus gaminama iki $\frac{1}{3}$ viso sodrintojo urano. 2008 m. *GE Hitachi Nuclear Energy* kompanija paskelbė apie savo planus iki 2012 m. Vilmingtone, Šiaurės Karolinos valstijoje, pastatyti pirmąją komercinę lazerinio sodrinimo gamyklą. Ji užims 81 ha plotą 650 ha sklype.⁷

Branduolinei energetikai tai naudinga, nes naujoji sodrinimo technologija per kelerius ateinančius metus sumažins sodrintojo urano kainą. Tačiau

kitiems ši žinia kelia nerimą, nes juk tik laiko klausimas, kada technologija išplis ir į nestabilius pasaulio regionus. Kitaip sakant, reikia išnaudoti galimybę sudaryti susitarimus, ribojančius ir reguliuojančius sodrintojo urano judėjimą. Jei šios technologijos nekontroliuosime, turinčių atominę bombą šalių ratas toliau plės, ji gali patekti net į teroristų grupių rankas.

Tarp mano pažįstamų buvo ir jau velionis Teodoras Teiloras (*Theodore Taylor*), įžymus tuo, kad kūrė Pentagonui kai kurias didžiausias ir mažiausias branduolines kovines galvutes raketoms. Vienas iš jo kūrinių buvo tik 22,5 kg sveriantis raketų paleidimo įtaisas *Davy Crockett*, galintis paleisti į priešą mažą atominę bombą.

T. Teiloras buvo toks branduolinių bombų entuziastas, kad dalyvavo ir *Orion* projekte, kuris planavo naudoti branduolines bombas kaip variklį erdvėlaiviams, norintiems pasiekti artimiausias žvaigždes. Jis apskaičiavo, kad, sprogdinant branduolines bombas vieną po kitos erdvėlaivio gale, sprogo bangos galėtų suteikti erdvėlaivui tokį pagreitį, kad jo greitis priartėtų prie šviesos greičio.

Kartą paklausiau, kodėl nusivylė branduolinių bombų projektavimu ir perėjo dirbti prie saulės energijos naudojimo. Prisipažino: nuolat persekioja košmarai – jautė, kad jo darbai branduolinio ginklo srityje veda prie vieno dalyko – trečiosios kartos branduolinių kovinių galvučių gaminimo. (Šeštajame dešimtmetyje gamintos pirmosios kartos kovinės galvutės buvo labai didelės, ir buvo sunku užtikrinti, kad jos pasieks taikinius. Aštuntajame dešimtmetyje kovinės galvutės buvo mažos, kompaktiškos, priekinėje raketos dalyje buvo galima jų sudėti 10. O trečiosios kartos bombos yra „pagamintos pagal užsakymą“, specialiai sukurtos įvairioms aplinkoms, pavyzdžiui, naudoti miške, dykumoje ar net kosmose.) Viena iš tokių trečiosios kartos bombų yra mažytė, tokia maža, kad koks nors teroristas ją gali nešti nedideliame lagamine ir panaudoti dideliui miestui sugriauti. Mintis, kad jo viso gyvenimo darbu kada nors gali pasinaudoti koks nors teroristas, persekiojo visą gyvenimą.

ŠIMTMEČIO VIDURYS (2030–2070 M.)

GLOBALINIS ATŠILIMAS

Šio šimtmečio viduryje iškastinio kuro ekonomikos poveikis aplinkai atsiskleis visu mastu kaip globalinis atšilimas. Jau neginčytina – Žemė šyla. Per pastarąjį

šimtmetį jos temperatūra pakilo $0,7^{\circ}\text{C}$, o kilimo greitis nuolat didėja. Kur tik pažvelgtume, visur matyti neabejotini to požymiai:

- Vien tik per pastaruosius 50 m. Arktikos ledo storis sumažėjo nepaprastai daug – net 50 %. Didelė Arktikos ledo dalis yra vos vos žemiau užšalimo temperatūros, ir ledas plaukioja vandenyje. Todėl jam įtaką daro net menkiausi vandenynų temperatūros svyravimai, ir jis atlieka kanarėlės anglių šachtoje, perspėjančios apie sprogimo pavojų, vaidmenį. Šiandien Šiaurės ašigalio ledo kepurės dalys vasaros mėnesiais išnyksta, o 2015 m. vasarą ji visa gali išnykti. Šio šimtmečio pabaigoje ledo danga Šiaurės ašigalyje gali išnykti visam laikui, ir tai sugriaus viso pasaulio orų sistemą, nes pasikeis vandenynų ir oro srovės visoje planetoje.
- Grenlandijos ledo klodų plotas 2007 m. sumažėjo 62 km^2 . 2008 m. šis skaičius padidėjo iki 184 km^2 . (Jei ištirptų visas Grenlandijos ledas, jūros vandens lygis visame pasaulyje pakiltų maždaug 6 metrais.)
- Dideli Antarktidos ledo gabalai, dešimtis tūkstančių metų buvę stabilūs, dabar po truputį ima byrėti.⁹ 2000 m. atskilo Konektikuto valstijos dydžio gabalas – $10\,900\text{ km}^2$ ledo. 2002 m. nuo Tvaito ledyno atskilo Rod Ailendo valstijos dydžio ledo gabalas. (Jei ištirptų visas Antarktidos ledas, jūros vandens lygis visame pasaulyje pakiltų maždaug 55 metrais.)
- Vandens lygiui vandenyne pakilus 1 m, jo vanduo užlieja apie 100 m sausumos. Per praėjusį šimtmetį vandens lygis jame pakilo 20 cm daugiausia dėl šiluminio vandens plėtimosi, pakilus jo temperatūrai. Jungtinių Tautų Organizacijos (JTO) duomenimis, iki 2100 m. jūros lygis gali pakilti 18–58 cm. Kai kurie mokslininkai sako, jog JTO pateikiami duomenys per „geri“. Kolorado universiteto Arktikos ir Alpių tyrimo instituto mokslininkai tvirtina: iki 2100 m. jūros lygis gali pakilti 91–183 cm.¹⁰ Taigi mūsų planetos krantų linijos pasikeis.
- Patikimų duomenų apie temperatūras yra nuo XVIII a. pabaigos. 1995, 2005 ir 2010 m. buvo karščiausi iš visų metų nuo to laiko. 2000–2009 m. laikotarpis buvo pats karščiausias dešimtmetis. Labai padidėjo ir anglies dioksido koncentracija ore; ji pasiekė aukščiausią lygį per pastaruosius 100 000 metų.

- Temperatūrai kylant, tropinės ligos pamažu migruoja šiaurės link. Neseniai pastebėtas uodų pernešamo Vakarų Nilo viruso plitimas gali būti pranašas to, ko sulauksime ateityje. JTO pareigūnai ypač bijo maliarijos plitimo šiaurės link. Paprastai daugelio kenksmingų vabzdžių kiaušinėliai žūsta kiekvieną žiemą, kai dirva įšąla. Tačiau, žiemai trumpėjant, pavojingi vabzdžiai neišvengiamai plis šiaurės link.

ANGLIES DIOKSIDAS – ŠILTNAMIO EFEKTĄ SUKELIANČIOS DUJOS

Pasak JTO tarpyvyriausybinės specialistų grupės klimato kaitai tirti, mokslininkai 90 % įsitikinę, kad globalinį atšilimą skatina žmonių veikla, ypač anglies dioksido gaminimasis deginant naftą ir dujas. Saulės šviesa lengvai eina pro anglies dioksidą. Tačiau saulės šviesos įkaitinta Žemė pradeda skleisti infraraudonuosius spindulius, kurie pro anglies dioksidą skverbiasi sunkiau. Taigi saulės šviesos energija negali grįžti į kosminę erdvę, ji įstringa Žemės paviršiuje.

Panašų reiškinį matome ir šiltnamiuose ar automobiliuose. Saulės šviesa įšildo jų orą, kuris pro stiklą negali ištrūkti į lauką.

Kelia nerimą tai, kad susidarančio anglies dioksido kiekis sparčiai didėja, ypač pastarajame šimtetyje. Iki pramonės revoliucijos anglies dioksido koncentracija ore buvo 270 dalių milijone. Šiandien ji padidėjo iki 387 dalių milijone. (1900 m. visas pasaulis suvartojo 150 mln. barelių naftos.¹¹ 2000 m. jos suvartojimas padidėjo iki 28 mlrd. barelių, taigi 185 kartus. 2008 m. dėl iškastinio kuro ir miškų deginimo į atmosferą buvo išmesta 9,4 mlrd. t anglies dioksido, tačiau vandenynai, dirvožemis ir augalija perdirbo tik 5 mlrd. Kita jo dalis taip ir liks ore per ateinančius dešimtmečius ir prisidės prie temperatūros kilimo.)

APSILANKYMAS ISLANDIJOJE

Kad temperatūros kilimas nėra atsitiktinumas, rodo ledynų kerno tyrimai. Giliai įsigręžus į senąją Arktikos ledą, mokslininkams pavyko iš jo išgauti tūkstančių metų senumo oro burbuliukų. Cheminė jų analizė leidžia nustatyti atmosferos temperatūrą ir anglies dioksido koncentraciją joje net iki 600 000 m. nuo šių dienų, o netrukus bus galima nustatyti ir oro ypatybes, buvusias prieš 1 000 000 metų.

Turėjau progos tai stebėti savo akimis. Kartą skaičiau paskaitą Islandijos sostinėje Reikjavike ir turėjau galimybę apsilankyti Islandijos universitete, kur analizuojami ledyno kernai. Lėktuvui leidžiantis Reikjavike, iš pradžių matyti tik sniegas ir dantytos uolos; tai primena niūrų Mėnulio kraštovaizdį. Nors šios arktinės vietovės plikos, be augalijos ir atrodo grėsmingai, tačiau tai puiki vieta nagrinėti klimatą, buvusį mūsų Žemėje prieš šimtus tūkstančių metų.

Kai apsilankiau laboratorijoje, kurioje palaikoma žemesnė už nulį temperatūra, turėjau eiti pro storas šaldytuvo duris. Atsidūręs viduje, pamačiau daugybę stelažų su ilgais metaliniais vamzdžiais – apie 4 cm skersmens ir apie 3 m ilgio. Kiekvienas vamzdis giliai įsigrėžęs į ledą. Įsiskverbęs vamzdžio vidų užpildė sniegas, iškritęs prieš tūkstančius metų. Vamzdžius pašalinus, galėjau kruopščiai apžiūrėti jų viduje buvusį ledą. Geriau įsižiūrėjęs, pamačiau, kad jis juostuotas, su plonomis įvairių spalvų juostelėmis.

Mokslininkai taiko įvairius būdus ledo amžiui nustatyti. Kai kuriuose jo sluoksniuose yra liekanų, rodančių svarbius įvykius; pavyzdžiui, tai gali būti pelenai, išmesti į atmosferą išsiveržusio ugnikalnio. Kadangi išsiveržimų datos nustatytos labai tiksliai, reliktai padeda nustatyti ledo sluoksnio amžių.

Kernai vėliau supjaustomi į plonus griežinėlius, kad būtų galima tirti nuodugniau. Pažvelgęs į jį pro mikroskopą, pamačiau mažyčius, mikroskopinius burbuliukus. Net pašiurpau, supratęs, kad žiūriu į burbuliukus, į ledą patekusius prieš dešimtis tūkstančių metų, kai civilizacijos dar apskritai nebuvo.

Nustatyti anglies dioksido kiekį kiekviename burbuliuke nesunku. Sunkiau apskaičiuoti, kokia buvo oro temperatūra ledui susidarant. (Tam tikslui mokslininkai analizuoja burbuliuko vandenį. Vandens molekulėse gali būti įvairių vandenilio izotopų. Temperatūrai krintant, vandens molekulės, turinčios sunkiojo vandenilio izotopą, kondensuojasi greičiau už molekules, turinčias paprastą, lengvąjį vandenilio izotopą. Todėl, matuojant sunkiojo vandenilio izotopo kiekį, galima nustatyti vandens molekulės kondensacijos temperatūrą.)

Išanalizavę tūkstančius ledo kernų, mokslininkai padarė kai kurias svarbias išvadas. Jie nustatė, kad temperatūra ir anglies dioksido koncentracija kito vienodai daug tūkstančių metų. Vieno iš jų kreivei kylant ar krintant, tą patį darė ir kita kreivė.

Tačiau svarbiausia, ką nustatė – temperatūra ir anglies dioksido kiekis staigiai padidėjo kaip tik pastarąjį šimtmetį. Tai labai neįprasta, nes dauguma pokyčių vyksta pamažu, per tūkstančius metų. Mokslininkai sako, kad toks neįprastas šuolis – ne natūralaus šiltėjimo dalis, o tiesioginės žmonių veiklos rodiklis.

Yra ir kitokių būdų parodyti, kad šis staigus šuolis sukeltas žmonių veiklos, o ne natūralių procesų. Kompiuterinis modeliavimas jau taip toli pažengęs, kad įmanoma modeliuoti Žemės temperatūrą, atsižvelgiant ir neatsižvelgiant į žmogaus veiklą. Jei nebūtų anglies dioksido gaminančios civilizacijos, temperatūros kreivė būtų gana plokščia. Tačiau, pridėjus žmonių veiklą, atsiranda staigių pakilimų ir temperatūros, ir anglies dioksido kreivėse. Kompiuteriniu modeliavimu prognozuojami grafikų pakilimai puikiai sutampa su tikraisiais pakilimais.

Pagaliau galima išmatuoti ir saulės šviesos kiekį, pasiekiantį kiekvieną kvadratinį Žemės paviršiaus metrą; mokslininkai taip pat moka apskaičiuoti šilumos kiekį, kurį Žemė atspindi į kosmosą. Normaliu atveju reikėtų laukti, kad abu šie kiekiai bus lygūs: sąnaudos lygios išėigai. Tačiau iš tikrųjų yra saulės energijos perteklius, kuris šiuo metu kelia Žemės temperatūrą. Jei apskaičiuosime, kiek energijos sukuria žmonių veikla, ir gautą skaičių palyginsime su pertekliumi, ir vėl teks konstatuoti puikų atitikimą. Taigi žmonių veikla yra dabartinio temperatūros kilimo Žemėje priežastis.

Deja, net jei ir pavyktų staiga nutraukti tolesnį anglies dioksido gamimą, jo kiekio, kuris jau buvo išmestas į atmosferą, pakaktų, kad dar kelis dešimtmečius globalinis atšilimas tęstųsi.

Dėl to šio šimtmečio viduryje padėtis galėtų būti bloga.

Mokslininkai prikūrė scenarijų, kaip mūsų pakrančių miestai atrodys šio šimtmečio viduryje ir vėliau, jei jūros lygis kils. Tada jie gali visai išnykti. Didelę Manhatano dalį reikėtų evakuoti, Volstritas atsidurtų po vandeniu. Vyriausybėms tektų spręsti, kuriuos iš didžiųjų miestų ir sostinių verta gelbėti, o kurie yra beviltiški. Kai kuriuos galbūt pavyktų išgelbėti sudėtingu pylimų ir šliuzų deriniu. Kitus galėtų būti nuspręsta laikyti beviltiškais ir leisti dingti po vandenynų; tai sukeltų masinę migraciją. Kadangi dauguma prekybinių ir gyvenamųjų pasaulio centrų yra prie vandenynų, tai galėtų pražūtingai paveikti pasaulio ekonomiką.

Net jei kai kuriuos miestus ir būtų galima išgelbėti, vis tiek išliktų pavojus, kad per dideles audras bangos galėtų įsiveržti į miestą ir paralyžiuoti jo infrastruktūrą. Pavyzdžiui, 1992 m. didžiulės audros bangos užliejo Manhata-ną, paralyžiavo metro ir traukinių judėjimą Niu Džersio kryptimi. Vandeniui užliejus transporto arterijas, ekonominė veikla staigiai sustoja.

BANGLADEŠO IR VIETNAMO UŽTVINDYMAS

Tarpvyriausybės specialistų grupės klimato kaitai tirti ataskaitoje išskiria-mi trys galimų didelių gaivalinių nelaimių rajonai – Bangladešas, Vietnamo Mekongo delta ir Nilo delta Egipte.

Blogiausia padėtis Bangladeše, kur audros nuolat sukelia potvynių, ne-reikia nė globalinio atšilimo. Didžiąją šios šalies dalį sudaro žema lyguma, mažai tepakilusi virš jūros lygio. Nors per kelis pastaruosius dešimtmečius ši šalis padarė nemažą pažangą, tačiau vis tiek tebėra viena iš skurdžiausių šalių pasaulyje, o gyventojų tankumas irgi vienas iš didžiausių. (Gyvena 161 mln. žmonių, maždaug tiek, kiek ir Rusijoje, bet teritorija 120 kartų mažesnė.) Jei jūros lygis pakils tik 90 cm, 50 % šalies teritorijos atsidurs po vandeniu.

Gaivalinių nelaimių čia įvyksta vos ne kasmet, bet 1998 m. rugsėjį pa-saulis su siaubu stebėjo tai, kas čia gali tapti įprastu dalyku. Didžiulis potvynis užliejo $\frac{2}{3}$ šalies, per labai trumpą laiką net 30 mln. žmonių palikdamas be pastogės. 1000 žmonių žuvo, sugadinta 9600 km kelių. Tai buvo viena iš di-džiausių gaivalinių nelaimių naujųjų laikų istorijoje.

Kita šalis, kuri labai nukentėtų nuo jūros lygio pakilimo, yra Vietnamas. Pavojus ypač gresia Mekongo deltai. Šio šimtmečio viduryje šiai šaliai, turinčiai 87 mln. gyventojų, gali grėsti svarbiausio žemės ūkio produkciją gaminančio re-giono žlugimas. Pusė ryšių Vietname užauginama Mekongo deltoje, joje gyvena 17 mln. žmonių, bet, kylant jūros lygiui, didelė dalis būtų po vandeniu.

Pasaulinio banko duomenimis, jei jūros lygis iki šio šimtmečio vidurio pakiltų 90 cm, 11 % šalies gyventojų būtų priversti išsikelti kitur. Mekongo deltą užlietų sūrus vanduo ir visam laikui sugadintų derlingas šio regiono že-mes. Jei milijonai žmonių dėl potvynio būtų priversti palikti namus, daugelis jų ieškotų prieglobsčio Ho Ši Mino mieste, tačiau $\frac{1}{4}$ jo irgi atsidurtų po van-deniu.

2003 m. Pentagonas užsakė tyrimus, kuriuos atliko *Global Business Network* kompanija. Jie parodė, kad pagal blogiausią scenarijų dėl globalinio atšilimo visą pasaulį galėtų apimti suirutė. Milijonams pabėgėlių, nepaisant valstybių sienų, vyriausybės galėtų netekti valdžios ir žlugtų; tada išplistų plėšikavimas, maištavimas, kultų sąmyšis. Tokiomis beviltiškomis aplinkybėmis šalys, gresiant milijonų apimtų nevilties pabėgėlių įsiveržimui, galėtų griebtis net branduolinių ginklų.

„Įsivaizduokite, kad Pakistanas, Indija ir Kinija – visos trys, turinčios branduolinius ginklus – pradės peštis pasienyje dėl pabėgėlių, bendrų upių naudojimo ar dirbamosios žemės“, – rašoma tyrėjų ataskaitoje.¹² Piteris Švarcas (*Peter Schwartz*), *Global Business Network* kompanijos įkūrėjas ir pagrindinis Pentagono užsakytų tyrimų ataskaitos autorius, mane supažindino su tokio scenarijaus detalėmis. Jis sakė, kad pavojingiausias rajonas bus Indijos siena su Bangladešu.

Didelės krizės Bangladeše atveju iki 160 mln. žmonių galėtų būti privers-ti palikti namus, ir tai sukeltų vieną iš didžiausių migracijų žmonijos istorijoje. Jei valstybių sienos žlugtų, vietiniai valdžios organai būtų suparalyžiuoti, ir jei kultų masinių riaušių, šalys kaip paskutinės priemonės galėtų griebtis net branduolinio ginklo.

Pagal blogiausią scenarijų mus gali ištikti pats save palaikantis šiltnamio efektas. Pavyzdžiui, tirpstant amžinajam įšalui Arkties regiono tundrose, pūvanti augalija gali išskirti milijonus tonų metano. Tundra Šiaurės pusrutulyje užima beveik 23 mln. km², ir joje yra augalijos liekanų nuo paskutinio aple-dėjimo prieš dešimtis tūkstančių metų laikų.

Tundroje anglies dioksido ir metano yra daugiau nei atmosferoje, ir tai di-džiulė grėsmė pasaulio orams. Be to, metano dujų šiltnamio efektas daug dides-nis negu anglies dioksido. Metanas atmosferoje išlieka ne taip ilgai, kaip anglies dioksidas, bet jo daroma žala daug didesnė. Dėl didelių metano kiekių išsiskyri-mo, tundros įšalui tirpstant, temperatūra galėtų pradėti sparčiai kilti; dėl to me-tano išsiskirtų dar daugiau, ir prasidėtų nesuvaldomas globalinio atšilimo ciklas.

TECHNINIAI GELBĖJIMOSI BŪDAI

Padėtis tikrai bloga, bet dar nepasiekėme taško, kai kelio atgal jau nebėra. Šilt-namio efektą sukeliančių dujų valdymas yra daugiau ekonominio ir politinio, o ne techninio pobūdžio. Anglies dioksido gaminimasis sutampa su ekonomine

veikla, taigi su turtu. Pavyzdžiui, Jungtinės Valstijos išskiria apie 25 % visame pasaulyje susidarancio anglies dioksido. Taip yra dėl to, kad joms tenka ir apie 25 % viso pasaulio ekonominės veiklos. 2009 m. Kinija pralenkė Jungtines Valstijas, gamindama šiltnamio dujas, daugiausia dėl labai spartaus ekonomikos augimo. Tai ir yra svarbiausia priežastis, kodėl šalys taip nenoriai imasi globalinio atšilimo klausimo: ji trukdo ekonominei veiklai ir klestėjimui.

Yra prigalvota daug būdų, kaip spręsti šią globalinę krizę, bet apskritai greitų pakoregavimų šioje srityje gali nepakakti. Reikėtų iš esmės pakeisti energijos naudojimo būdą. Rimti mokslininkai jau pasiūlė kelis techninius būdus, bet nė vienas iš jų nesusilaukė plataus pripažinimo. Iš tų siūlymų galima paminėti tokius:

- **Teršalų išleidimas į atmosferą.** Vienas iš siūlymų – leisti raketas į viršutinius atmosferos sluoksnius, kur jos išleistų teršalus, sakykime, sieros dioksidą, kad jie atspindėtų saulės šviesą į kosmosą ir atvėsintų Žemę. Tiesą sakant, Nobelio premijos laureatas Polas Krucenas (*Paul Crutzen*) palaikė šią idėją kaip priemonę „pasaulio pabaigai“ atitolinti, suteikiančią žmonijai galimybę sustabdyti globalinį atšilimą.

Šios idėjos ištakų reikia ieškoti 1991 m., kai mokslininkai atidžiai stebėjo didžiulį Pinatubo ugnikalnio Filipinuose išsiveržimą, per kurį į viršutinius atmosferos sluoksnius buvo išmesta 10 mlrd. t vulkaninių pelenų ir nuolaužų. Jie užtemdė dangų, ir vidutinė temperatūra visame Žemės rutulyje nukrito 0,55 °C. Tai sudarė galimybę apskaičiuoti, kiek teršalų reikėtų Žemės temperatūrai numušti.

Nors siūlymas vertas dėmesio, kai kurie jo kritikai abejoja, ar pats savaime tai išspręstų. Mažai težinoma, kaip dideli teršalų kiekiai paveiktų Žemės temperatūrą. Galbūt nauda būtų tik trumpalaikė, o neplanuoti šalutiniai padariniai galėtų būti blogesni už patį stabdį.

Pavyzdžiui, šiam ugnikalniui išsiveržus, staiga visame pasaulyje sumažėjo kritulių kiekis. Tad toks nepavykęs eksperimentas galėtų sukelti dideles sausras. Apskaičiavimai rodo, kad bandymams lauko sąlygomis atlikti reikėtų 100 mln. dol. Kadangi sulfatinių aerozolių poveikis yra tik laikinas, norint juos reguliariai dideliais kiekiais siųsti į atmosferą, reikėtų skirti ne mažiau kaip po 8 mlrd. dol. per metus.

- **Paskatinti dumblių žydėjimą.** Kitas siūlymas – versti į vandenyną geležies turinčias chemines medžiagas. Pradėtų žydėti dumbliai, o tai savo ruožtu didintų jų absorbuojamo anglies dioksido kiekį. Tačiau kai Kalifornijoje įsikūrusi *Planktos* korporacija paskelbė apie savo privačią iniciatyvą vienašališkai pradėti tręšti dalį Pietų Atlanto geležimi, tikėdamasi šitaip pasiekti, kad planktonas sužydėtų ir absorbuotų ore esantį anglies dioksidą, šalys, pasirašiusios Londono Konvenciją, reguliuojančią įvairių medžiagų laidojimą jūrose, dėl tokių planų išreiškė susirūpinimą.¹³ Taip pat grupė JTO šalių siūlė tokiems eksperimentams paskelbti laikiną moratoriumą. Tas eksperimentas pasibaigė savaime, kai *Planktos* korporacija pritrūko lėšų.
- **Anglies izoliavimas.** Dar viena galimybė – izoliuoti anglį. Tai procesas, kai anglies dioksidas, išmetamas iš akmens anglimis kūrenamų elektrinių, yra suskystinamas ir atskiriamas nuo aplinkos, sakysime, laidojamas žemėje. Nors iš esmės tai daryti turėtų būti įmanoma, tačiau labai brangu, be to, negalima pašalinti anglies dioksido, jau esančio atmosferoje. 2009 m. inžinieriai atidžiai stebėjo pirmą didelį anglies izoliavimo bandymą. Didžiulė *Mountaineer* šiluminė elektrinė, pastatyta 1980 m. Vakarų Virdžinijoje, buvo pertvarkyta taip, kad atskirtų anglies dioksidą nuo aplinkos. Tai buvo pirmoji Jungtinėse Valstijose anglimi kūrenama elektrinė, vykdanči anglies izoliavimo eksperimentą. Suskystintos dujos turėjo būti pumpuojamos į dolomito sluoksnį 2380 m gylyje.¹⁴ Skystas anglies dioksidas ten turėjo sudaryti 9–13 m storio ir 100 m ilgio sluoksnį. Elektrinės savininkė *American Electric Power* kompanija planuoja 2–5 m. kasmet šitaip palaidoti po 100 000 t anglies dioksido. Tai sudaro tik 1,5 % elektrinės metinės emisijos, tačiau ilgainiui sistema galėtų apimti iki 90 % viso čia išsiskiriančio anglies dioksido. Pradinės išlaidos buvo apie 73 mln. dol. Sėkmės atveju metodas galėtų sparčiai paplisti ir, pavyzdžiui, jį galėtų taikyti ir netoli esančios keturios didžiulės akmens anglimis kūrenamos elektrinės, kurių bendra galia 6 mlrd. W (tai yra tiek daug, kad ši vietovė vadinama Megavatinio slėniu). Tačiau tebelieka daug nežinomųjų: neaišku, ar palaidotas anglies dioksidas ilgainiui nemigruos, ar nesijungs su vandeniu ir nesudarys

anglies rūgšties, galinčios užteršti požeminius vandenis. Tačiau jei ši projektą lydėtų sėkmė, jis galėtų tapti sudedamąja technologijų, taikomų kovoti su globaliniu atšilimu, mišinio dalimi.

- **Genų inžinerija.** Dar vienas siūlymas – panaudoti genų inžineriją sukurti tokioms gyvybės formoms, kurios sugertų didelius anglies dioksido kiekius. Vienas iš uolių šio metodo propaguotojų yra Kreigas Venteris (*Craig Venter*). Jis išgarsėjo ir praturtėjo, pirmasis pradėjęs taikyti greituosius genų sekos nustatymo metodus, leidusius daug metų anksčiau planuoto laiko nustatyti žmogaus genomą. „Į genomą žiūrime kaip į ląstelės programą ar gal net kaip į operacinę jos sistemą“, – sako jis.¹⁵

Jo tikslas – programą pakeisti taip, kad mikrobus būtų galima genetiškai modifikuoti ar netgi kurti beveik nuo nulio, kad jie sugertų akmens anglimis kūrenamose elektrinėse išsiskiriantį anglies dioksidą ir paverstų naudingomis medžiagomis – gamtinėmis dujomis.

Jis sako: „Mūsų planetoje yra jau tūkstančiai, o gal net milijonai organizmų, mokančių tai daryti.“ Reikia juos tik taip modifikuoti, kad padidintų našumą ir gerai jaustųsi anglimis kūrenamoje elektrinėje. „Manome, ši sritis turi didžiules potencialias galimybes pakeisti naftos chemijos pramonę gal net per 10 metų.“

Fizikas iš Prinstono universiteto Frymanas Daisonas (*Freeman Dyson*) palaiko kitą variantą: genų inžinerijos būdu reikia kurti modifikuotus medžius, absorbuojančius anglies dioksidą. Jis pareiškė, kad reikiamo lygio anglies dioksido koncentracijai ore palaikyti turėtų pakakti maždaug trilijono medžių. Straipsnyje „Ar įmanoma reguliuoti anglies dioksido kiekį atmosferoje?“ raginama iš greitai augančių medžių kurti „anglies banką“ anglies dioksido lygiui ore reguliuoti.¹⁶

Tačiau kaip ir bet kokiuose planuose taikyti genų inžineriją dideliais mastais reikia saugotis šalutinių padarinių. Gyvybės formų neatšauksi taip lengvai, kaip atšaukiami brokuoti automobiliai. Išleistos į aplinką genetiškai modifikuotos gyvybės formos nenumatytu būdu gali paveikti kitas gyvybės formas, ypač jei jos pakeis vietines augalų formas ir sujauks mitybos grandinių pusiausvyrą.

Deja, politikai aiškiai nerodė noro finansuoti nė vieno tų planų. Tačiau ateis diena, kai globalinis atšilimas taps toks skausmingas ir griau-nantis, kad jie bus priversti kai kuriuos įgyvendinti.

Kritinis laikotarpis bus keli artimiausi dešimtmečiai. Šio šimtmečio viduryje turėtume gyventi jau vandenilio amžiuje. Tada, naudodama termobranduolinę sintezę, saulės energiją ir kitus atsinaujinančiuosius energijos šaltinius, ekonomika bus kur kas mažiau priklausoma nuo iškastino kuro.

Rinkos jėgų ir vandenilio technologijos pažangos derinys gali padėti ilgam laikui įveikti globalinį atšilimą. Pavojingiausias laikotarpis yra dabar, kol vandenilio ekonomika dar nesukurta. Artimiausiu metu iškastinis kuras tebeliks pigiausias energijos generavimo būdas, todėl globalinis atšilimas ir artimiausiais dešimtmečiais tebekels pavojų.

TERMOBRANDUOLINĖS SINTEZĖS ENERGIJA

Iki šio šimtmečio vidurio iškils naujas energijos šaltinis, pakeisiantis žaidimo taisykles – termobranduolinė sintezė. Tuo metu ji turėtų būti perspektyviausia iš visų energijos gavimo būdų ir įsitvirtintų galutinai. Branduolių skilimo energija remiasi urano atomų skilimu, kai išsiskiria energija (ir daug branduolinių atliekų), o termobranduolinės sintezės energija remiasi vandenilio atomų susijungimu, išsiskiriant dideliems šilumos kiekiams; taip išsiskiria dar daugiau energijos (ir labai mažai atliekų).

Ne taip, kaip branduolių skilimo energija, termobranduolinė sintezė išlaisvina Saulės energiją. Vandenilio atomo gelmėse slypinti energija yra Visatos energijos šaltinis. Termobranduolinės sintezės energija įžiebia saulę danguje, ji yra žvaigždžių energijos šaltinis. Kam pavyks sėkmingai įvaldyti šią energiją, tas turės neribotus amžinos energijos kiekius. O kuras termobranduolinės sintezės elektrinėms – jūros vanduo. Termobranduolinės sintezės metu jis išskiria 10 mln. kartų daugiau energijos negu benzinas. $\frac{1}{4}$ l stiklinėje vandens yra daugiau energijos, negu jos turi 500 000 barelių naftos.¹⁷

Termobranduolinė sintezė (o ne branduolių skaldymas) yra būdas, kuriam gamta teikia pirmenybę Visatą aprūpinti energija. Susidarant kokiai nors žvaigždei, daug vandenilio turintis dujų kamuolys yra pamažu suspaudžiamas

gravitacijos jėgų, kol temperatūra jo viduje pakyla iki neregėtų dydžių. Kai ji pasiekia apie 50 mln. laipsnių (tikslus skaičius priklauso nuo konkrečių sąlygų), vandenilio atomų branduoliai dujų kamuolyje susiduria tarpusavyje ir susilieja – susidaro helis. Išsiskiria dideli kiekiai energijos, ir dujos užsidega. (Tiksliau, slėgis turi tenkinti vadinamąjį Losono, pagal kurį tam tikro tankio vandenilio dujas reikia suspausti tiek, kad pasiektų tam tikrą temperatūrą tam tikram laikui. Patenkinus tris – tankio, temperatūros ir laiko – sąlygas, vyksta termobranduolinės sintezės reakcija vandenilinėje bomboje arba termobranduolinės sintezės reaktoriuje.)

Taigi esmė tokia: vandenilio dujas kaitinant ir spaudžiant tol, kol ims lietus branduoliai, susidaro didžiuliai energijos kiekiai.

Tačiau visi ankstesni mėginimai įkinkyti šią energiją buvo nesėkmingi. Vėlniškai sunku įkaitinti vandenilio dujas iki dešimčių milijonų laipsnių, kol protonai pradės susiliesti, susidarys helio dujų, ir išsiskirs didžiuliai kiekiai energijos.

Be to, plačioji visuomenė nebetiki mokslininkų pareiškimais šiuo klausimu, nes jie kas 20 m. tvirtina, jog po 20 m. tą energiją jau turėsime. Tačiau po daug dešimtmečių trukusių per daug optimistinių pareiškimų vis labiau stiprėja fizikų įsitikinimas, kad termobranduolinės sintezės energija pagaliau ateina, greičiausiai pasirodys apie 2030 metus. Apie šio šimtmečio vidurį termobranduolinės sintezės elektrinės gali paplisti visoje šalyje.

Plačioji visuomenė turi teisę termobranduolinę sintezę vertinti skeptiškai, nes praeityje buvo labai daug apgaulingų pranešimų, sukybių ir nesėkmių. Štai 1951 m., kai Jungtinės Valstijos ir Tarybų Sąjunga buvo apimtos Šaltojo karo ginklavimosi varžybų ir karštligiškai kūrė savo pirmąsias vandenilines bombas, Argentinos prezidentas Chuanas Peronas (*Juan Perón*) su dideliu reklaminiu triukšmu ir žiniasklaidos akcijomis paskelbė, kad jo šalies mokslininkai pasiekė proveržį Saulės energijos įvaldymo srityje.

Tai sukėlė tikrą reklaminių audrą. Nors šia žinia buvo sunku patikėti, ji vis tiek pasirodė populiariojo *New York Times* dienraščio pirmame puslapyje. Ch. Peronas gyrėsi, kad Argentina išsiveržė į priekį toje mokslo srityje, kurioje supervalstybės patyrė nesėkmę. Niekam nežinomas vokiškai kalbantis mokslininkas Ronaldas Richteris (*Ronald Richter*) įkalbėjo Ch. Peroną finansuoti jo „termotroną“, kuris Argentinai žadėjo neribotus kiekius energijos ir amžiną šlovę.

Amerikos mokslo bendruomenė, kuri tebesigrūmė su termobranduolinės sintezės paieška, karštingai lenktyniaudama su Rusija, kuriai iš jų pirmai pavyks pasigaminti vandenilinę bombą, pareiškė, kad tokia žinia yra nesąmonė. Atominės energijos specialistas Ralfas Lapas (*Ralph Lapp*) sakė: „Žinau, kokią medžiagą argentiniečiai naudojo. Tai kvailystė.“¹⁸

Spauda kaipmat tai pradėjo vadinti Kvailystės bomba. Atominės energijos specialisto Deivido Lylientalio (*David Lilienthal*) paklausus, ar yra nors „menkiausia galimybė“, kad argentiniečių pranešimas gali būti teisingas, atšovė: „Nėra net tokios.“¹⁹

Patirdamas intensyvų spaudimą, Ch. Peronas vis tiek atsisakė pakeisti savo nuomonę ir leido suprasti: supervalstybės pavydi Argentinai, kad ji pirmoji paskelbė šią sensacingą naujieną. Tiesa galutinai išaiškėjo kitais metais, kai Ch. Perono atstovai apsilankė R. Richterio laboratorijoje. Priremtas prie sienos, pastarasis ėmė elgtis vis keisčiau ir nelogiškiau. Inspektoriams atvykus, atidarė laboratorijos duris, paleidęs dujas iš deguonies balionų, ant popieriaus lapo iškeverzojo žodžius „Atominė energija“ ir liepė į reaktorių įpilti parako. Buvo nuspręsta, kad jis greičiausiai yra išprotėjęs. Kai inspektoriai šalia R. Richterio „radiacijos skaitiklio“ padėjo gabalėlį radžio, šis į tai niekaip nesureagavo, taigi tapo aišku, kad jo aparatūra apgavikiška. R. Richteris netrukus buvo suimtas.

Tačiau labiausiai išgarsėjo Stenlio Ponso (*Stanley Pons*) ir Martino Fleišmano (*Martin Fleischmann*) atvejis. Šie du gerbiami Jutos universiteto mokslininkai 1989 m. paskelbė įvaldę „šaltos termobranduolinės sintezės“, kitaip sakant, termobranduolinės sintezės kambario temperatūroje būdą. Jie aiškino, kad paladis, panardintas į vandenį, kažkokiu paslaptingu būdu taip suspaudė vandenilio atomus, kad jie susiliejo, sudarė helio atomus ir čia pat, tiesiog ant stalo, sukūrė saulės energiją.

Ši žinia trenkė kaip perkūnas. Beveik visi pasaulio laikraščiai apie ją pranešė savo pirmuose puslapiuose. Žurnalistai tučtuojau ėmė kalbėti apie energijos krizės pabaigą ir naujojo neribotos energijos amžiaus pradžią. Viso pasaulio žiniasklaidą apėmė vis stiprėjantis entuziazmas. Jutos valstija skyrė 5 mln. dol. Nacionaliniam šaltosios termobranduolinės sintezės institutui kurti. Net Japonijos automobilių gamintojai pradėjo skirti milijonus dolerių tyrimams šioje naujoje aktualioje srityje skatinti. Apie šaltosios termobranduolinės sintezės idėją pradėjo formuotis panašus į sektą jos rėmėjų ratas.

Atvirkščiai nei R. Richteris, S. Ponsas ir M. Fleišmanas buvo gerbiami mokslo bendruomenės nariai, jie savo rezultatais mielai dalijosi su kitais, išsamiai aprašė savo aparatūrą ir gautus duomenis, kad galėtų susipažinti visas pasaulis.

Tačiau tada padėtis ėmė keistis. Kadangi aparatūra buvo labai paprasta, grupės žmonių visame pasaulyje bandė pakartoti tuos nuostabius rezultatus. Deja, daugumai jų nepavyko užfiksuoti jokio grynosios energijos išsiskyrimo, ir jos paskelbė, kad šis metodas veda į aklavietę. Tačiau ši istorija tuo nesibaigė, nes retkarčiais vis dar pasirodo žinių, kad kai kurioms grupėms pavyko sėkmingai pakartoti šį eksperimentą.

Pagaliau lemiama žodį tarė fizikų bendruomenė. Fizikai išanalizavo S. Ponso ir M. Fleišmano lygtis ir rado trūkumų. Pirma, jei jų teiginiai būtų iš tikrųjų teisingi, tai iš vandens stiklinės būtų išsiveržęs toks neutronų srautas, kad mokslininkai būtų žuvę vietoje. (Tipiškoje termobranduolinės sintezės reakcijoje du vandenilio atomų branduoliai trenkiasi vienas į kitą ir susilieja, sudarydami helio atomo branduolį; kartu išsiskiria neutronas ir daug energijos.) Todėl jau vien tas faktas, kad jie liko gyvi, reiškė: šis eksperimentas nepavyko.

Jei jų eksperimentai būtų sukėlę termobranduolinę sintezę, tai jie dabar gulėtų mirties patale dėl radiacinių nudegimų. Antra, labiau panašu, kad S. Ponsas ir M. Fleišmanas susidūrė ne su termobranduoline, o su chemine reakcija. Ir pagaliau, fizikų nuomone, paladis negali taip suartinti vandenilio atomų, kad jie susiliėtų į helio atomą. Tai pažeistų kvantinės teorijos dėsnius.

Tačiau ginčai nesibaigė, jie tęsiasi iki šiol. Vis dar pasitaiko pranešimų, kad kažkam pavyko pasiekti šaltąją termobranduolinę sintezę. Tačiau niekas negali jos patikimai įvykdyti pagal užsakymą. Galų gale, kokia būtų prasmė gaminti tokius automobilių variklius, kurie veiktų tik kai kada? Mokslas remiasi tokiais rezultatais, kuriuos bet kada galima pakartoti, patikrinti, falsifikuoti.

KARŠTOJI TERMOBRANDUOLINĖ SINTEZĖ

Tačiau termobranduolinės sintezės metu išsiskiriančios energijos patrauklumas toks didelis, kad daugelis mokslininkų į ją negali nekreipti dėmesio.

Pavyzdžiui, termobranduolinės sintezės tarša labai maža. Jos energija yra palyginti švari – tai gamtos pasirinktas būdas Visatą aprūpinti energija. Vienas iš šalutinių termobranduolinės sintezės produktų yra helio dujos, turinčios komercinės vertės. Kitas šalutinis produktas yra radioaktyvus sintezės kameros plienas, kurį galų gale reikės kažkur palaidoti. Jis truputį pavojingas tik kelis dešimtmečius. O apskritai termobranduolinės sintezės elektrinė gamina tik nedaug branduolinių atliekų, palyginti su įprastine urano skilimu besiremiančia elektrine (joje per metus susidaro 30 t labai radioaktyvių atliekų, kurios liks radioaktyvios nuo tūkstančių iki dešimčių milijonų metų.)

Termobranduolinės sintezės elektrinėse nėra ir reaktoriaus išsilydimo nuo perkaitimo pavojaus. Urano skilimu besiremiančios elektrinės kaip tik dėl to, kad jų reaktoriuose yra tonos labai radioaktyvių atliekų, išskiria daug šilumos net ir reaktorius išjungus. Kaip tik ta šiluma gali išlydyti plieną, kuris, susilietęs su požeminiu vandeniu, gali sukelti garų sprogimą ir filme „Kinijos sindromas“ (*The China Syndrome*) pavaizduotą tokios branduolinės katastrofos baisumą.

Termobranduolinę sintezę taikančios elektrinės būtų saugesnės dėl savo savybių. Perkaitęs termobranduolinės sintezės reaktorius išsilydyti negalėtų. Pavyzdžiui, jei kas nors išjungtų jo magnetinį lauką, įkaitusi plazma atsitrenktų į kameros sienas, ir termobranduolinė sintezė iš karto sustotų. Taigi tokia elektrinė, kilus avarijai, ne sukeltų nevaldomą grandininę reakciją, o išsijungtų pati.

„Net jei tokia elektrinė būtų sulyginta su žeme, jonizuojančiosios spinduliuotės lygis už kilometro nuo jos būtų toks žemas, kad žmonių evakuoti nereikėtų“, – sako Farokas Nadžmabadis (*Farrokh Najmabadi*), vadovaujantis Kalifornijos universiteto San Diego Energijos tyrimų centrui.²⁰

Nors komercinė termobranduolinės sintezės energija turi tiek daug nuostabių pranašumų, vis dėlto turi ir mažytį trūkumą – jos kol kas nėra. Dar niekam nepavyko pastatyti veikiančios termobranduolinės sintezės elektrinės.

Tačiau fizikai nedrąsiai rodo optimizmą. „Prieš 10 m. kai kurie mokslininkai dar abejojo, ar termobranduolinė sintezė apskritai įmanoma net laboratorinėmis sąlygomis.²¹ Dabar jau žinome, kad ji tikrai veiks. Tik nežinia, ar apsimokės ekonomiškai“, – sako Deividas E. Boldvinas (*David E. Baldwin*) iš *General Atomics* kompanijos, prižiūrinčios vieną iš didžiausių Jungtinėse Valstijose termobranduolinės sintezės reaktorių DIII-D.

TERMOBRANDUOLINĖ SINTEZĖ NAUDOJANT LAZERIUS

Visa tai gali iš esmės pasikeisti per keletą artimiausių metų. Vienu metu bandomi keli būdai, bet po dešimtmečius trukusių klaidingų startų fizikai dabar yra įsitikinę, kad termobranduolinę sintezę pagaliau pavyks pasiekti. Prancūzijoje veikia Tarptautinis termobranduolinis eksperimentinis reaktorius, kurį remia daugelis Europos šalių, Jungtinės Valstijos, Japonija ir kitos šalys. O Jungtinėse Valstijose yra vadinamasis *nacionalinis uždegimo įrenginys* (NUĮ).

Man pasitaikė proga pamatyti NUĮ lazerinės termobranduolinės sintezės įrenginį. Tai ištis išpūdingas vaizdas. Dėl glaudaus ryšio su vandenilinėmis bombomis reaktorius stovi Lorenzo Livermoro nacionalinėje laboratorijoje, kurioje kariškiams kuriamos vandenilinės kovinės galvutės. Turėjau pereiti daug apsaugos juostų, kol patekau, kur reikia.

Kai pagaliau pasiekiau reaktorių, iš tikrųjų apėmė pagarbi nuostaba. Man ir iki tol teko matyti lazerių universitetų laboratorijose (tiesą sakant, viena iš didžiausių lazerių laboratorijų yra tiesiai po mano kabinetu Niujorko miesto universitete), tačiau NUĮ vaizdas tiesiog pribloškė. Jis stovėjo dešimties aukštų aukščio ir trijų futbolo aikščių dydžio pastate, o 192 lazerių spinduliai ilgu tuneliu ėjo žemyn. Tai didžiausia pasaulyje lazerių sistema, jos energija 60 kartų didesnė nei pačių galingiausių ankstesnių sistemų.

Nukeliavusi ilgu tuneliu, lazerių spinduliuotė pasiekia veidrodžių sistemą, kuri kiekvieną spindulį sufokusuoja į mažytę smeigtuko galvutės dydžio tabletę, padarytą iš dviejų vandenilio izotopų – deuterio ir tričio. Sunku patikėti, kad į šią mažytę tabletę, vos įžiūrimą plika akimi, sufokusuota 500 trln. W galios lazerio spinduliuotė, ją įkaitinanti iki 100 mln. laipsnių, taigi daug aukštesnės temperatūros negu Saulės centre. (Šio milžiniškos galios impulso energija trumpą akimirką prilygsta 0,5 mln. branduolinių elektrinių galiai.) Mikroskopinės tabletės paviršius greitai virsta garais, sukeliančiais smūginę bangą, kuri suardo tabletę ir išlaisvina termobranduolinės sintezės energiją.

Įrenginys buvo baigtas statyti 2009 m. ir šiuo metu yra bandomas. Jei viskas eisis sėkmingai, tai bus pirmas tokios rūšies įrenginys, gaminantis tiek energijos, kiek ir suvartoja. Nors jis ir neskirtas komercinei elektros energijai gaminti, bet turėtų parodyti, kad lazerio spinduliuotę galima sufokusuoti daug vandenilio turinčioms medžiagoms įkaitinti ir grynajai energijai gaminti.

Klausiau Edvardo Mouzio (*Edward Moses*), vieno iš įrenginio direktorių, ko tikisi iš projekto, apie ką svajoja. Su statybininko šalmu jis buvo panašesnis į statybų darbininką, negu į aukščiausiojo lygio branduolinės fizikos specialistą, vadovaujantį didžiausiai pasaulyje lazerių laboratorijai. Jis pripažino, kad praeityje būta nemažai neteisingų startų. Tačiau įsitikinęs, kad šį kartą viskas turėtų vykti gerai – su savo komanda pasieks svarbių rezultatų, pateksiančių į istorijos analus, nes tai bus pirmas taikus Saulės energijos užgrobimas mūsų planetoje.

Kalbantis su juo, aišku, kad tokie projektai, kaip šis, gyvuoja jų, tikrų entuziastų, užsidegimo ir energijos dėka. Jis pripažino, kad laukia dienos, kai galės pasikviesti į laboratoriją Jungtinių Valstijų prezidentą ir pranešti, kad ką tik pasiektas istorinis laimėjimas.

Tačiau iš pradžių NUĮ startas buvo nevykęs. (Būta ir keistų dalykų, net tokių, kad buvęs NUĮ direktoriaus pavaduotojas E. Maiklas Kambelas (*E. Michael Campbell*) 1999 m. buvo priverstas atsistatydinti, kai paaiškėjo, jog jis melavo: sakė, kad Prinstono universitete yra gavęs filosofijos daktaro mokslinį laipsnį.) Vėliau užbaigimo data, numatyta 2003 m., pradėjo tolti, o statybos išlaidos nuo 1 mlrd. dol. išaugo iki 4 mlrd. dol. Tačiau vis dėlto buvo baigtas 2009 m. kovą, šešeriais metais vėliau.

Sakoma, kad velnias slypi detalėse. Pavyzdžiui, lazerinėje termobranduolinėje sintezėje 192 lazerio spinduliai mažytės tabletės paviršių turi pasiekti nepaprastai tiksliai, kad ji sprogtų į vidų tolygiai. Mažytį taikinį lazerio spinduliuotė turi pasiekti vienu metu, per 30 trilijonųjų sekundės dalių. Net menkiausias lazerio spinduliuotės nesuderinimas ar tabletės netaisyklingumas lemtų nesimetrišką įkaitimą, ir ji sprogtų į vieną pusę, užuot sferiškai sprogsi į vidų.

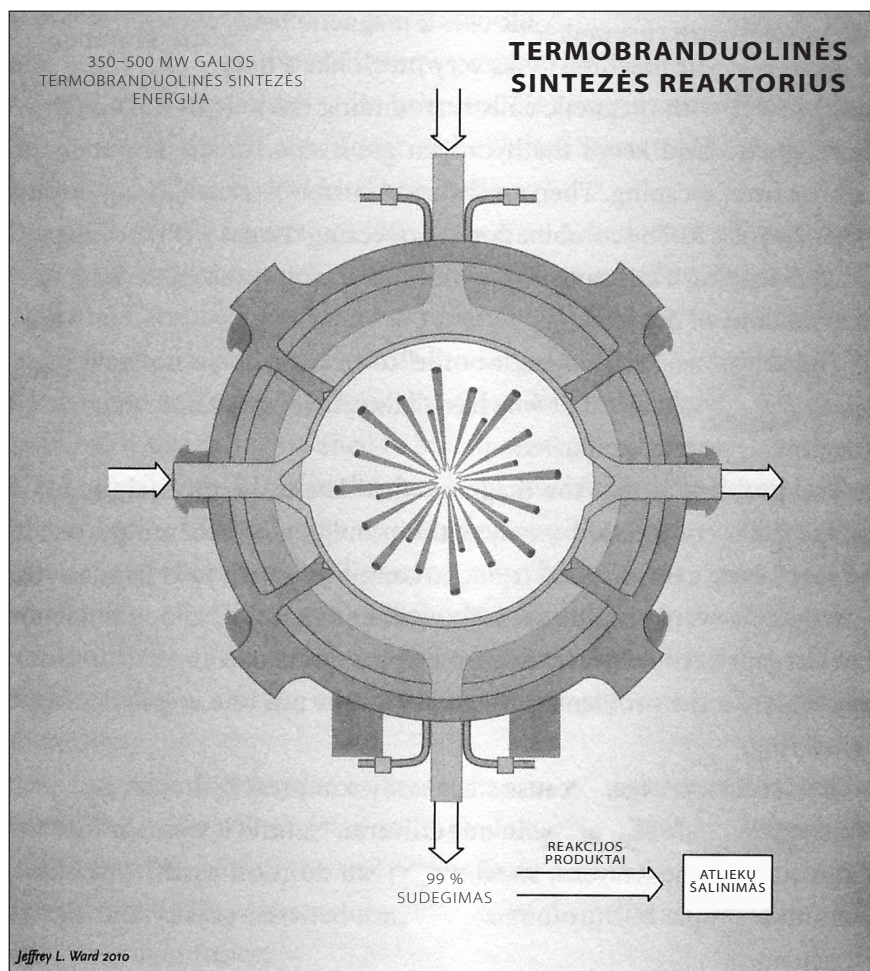
Jei tabletės netaisyklingumas viršytų 50 nm (arba apie 150 atomų), tada sprogtų į vidų netolygiai.²² (Tai būtų panašu į mėginimą beisbolo kamuoliuką įmesti į smūgiavimo zoną iš 560 km atstumo.) Todėl lazerinei termobranduolinei sintezei svarbiausia – lazerio spinduliuotės suderinimas ir tabletės lygumas.

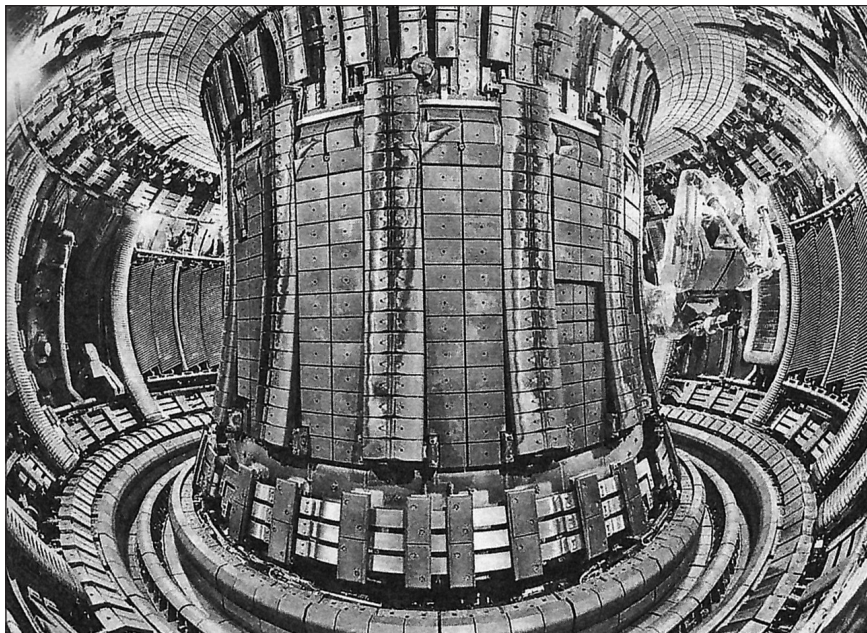
Be NUĮ, Europos Sąjunga remia ir savąjį lazerinės termobranduolinės sintezės variantą. Jos reaktorius bus statomas galingų lazerių energijos tyrimo įrenginyje. Jis bus mažesnis, bet, ko gero, efektyvesnis už NUĮ. Statyti pradedamas 2011 m.

Su NUĮ siejamos didelės viltys. Tačiau jei lazerinė termobranduolinė sintezė neveiks taip, kaip tikimasi, dar vienas, gal net dar pažangesnis valdomos termobranduolinės sintezės siūlymas: Saulę uždaryti butelyje.

TERMOBRANDUOLINĖ SINTEZĖ MAGNETINIAME LAUKE

Prancūzijoje bandomas dar vienas variantas. Tarptautiniame termobranduoliniame eksperimentiniame reaktoriuje (TTER) naudojami labai stiprūs magnetiniai laukai, neleidžiantys išstrūkti įkaitintoms vandenilio dujoms. Užtuot naudojant lazerius, kurie akimirksniu suspaudžia mažytę daug vandenilio turinčią tabletę, TTER reaktoriuje naudojamas magnetinis laukas vandenilio dujoms pamažu suslėgti.





DU TERMOBRANDUOLINĖS SINTEZĖS BŪDAI. KAIRIAJAME PIEŠINYJE LAZERIAI SUSPAUDŽIA DAUG VANDENILIO TURINČIOS MEDŽIAGOS TABLETĘ, O DEŠINIAJAME MAGNETINIAI LAUKAI SUSPAUDŽIA VANDENILIO TURINČIAS DUJAS. ŠIO ŠIMTMEČIO VIDURYJE MŪSŲ PASAULIS GALBŪT JAU NAUDOS TERMOBRANDUOLINĖS SINTEZĖS ENERGIJĄ.

Šis įrenginys labai panašus į didžiulį tuščiavidurį plieno riestainį, kurio tuščią vidų supa magnetinės ritės. Magnetinis laukas neleidžia ištrūkti vandenilio dujoms, esančioms riestainio pavidalo kameroje. Per dujas leidžiama elektros srovė joms įkaitinti. Dujos, slegiamos magnetiniu lauku ir kaitinamos elektros srove, įkaista iki daug milijonų laipsnių.

Idėja termobranduolinei sintezei panaudoti „magnetinį butelį“ nėra nauja. Jos ištakų reikėtų ieškoti XX a. šeštajame dešimtmetyje. Tačiau kodėl taip ilgai nepavyksta iš termobranduolinės sintezės energijos gauti komercinės naudos, kodėl tiek kartų buvo atidėliojama pergalės šventimo data?

Magnetinį lauką reikia sureguliuoti labai tiksliai, kad dujos būtų slegiamos tolygiai, kad neatsirastų išsipūtimų ar kitokių netaisyklingumų. Išivaizduokime, kad paėmėme į rankas balioną ir stengiamės tolygiai suspausti. Pamatysime, kad išsipučia ten, kur tarp rankų yra tarpas, ir tolygiai suspaus-

ti beveik neįmanoma. Taigi bėda – nestabilumas, ir ji slypi ne fizikoje, o inžinerijoje.

Tai atrodo keista, nes juk žvaigždės lengvai suspaudžia vandenilio dujas; taip susidarė trilijonai žvaigždžių, kurias matome mūsų Visatoje. Taigi atrodo, jog gamta be jokių pastangų kuria žvaigždes danguje, tai kodėl gi mums nesi-seka to padaryti Žemėje? Atsakymas paprastas – didelis gravitacijos ir elektro-magnetizmo skirtumas.

Gravitacija, kaip įrodė dar I. Niutonas, yra traukos, ir tik traukos, jėga. Tad bet kokioje žvaigždėje vandenilio dujos dėl gravitacinės jėgos susitraukia į rutulį. (Štai kodėl žvaigždės ir planetos yra rutulio, o ne kubo ar trikampio formos.) Tačiau elektros krūviai yra dvejopi – teigiamieji ir neigiamieji. Jei rutulys bus sudarytas iš neigiamai įelektrintų dalelių, jos stums viena kitą ir išsilakstys į visas puses. Tačiau jei bus sudarytas iš teigiamai ir neigiamai įelektrintų dalelių, gausime vadinamąjį dipolį su sudėtinga elektros lauko linijų sistema, panašia į voratinklį.

Panašiai elgiasi ir magnetiniai laukai – ir jie sudaro dipolį. Todėl tolygiai suspausti įkaitintas dujas žiedo formos kameroje yra velniškai sunku. Tiesą sakant, tam reikia superkompiuterio, kad jis nustatytų magnetinių ir elektros laukų, kuriuos sukuria paprastas elektronų išsidėstymas, struktūrą.

Apibendrinkime. Gravitacija yra traukos jėga, dėl kurios dujos kolapsuoja (susitraukia). Žvaigždės tai daro be jokių pastangų. Tačiau magnetinės jėgos ir traukia, ir stumia, todėl spaudžiamos dujos sudaro sudėtingos formos išsipūtimus. Šitai labai apsunkina valdomos termobranduolinės sintezės pasiekimą. Tai sunkiausias uždavinys, fizikus slegiantis 50 metų.

Lig šiol. Šiuo metu fizikai tvirtina, kad ITER reaktorius pagaliau stabilus – taikomas magnetinio suspaudimo būdas.

TTER reaktoriaus kūrimas yra vienas iš didžiausių tarptautinių mokslinių projektų. Svarbiausia šio įrenginio dalis yra riostainio pavidalo metalinė kamera. Įrenginys svers 23 000 t, taigi kelis kartus daugiau už Eifelio bokštą, sveriantį tik 7300 t.²³

Šio įrenginio dalys tokios sunkios, kad reikės specialiai pertvarkyti kelius, kuriais jos bus gabenamos. Gabens ilgos vilkikų vilkstinės, nes sunkiausia dalis svers 900 t, o aukščiausia bus kaip keturių aukštų namas. TTER pastatas bus 19 aukštų namo aukščio ir stovės ant 60 futbolo aikščių dydžio platformos.

Jis turėtų kainuoti 10 mlrd. eurų; šias išlaidas dalysis septynios šalys, dalyvaujančios šiame projekte (Europos Sąjunga, Jungtinės Valstijos, Kinija, Indija, Japonija, Korėja ir Rusija).

Kai pagaliau bus įjungtas, vandenilio dujos jame bus įkaitintos iki 150 mln. °C, taigi kur kas daugiau, negu Saulės centre, kur yra tik 15 mln. °C. Jei viskas vyks sklandžiai, jo galia sieks 500 MW, gamins 10 kartų daugiau energijos, negu suvartos. (Šiuo metu didžiausia termobranduolinės sintezės reaktoriaus galia yra 16 MW, ji pasiekta Europos *JET (Joint European Torus)* reaktoriuje Kulhamo mokslo centre, esančiame Oksfordšyro grafystėje Anglijoje). Kelis kartus atidėjus, dabar numatyta, kad šiame reaktoriuje gaunamos energijos kiekis jo suvartojamos energijos kiekį pasieks 2019 m.

TTER reaktorius vis dėlto yra tik mokslo projektas.²⁴ Jis nėra skirtas gaminti komercinei elektros energijai. Tačiau fizikai jau deda pagrindą kitam žingsniui – termobranduolinės sintezės energiją perkelti į rinką. F. Nadžmabadis, vadovaujantis darbo grupei, ieškančiai komercinių termobranduolinės sintezės elektrinių variantų, pasiūlė *ARIES-AT* įrenginį. Jis mažesnis už TTER, bet būtų milijardų vatų galios, o jo gaminamos elektros energijos 1 kWh kainuotų apie 5 ct, taigi galėtų varžytis su iškastinio kuro elektros energija. Tačiau net F. Nadžmabadis, optimistiškai vertinantis termobranduolinės sintezės perspektyvas, pripažįsta, kad termobranduolinė sintezė iki šio šimtmečio vidurio dar nebus pasirengusi plataus masto komercializacijai.

Kitas komercinis variantas yra *DEMO* termobranduolinės sintezės reaktorius. TTER konstruojamas taip, kad jo galia būtų 500 MW ne mažiau kaip 500 sek., o *DEMO* konstruojamas taip, kad gamintų energiją be perstojo. *DEMO* reaktoriuje yra papildomas dalykas, kurio nėra TTER reaktoriuje. Termobranduolinei sintezei prasidėjus, susidaro papildomas neutronas, greitai ištrūkstantis iš reaktoriaus kameros. Tačiau kamerą galima apsupti specialia danga, vadinama antklode, kuri skirta neutrono energijai sugerti. Danga įkaita, o jos viduje esančiais vamzdžiais cirkuliuojantis vanduo užverda. Jo garai suka elektros energiją generuojančios turbinos mentes.

Jei viskas eis gerai, *DEMO* pradės veikti 2033 m. Jis bus 15 % didesnis už TTER reaktorių ir gamins 25 kartus daugiau energijos, negu suvartos. *DEMO* galia turėtų siekti 2 mlrd. W, taigi būti maždaug tokia, kaip įprastinės

branduolinės elektrinės. Jei *DEMO* projektas būtų sėkmingas, galėtų labai paspartinti šios technologijos komercializaciją.

Tačiau vis dar yra daug netikrumo. TTER reaktorius jau užsitikrino statybai reikalingas lėšas. Tačiau *DEMO* reaktorius tebėra planuojamas, todėl reikėtų laukti įvairių atidėliojimų.

Termobranduolinės sintezės specialistai mano, kad krizę jie pagaliau įveikė. Jie mano: praėjus dešimtmečiams, pilniems išpūstų pažadų ir nesėkmių, termobranduolinė sintezė jau ranka pasiekama. Ne vienas, bet du įrenginiai (NUĮ ir TTER) pagaliau gali termobranduolinės sintezės energiją atnešti į mūsų buitį. Tačiau dar nė vienas iš jų negamina komercinės elektros energijos, tad galima tikėtis ir kitokių, nelauktų variantų, sakykime, termobranduolinės sintezės ant stalo ar termobranduolinės sintezės, pasitelkus burbuliukus.

TERMOBRANDUOLINĖ SINTEZĖ ANT STALO

Ant kortos pastatyta labai daug, tad svarbu pripažinti ir galimybę tai įveikti iš visai kitų, netikėtų pozicijų. Termobranduolinė sintezė yra gerai apibrėžtas procesas, tad gauti keli siūlymai, nukrypstantys nuo pagrindinės didelio masto tyrimų krypties, bet vis tiek verti dėmesio. Tarp kitko, kai kurie iš jų gali leisti kada nors pasiekti termobranduolinę sintezę ant stalo.

Filmo „Atgal į ateitį“ (*Back to the Future*) baigiamojoje scenoje pamišęs mokslininkas daktaras Braunas stengiasi gauti kuro savajai DeLorean laiko mašinai. Užuoť kūrenęs benzinu, atliekų konteineriuose ieško bananų žievių bei kitokio šlamšto ir deda į mažą kanistrą, pavadintą termobranduolinės sintezės reaktoriumi.

Per 100 m. gali pasitaikyti ir taip, kad kokia nors didelį proveržį reiškianti konstrukcija futbolo aikštės dydžio mechanizmą sumažins iki kavos aparato dydžio, kaip minėtame filme.

Viena iš dėmesio vertų termobranduolinės sintezės ant stalo galimybių yra vadinamoji sonoliuminescencija. Ji remiasi reiškiniu, kad staigiai suirę burbuliukai gali sukelti didžiules temperatūras. Tas reiškinys kartais dar vadinamas garso arba burbuliukų termobranduoline sinteze. Šis įdomus reiškinys žinomas jau kelis dešimtmečius, nuo 1934 m., kai Kelno universiteto mokslininkai eksperimentavo su ultragarsu ir fotografinėmis juostelėmis, siekda-

mi pagreitinti ryškinimą. Juostelėse pastebėjo mažyčius taškelius, atsiradusius nuo šviesos žybtelėjimų, kuriuos sukėlė ultragarsas, skystyje sukuriantis burbuliukus. Vėliau nacių lakūnai pastebėjo, kad nuo jų lėktuvų propelerių atskiriantys burbuliukai dažnai švyti; tai rodo, kad burbuliukų viduje kažkoku būdu susidaro aukšta temperatūra.

Vėliau buvo nustatyta: burbuliukai taip šviesiai žėruoja dėl to, kad suirdami susitraukia labai tolygiai, ir juose esančio oro temperatūra pasiekia milžiniškus dydžius. Kaip jau matėme, didžiausia karštosios termobranduolinės sintezės bėda yra netolygus vandenilio suslėgimas dėl to, kad į tabletes nukreipti lazerio spinduliai blogai suderinti arba dėl to, kad dujos slegiamos netolygiai. Susitraukiančio burbuliuko molekulės juda taip greitai, kad oro slėgis jo viduje greitai tampa vienodas prie visų sienelių. Iš principo jei kam nors pavyktų suardyti burbuliuką tokiomis tobulomis sąlygomis, tai galėtų pasiekti termobranduolinę sintezę.

Sonoluminescencijos eksperimentai leido pasiekti dešimčių tūkstančių laipsnių temperatūras. Naudojant tauriąsias dujas, galima padidinti burbuliukų skleidžiamos šviesos stiprumą. Tačiau yra abejonių, ar tokiu būdu įmanoma pasiekti temperatūrą, pakankamą termobranduolinei sintezei. Tų abejonių sukelia Rusio Teiljarchano (*Rusi Taleyarkhan*), anksčiau dirbusio Oukridžo nacionalinėje laboratorijoje, darbai.

2002 m. jis pareiškė galintis atlikti termobranduolinę sintezę savuoju garso aparatu. Tvirtino, kad eksperimentų metu išsiskiria neutronai, o tai yra abejonių nekeliantis ženklas, jog termobranduolinė sintezė iš tikrųjų vyksta. Tačiau kai kiti tyrėjai daug metų nesėkmingai stengėsi pakartoti jo darbus, šiais rezultatais šiuo metu netikima.

Dar vienas abejotinas variantas yra Filo Farnsvorto (*Philo Farnsworth*), vieno iš mažai žinomų televizijos išradėjų, termobranduolinės sintezės aparatas. Jam dar vaikystėje kilo televizijos idėja, kai atkreipė dėmesį, kaip žemdirbiai aria laukus – vagą po vagos. Būdamas tik 14 m., net padarė savo prototipo detalių eskizus. Jis pirmasis perkėlė šią idėją į grynai elektroninį įtaisą, ekrane rodanti judančius vaizdus. Deja, nepavyko susikrauti kapitalo iš šio žymaus atradimo: įsivėlė į ilgus ir keblus patentinius ginčus su RCA [*Radio Corporation of America*]. Teisiniai ginčai jį galų gale išvedė iš proto, ir savo noru pasiprašė priimamas į beprotnamį. Jo novatoriškas darbas apie televiziją liko beveik nepastebėtas.

Vėliau nukreipė dėmesį į termobranduolinės sintezės įrenginį, mažą stalinį aparatą, kuris iš tikrųjų generuoja neutronus. Jis susideda iš dviejų didelių rutulių, vienas iš jų yra kito viduje, o abu padaryti iš vielos tinklo. Išorinio tinklo krūvis teigiamasis, vidinio neigiamasis, todėl pro tą tinklą įterptus protonus išorinis tinklas atstumia, o vidinis traukia. Protonai trenkiasi į rutulių centre esančią daug vandenilio turinčią tabletę – vyksta termobranduolinė sintezė ir išsiskiria neutronai.

Ši konstrukcija tokia paprasta, kad net vidurinės mokyklos moksleiviai gali padaryti tai, ko nepajėgė padaryti R. Richteriai, S. Ponsas ir M. Fleišmanas: nesunkiai generuoti neutronus. Tačiau mažai tikėtina, kad šiuo įtaisu kada nors bus galima gaminti tinkamą vartoti energiją. Pagreitį įgaunančių protonų yra labai mažai, todėl šis aparatas gamina labai mažai energijos.

Tiesą sakant, termobranduolinė sintezė ant stalo įmanoma ir turint įprastą atomų skaldytuvą ar dalelių greitintuvą. Atomų skaldytuvus sudėtingesnis už termobranduolinės sintezės įrenginį, tačiau jį galima naudoti protonams taip pagreitininti, kad jie atsitrenktų į daug vandenilio turintį taikinį ir sukeltų termobranduolinę sintezę. Tačiau ir vėl termobranduolinėje sintezėje dalyvaujančių protonų skaičius toks mažas, kad praktinės naudos šis įtaisas neturi. Taigi, nors termobranduolinė sintezė įmanoma ir įtaisu, generuojančiu neutronus, ir atomų skaldytuvu, jie yra neefektyvūs, o spindulių pluošteliai per ploni, kad jais būtų galima gauti tinkamos naudoti energijos.

Turint galvoje, kad ant kortos pastatyta nepaprastai daug, be jokios abejonės, ir kiti iniciatyvūs mokslininkai bei inžinieriai turi galimybių savo pusrūsiuose kuriamus įtaisus paversti naujais labai reikšmingais išradimais.

TOLIMOJI ATEITIS (2070–2100 M.)

MAGNETIZMO AMŽIUS

Praėjęs šimtmetis buvo elektros energijos amžius. Kadangi manipuluoti elektronais labai lengva, tai, atvėrus kelią visai naujoms technologijoms, tapo įmanomi tokie dalykai, kaip radijas, televizija, kompiuteriai, lazeriai, tomografai ir t. t. Tačiau labai galimas dalykas, kad šiame šimtmetyje fizikai suras savo

šventąjį Gralį – kambario temperatūros superlaidininkus. Tai įves mus į visiškai naują erą, į magnetizmo amžių.

Įsivaizduokime, kad važiuojame magnetiniu automobiliu, skriejame virš Žemės kelių šimtų kilometrų per valandą greičiu beveik visai nevartodami kuro. Įsivaizduokime ore skriejančius traukinius ir net pavienius žmones – taip jie naudojami magnetinėmis jėgomis.

Mes dažnai pamirštame, kad didžioji dalis mūsų automobilių suvartojamų degalų naudojami trinčiai įveikti. Iš esmės nuvažiuoti nuo San Francisko iki Niujorko energijos beveik nereikia. Pagrindinė priežastis, kodėl tokiai kelionei iš tikrųjų reikia skirti šimtus dolerių degalams, yra ta, kad automobilio ratai turi įveikti kelio trintį, o jo korpusas – oro trintį. Tačiau jei koku nors stebuklingu būdu kelią nuo San Francisko iki Niujorko pavyktų padengti ledo sluoksneliu, tai didžiąją kelio dalį galėtume įveikti kaip rogutėmis leisdamiesi nuo kalno, visai nemokamai. Panašiai veikia ir kosminiai zondai – jie gali nuskrieti net už Plutono, tam suvar-toję tik kelis litrus degalų, nes skrieja kosmoso vakuumu. Panašiai ir magnetinis automobilis skrietų virš žemės; pakaktų tik papūsti, ir jis pradėtų judėti.

Svarbiausias šios technologijos elementas yra superlaidininkai. Nuo 1911 m. žinoma, kad gyvsidabris, atšaldytas iki 4 Kelvino laipsnių virš absoliutaus nulio, praranda elektrinę varžą. Vadinasi, elektros srovei tekant laidais iš superlaidžios medžiagos, jokių energijos nuostolių visai nebūtų, nes ji nesutiktų pasipriešinimo. (Taip yra dėl to, kad judantys laidu elektronai, susidurdami su atomais, netenka dalies savo energijos. Tačiau, artėdami prie absoliutaus nulio, atomai beveik nebejudą, todėl elektronai gali lengvai pras-mukti pro juos, neprarasdami energijos.)

Superlaidininkai turi keistų, bet nuostabių savybių, tačiau didelis jų trū-kumas yra tas, kad reikia atšaldyti iki temperatūros, artimos absoliučiajam nuliui; tam naudojamas labai brangus skystas vandenilis.

Todėl fizikus pribloškė, kai 1986 m. buvo paskelbta, jog rasta nauja su-perlaidininkų klasė. Jos superlaidininkų nereikia atšaldyti iki tokių fantastiškai žemų temperatūrų. Atvirkščiai nei anksčiau žinomi superlaidininkai gyvsidabris ar švinas, tai keraminės medžiagos, kurios iki tol buvo laikomos mažai tikėtinais kandidatais į superlaidininkus; superlaidžių savybių jos įgyja jau esant 92 Kelvino laipsniams. Glumino ir tai, kad jos tapo superlaidžios, esant tokioms temperatūroms, kurioms esant, teoriškai tai turėtų būti neįmanoma.

Kol kas rekordinė temperatūra, kuriai esant, naujieji keraminiai superlaidininkai įgyja šią nuostabią savybę, yra 138 Kelvino laipsniai (laipsniai virš absoliučiojo nulio). Tai svarbu, nes azoto dujos tampa skysčiu 77 Kelvino laipsnių temperatūroje, o skystas azotas ne brangesnis už pieną ir juo būtų galima šaldyti keraminius superlaidininkus. Jau vien tas faktas akivaizdžiai sumažino superlaidininkų kainą. Todėl aukštatemperatūriai superlaidininkai iš karto susilaukė praktinio pritaikymo.

Tačiau keraminiai superlaidininkai tik sužadino fizikų apetitą. Jie reiškia didžiulį žingsnį teisinga kryptimi, tačiau to negana. Pirma, nors skystas azotas palyginti pigus, vis vien gaminti reikia šaldymo įrangos. Antra, iš keraminių superlaidininkų sunku formuoti vielas. Trečia, fizikai vis dar negali perprasti tokios keramikos kilmės. Praėjo jau keli dešimtmečiai, o dar nelabai suvokia, kaip jie veikia. Kvantinė teorija, kuri galėtų tai paaiškinti, per daug sudėtinga, kad šiuo metu būtų galima ją sukurti, todėl niekas nežino, kodėl keramika tampa superlaidi. O to iniciatyvaus mokslininko, kuris paaiškins aukštatemperatūrų superlaidumą, laukia Nobelio premija.

Tačiau kiekvienas fizikas supranta, kokią didžiulį poveikį galėtų padaryti kambario temperatūros superlaidininkai – galėtų sukelti dar vieną pramonės revoliuciją. Jiems nereiktų jokios šaldymo įrangos, todėl galėtų sukurti nuolatinius milžiniškos galios magnetinius laukus.

Pavyzdžiui, vario vija tekančios elektros srovės energija per sekundės dalis išsisklaido dėl vielos varžos. Tačiau eksperimentais nustatyta, kad elektros srovė, tekanti superlaidžia vija, gali išlikti nepakitusi ne vienerius metus. Eksperimentų rezultatai rodo: superlaidžia rite tekanti elektros srovė gali išlikti tokia pat 100 000 m. Kai kurios teorijos tvirtina, kad elektros srovės, tekančios superlaidininku, amžiaus riba tolygi mūsų žinomos Visatos amžiaus ribai.

Tokie superlaidininkai mažų mažiausiai galėtų sumažinti aukštos įtampos elektros kabelių nuostolius, taigi sumažintų ir elektros kainą. Viena iš priežasčių, kodėl elektrinės turi būti statomos taip arti didelių miestų, yra siekimas sumažinti elektros nuostolius perdavimo linijose. Dėl to branduolinės jėgainės, esančios prie didelių miestų, kelia pavojų sveikatai, o vėjo jėgainės negali būti statomos ten, kur vėjas stipriausias.

Elektros perdavimo linijose prarandama iki 30 % elektrinėse pagamintos elektros energijos. Iš kambario temperatūroje superlaidžios medžiagos paga-

minti laidai galėtų pakeisti tokią padėtį, ir tai leistų gerokai sumažinti elektros gamybos išlaidas bei taršą. Tai galėtų smarkiai paveikti ir globalinį atšilimą. Kadangi visame pasaulyje pasigaminančio anglies dioksido kiekis glaudžiai susijęs su energijos vartojimu, o didžioji tos energijos dalis tuščiai iššvaistoma įveikti trinciai, tai magnetizmo amžius galėtų visam laikui sumažinti energijos suvartojimą ir anglies dioksido išsiskyrimą.

MAGNETINIS AUTOMOBILIS IR TRAUKINYS

Kambario temperatūros superlaidininkai be jokios papildomos energijos gali sukurti supermagnetus, pakeliančius traukinius ir automobilius, kad skriėtų virš žemės.

Labai paprastai šią jėgą galima pademonstruoti bet kokioje laboratorijoje. Aš pats ne kartą tai dariau *BBC* televizijai ir *Science Channel*. Kokioje nors mokslo įrangos kompanijoje galima užsisakyti mažą aukštatemperatūrio superlaidininko gabalėlį. Tai bus maždaug 2,5 cm dydžio kieta pilkos spalvos keraminė medžiaga. Tada pieno produktų kompanijoje užsisakyti skysto azoto.

Keraminės medžiagos gabalėlį padėkime plastikinėje lėkštelėje ir pamažu pilkime ant jo skystą azotą. Pasiekęs keraminę medžiagą, jis smarkiai užvirs. Palaukime, kol virti nustos, ir ant keraminės medžiagos gabalėlio uždėkime magnetuką. Kaip kokiame stebukle magnetas pakibs ore. Jei paliesime, savaime ims suktis. Žiūrėdami į lėkštelę, ko gero, matysime viso pasaulio transporto sistemos ateitį.

Priežastis, dėl kurios magnetas pakimba ore, labai paprasta. Jo magnetinio lauko jėgų linijos negali įsiskverbti į superlaidininką. Tai vadinamasis *Meisnerio efektas*. (Superlaidininko, veikiamo magnetiniu lauku, paviršiuje atsiranda silpna elektros srovė ir ją panaikina, taigi magnetinis laukas iš superlaidininko išstumiamas.) Ant keraminės medžiagos gabalėlio uždėjus magnetą, magnetinio lauko jėgų linijos susigrupuos, negalėdamos prasiskverbti pro superlaidžią keraminę medžiagą. Tai sukuria magnetinio lauko jėgų linijų „pagalvę“; linijos, spaudžiamos viena prie kitos, stumia magnetą tolyn nuo keraminės medžiagos ir priverčia pakibti ore.

Kambario temperatūros superlaidininkai taip pat gali lemti ir supermagnetų erą. Kaip matėme, tomografo yra itin naudingi prietaisai, bet jiems reikia

labai stiprių magnetinių laukų. Kambario temperatūros superlaidininkai leistų mokslininkams pigiai sukurti galingus magnetinius laukus. Tai įgalintų ateityje sukurti mažyčius tomografus. Naudojant kintamus magnetinius laukus, jau ir šiuo metu galima pagaminti apie 30 cm aukščio tomografus. Kambario temperatūros superlaidininkai, ko gero, leistų juos sumažinti iki sagos dydžio.

Filme „Atgal į ateitį 3“ (*Back to the Future Part III*) Maiklas Dž. Foksas (*Michael J. Fox*) važinėjasi ore skriejančia riedlente. Po šio filmo debiuto parduotuves užplūdo vaikų, norinčių įsigyti tokių riedlenčių, skambučiai. Deja, kol kas jų nėra, tačiau kambario temperatūros superlaidininkai gali padaryti jas įmanomas.

MAGNETINĖS LEVITACIJOS TRAUKINIAI IR AUTOMOBILIAI

Vienas iš paprastų kambario temperatūros superlaidininkų panaudojimo būdų yra sukurti automobilius ir traukinius, kurie skriėtų virš žemės ir tokiu būdu judėtų be trinties. Tai sukeltų tikrą transporto perversmą.

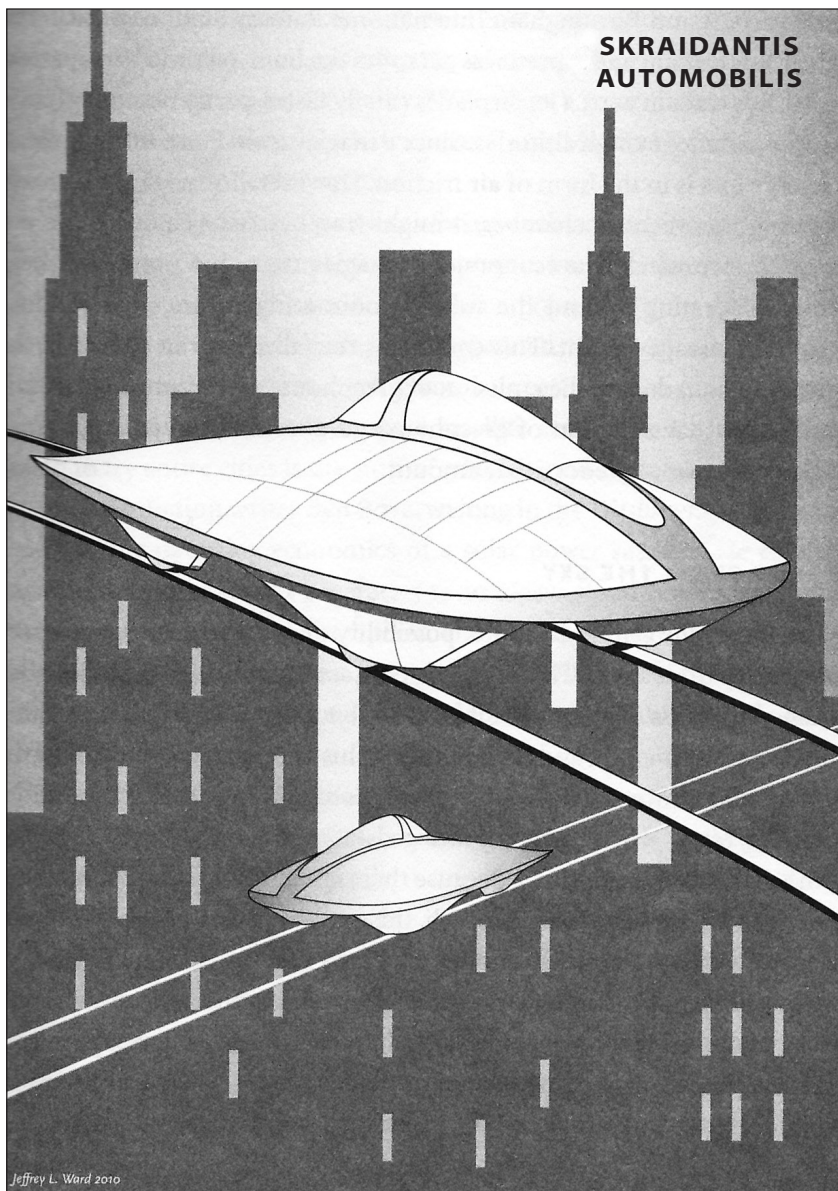
Įsivaizduokime, kad važiuojame automobiliu, naudojančiu kambario temperatūros superlaidininkus. Keliai turėtų būti ne asfaltuoti, o padengti superlaidžia medžiaga. Automobilis privalėtų turėti nuolatinį magnetą arba pats generuoti magnetinį lauką superlaidininku. Automobilis skriėtų ore. Jam pajudinti iš vietos pakaktų suspausto oro balionėlio. O pajudėjęs galėtų judėti amžinai, jei tik kelias būtų lygus, plokščias. Oro pasipriešinimui (jis būtų vienintelis pasipriešinimas) įveikti reikėtų turėti elektros variklį ar suspausto oro.

Net ir neturėdamos kambario temperatūros superlaidininkų, kelios šalys jau pasigamino magnetinės levitacijos („maglevinius“) traukinius (traukinius ant magnetinės pagalvės), skriejančius virš bėgių su magnetais. Kadangi magnetų šiaurės poliai stumia kitų magnetų šiaurės polius, magnetai traukinio apačioje išdėstomi taip, kad traukiniui leistų skrieti virš bėgių.

Šios technologijos srityje pirmauja Vokietija, Japonija ir Kinija. Magleviniai traukiniai jau net yra pasiekę kelis pasaulio rekordus. Pirmasis komercinis toks traukinys buvo gana lėtas maršrutinis, 1984 m. kursavęs tarp Birmingamo tarptautinio oro uosto ir Birmingamo tarptautinės geležinkelio stoties.

Didžiausias greitis – 577 km/h – buvo pasiektas MLX_{01} traukinio 2003 m. (Reaktyviniai lėktuvai gali skraidyti didesniu greičiu iš dalies ir dėl

ENERGIJOS ATEITIS



KAMBARIO TEMPERATŪROS SUPERLAIDININKAI KADA NORS GALI PADĖTI SUKURTI SKRAIDANČIUS AUTOMOBILIUS IR TRAUKINIUS. JIE GALĖTŲ BE TRINTIES SKRIETI VIRŠ BĖGIŲ AR SUPERLAIDŽIOS KELIO DANGOS.

to, kad dideliame aukštyje oro pasipriešinimas yra mažesnis. Kadangi maglevinis traukinys skrieja ore, didžioji dalis jo energijos nuostolių susijusi su oro pasipriešinimo įveikimu. Jei važiuotų vakuuminėje kameroje, galėtų pasiekti 6400 km/h.) Deja, ekonominiai maglevinių traukinių rodikliai neleidžia jiems paplisti visame pasaulyje.

Kambario temperatūros superlaidininkai gali tai pakeisti. Tai galėtų atgaivinti ir Jungtinių Valstijų geležinkelių sistemą bei sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimą iš lėktuvų. Apytikriais apskaičiavimais, jų išmetamos tokio pobūdžio dujos sudaro 2 % bendro tokių dujų išmetimo kiekio, todėl tai leistų jį sumažinti.

ENERGIJA IŠ DANGAUS

Šio šimtmečio pabaigoje atsiras dar viena energijos gamybos galimybė – energija iš kosmoso. Tai vadinamoji *kosminė saulės energija* (KSE). Tam reikėtų išsiųsti į kosmosą šimtus dirbtinių Žemės palydovų, kurie sugertų saulės spinduliuotę ir jos energiją siųstų į žemę mikrobanginės spinduliuotės pavidalu. Palydovai užimtų geostacionarią padėtį 35 200 km aukštyje, sukdamiesi aplink Žemę tokiu greičiu, koku sukasi ji. Kadangi kosmose saulės energijos 8 kartus daugiau negu žemės paviršiuje, tokia galimybė visai įmanoma.

Šiuo metu didžiausia kliūtis šiam projektui įgyvendinti yra išlaidos, kurių didžiąją dalį sudarytų palydovų paleidimas. Fizikos dėsniai neriboja energijos ėmimo tiesiai iš saulės galimybės, bet trukdo inžineriniai ir ekonomikos dalykai. Tačiau visa tai gali padaryti prieinama jau šio šimtmečio pabaigoje atsirasiantys nauji kosminių kelionių išlaidų mažinimo būdai; tai matysime 6 skyriuje.

Pirmas rimtas siūlymas naudoti saulės energiją iš kosmoso buvo pateiktas 1968 m., kai Piteris Glazeris (*Peter Glaser*), Tarptautinės saulės energijos draugijos prezidentas, pasiūlė siųsti į kosmosą šiuolaikinio didmiesčio dydžio dirbtinius palydovus, kurie saulės energiją perduotų į žemę. 1979 m. NASA mokslininkai įsigilino į šį siūlymą ir apskaičiavo, kad tai kainuotų kelis šimtus milijardų dolerių. Tai ir buvo mirtinas smūgis šiam projektui.

Tačiau, kosminėms technologijoms nepaliaujamai tobulėjant, 1995–2003 m. NASA ir toliau finansavo mažo masto kosminės saulės energijos

panaudojimo tyrimus. Šios tyrimų krypties šalininkai tvirtina, kad tik laiko klausimas, kada, pagerinus technologinius ir ekonominius rodiklius, šis būdas taps tikrove. „KSE yra tikrai tvarus, globalinis ir neteršiantis aplinkos elektros energijos šaltinis“, – sako Martinas Hofertas (*Martin Hoffert*), fizikas, anksčiau dirbęs Niujorko universitete.²⁵

Toks sudėtingas projektas sukelia įvairių baimių – tikrų ir įsivaizduojamų. Kai kas jo bijo dėl to, kad iš kosmoso į žemę siunčiama energija gali atsitiktinai pataikyti į apgyventas vietas, ir tada nukentėtų daug žmonių. Tačiau tokie būgštavimai tikrai perdėti. Apskaičiavus iš kosmoso į žemę pateksiančios jonizuojančios spinduliuotės lygį, matyti, jog jis per mažas, kad keltų pavojų sveikatai. Todėl kosminio palydovo kenkėjo, siunčiančio į žemę mirtį nešančią spinduliuotę, galinčią sunaikinti ištisus miestus, vizijos yra tik Holivudo komariškų filmų kūrėjų prasimanymai.

Mokslinės fantastikos rašytojas B. Bova 2009 m. *Washington Post* laikraštyje išdėstė ekonominius kosminei saulės energijai panaudoti skirto palydovo rodiklius.²⁶ Jo apskaičiavimais, palydovo galia būtų 5–10 GW, taigi kur kas didesnė negu įprastinės akmens anglimis kūrenamos elektrinės. Jo gaminamos elektros energijos 1 kWh kainuotų 8–10 ct, todėl ji būtų konkurencinga. Palydovas būtų didžiulis, apie 1,6 km skerspjūvio, ir kainuotų apie 1 mlrd. dol. – maždaug tiek, kiek ir branduolinė elektrinė.

Šios technologijos diegimui paspartinti jis prašė dabartinės administracijos vykdyti demonstracinį projektą – paleisti palydovą, kurio galia 10–100 MW. Pradėjus darbus jau šiuo metu, jį galbūt būtų galima suspėti paleisti iki prezidento B. Obamos antrosios kadencijos pabaigos.

Atsiliepdama į jo išdėstytas mintis, Japonijos vyriausybė paskelbė, kad imasi didelės iniciatyvos. 2009 m. Japonijos prekybos ministerija paskelbė apie savo planus tirti kosminės saulės energijos panaudojimui skirtos palydovų sistemos įgyvendinamumą. *Mitsubishi Electric* ir kitos japonų kompanijos ketina prisidėti prie šios 10 mlrd. dol. vertės programos, pagal kurią galbūt būtų iškelta į kosmosą 1 mlrd. W galios saulės elektrinė. Ji būtų didžiulė, 3,9 km², padengta saulės elementais.

„Tai primena animacinį mokslinės fantastikos filmą, tačiau saulės energijos generavimas kosmose gali tapti svarbiu alternatyviu energijos šaltiniu anksčiau, nei nebeliks iškastinio kuro“, – sako Kensukė Kanekijas (*Kensuke Kane-*

kiyo) iš Energijos ekonomikos instituto – vyriausybės tyrimų organizacijos.²⁷

Turėdama galvoje šio projekto dydį, Japonijos vyriausybė elgiasi atsargiai. Pirmiausia tyrėjų grupė ketverius metus nagrinės mokslinį ir ekonominį jo pagrįstumą. Jei grupė uždegs žalią šviesą, Japonijos prekybos ministerija ir Japonijos aerokosminių tyrimų agentūra 2015 m. planuoja paleisti mažą palydovą energijos perdavimo iš kosmoso galimybei išbandyti.

Didžiausia kliūtis greičiausiai bus ne mokslinio, o ekonominio pobūdžio. Hirošis Jošida (*Hiroshi Yoshida*) iš Tokijuje įsikūrusios konsultavimo kosmoso klausimais kompanijos *Excalibur KK*, perspėjo: „Išlaidas reikia sumažinti iki šimtosios dabartinių apskaičiavimų dalies.“²⁸ Bet palydovai turi būti 35 200 km aukštyje, taigi daug toliau nei įprastiniai Žemės palydovai, skriejantys 480 km aukščio orbitomis; todėl energijos perdavimo nuostoliai gali būti didžiuliai.

Tačiau svarbiausia – nešančiųjų raketų kaina. Tai ta pati kliūtis, kuri sutrukdė įgyvendinti planus sugrįžti į Mėnulį ir tirti Marsą.

Jei nepavyks akivaizdžiai sumažinti raketų paleidimo išlaidų, šis planas tyliai numirs savo mirtimi.

Geriausiu atveju japonų planą būtų galima įgyvendinti iki šio šimtmečio vidurio. Tačiau, turint galvoje sunkumus, susijusius su nešančiosiomis raketomis, labiau tikėtina, kad planui teks palaukti šimtmečio pabaigos, kai nauja raketų karta sumažins paleidimo išlaidas. Bet jei pagrindinė saulės energijos perdavimo iš kosmoso palydovų kliūtis yra išlaidos, kyla ir kitas klausimas: ar įmanoma kosminių kelionių išlaidas sumažinti tiek, kad kada nors galėtume pasiekti net žvaigždes?

ŠEŠTAS SKYRIUS

KOSMINIŲ KELIONIŲ ATEITIS

| ŽVAIGŽDES

Ilgokai užsibuvome kosminio okeano krante, pakaks. Pagaliau atėjo laikas keliauti į žvaigždes.

– Karlas Saganas (*Carl Sagan*)

Mitologiniai senovės graikų dievai galingais kovos vežimais trankėsi po dangiškąsias Olimpo kalno apylinkes. Galingais vikingų laivais norvegų dievai raižė dangiškąsias kosmoso jūras.

Panašus likimas laukia ir žmonijos: 2100 m. ji bus prie naujos kosmoso tyrimų eros slenkščio, veršis į žvaigždes. Žvaigždės, kurios naktį atrodo esančios taip gundomai arti, nors iš tikrųjų yra tolimos, šio šimtmečio pabaigoje atsidurs raketos kuriančių mokslininkų dėmesio centre.

Tačiau erdvėlaivių kūrimo kelias bus akmenuotas. Nors žmonija tiesia rankas į žvaigždes, tačiau kojos tebėra įklampusios dumble. Viena vertus, šiame šimtmetyje prasidės nauja kosmoso tyrimo robotais era, siųsime į kosmosą palydovus ieškoti panašių į Žemę planetų, tyrinėti Jupiterio palydovų ar net fotografuoti ankstyvųjų Didžiojo sprogo stadijų. Tačiau tiesioginis žmonių dalyvavimas kosmoso tyrimų ekspedicijose, taip jaudinęs ne vieną svajotoją ir fantazuotoją kartą, taps nusivylimo šaltiniu.

ARTIMOJI ATEITIS (DABARTIS–2030 M.)

PLANETOS UŽ SAULĖS SISTEMOS RIBŲ

Vienas iš labiausiai stulbinamų kosmoso tyrimų programos laimėjimų yra kosmoso tyrimas robotais, smarkiai praplėtęs žmonijos akiratį.

Svarbiausias robotų misijų uždavinys bus ieškoti kosmose panašių į Žemę planetų, kuriose galima gyvybė; tai šventasis kosmoso tyrimo mokslų Grailis. Kol kas Žemėje esančiais teleskopais nustatyta apie 500 planetų tolimose žvaigždžių sistemose; kas savaitę ar kas dvi aptinkama dar viena. Tačiau didelį nusivylimą kelia tai, kad instrumentai leidžia aptikti tik didžiules Jupiterio dydžio planetas, kuriose, kaip žinome, gyvybės negali būti.

Planetoms aptikti astronomai ieško mažiųjų kokios nors žvaigždės trajektorijos sutrikimų. Svetimas Saulės sistemas galima palyginti su besisukančiu svarmeniu, kai du rutuliai sukasi vienas aplink kitą. Viena gale yra žvaigždė, aiškiai matoma pro teleskopą, o kitame Jupiterio dydžio planeta, kurios ryškumas apie milijardą kartų mažesnis. Saulei ir Jupiterio dydžio planetai sukančiam aplink svarmens centrą, pro teleskopą aiškiai matyti žvaigždės trajektorijos sutrikimai. Šiuo metodu sėkmingai aptikta kosmose šimtai dujinių planetų milžinių, bet jam sunku aptikti mažas, panašias į Žemę, planetas.

Mažiausia planeta, aptikta žemės paviršiuje esančiais teleskopais, rasta 2010 m.; jos masė 3–4 kartus didesnė už Žemės masę. Pažymėtina, kad ši „superžemė“ yra pirmoji, aptikta jos saulės tinkamoje gyvybei egzistuoti zonoje, t. y. tokiame nuotolyje nuo savo saulės, kad joje gali būti skysto vandens.

Padėtis pasikeitė 2009 m. iškėlus į kosmosą Keplerio misijos teleskopą ir *COROT* palydovą 2006 m. Tie kosminiai zondai ieško mažiųjų žvaigždžių šviesos stiprumo svyravimų, atsirandančių, kai planeta atsiduria priešais savo žvaigždę ir užstoja mažytę dalį jos skleidžiamos šviesos.

Krupočiai nuskaitydami tūkstančius žvaigždžių ir ieškodami mažiųjų fliktuacijų, kosminiai zondai, ko gero, galės aptikti šimtus panašių į Žemę planetų. Jas aptikus, bus galima greitai išanalizuoti, ar nėra skysto vandens, bene paties vertingiausio dalyko kosmose. Jis yra universalus tirpiklis, terpė, kurioje greičiausiai atsirado DNR molekulė. Jei planetose būtų rasti skysto vandens okeanai, tai galėtų pakeisti mūsų vaizdinius apie gyvybę Visatoje.

Sensacijų ieškantys žurnalistai vadovaujami posakiu „Sekite paskui pini-gus“, o gyvybės apraiškų kosmose ieškantys astronomai sako: „Sekite paskui vandenį.“

Keplerio vardu pavadintą palydovą pakeis kiti, jautresni palydovai, tar-kime, panašių į Žemę planetų iešiklis. Nors jo paleidimo data kelis kartus buvo atidėta, jis tebėra rimčiausias kandidatas tęsti Keplerio palydovo misiją.

Panašių į Žemę planetų iešiklis naudos daug geresnę optiką ieškoti tokių planetų kosminėje erdvėje. Pirma, jo veidrodis bus keturis kartus didesnis ir 100 kartų jautresnis už Hablo kosminio teleskopo veidrodį. Antra, turės infraraudo-nosios spinduliuotės jutiklius, kurie milijoną kartų sumažins stiprią žvaigždės spinduliuotę ir leis pastebėti neryškią planetą, kuri gali suktis aplink ją. (Tai padaroma dviejų žvaigždės spinduliuotės bangas sujungiant tokiu būdu, kad panaikintų viena kitą; taip pašalinamas nepageidaujamas žvaigždės buvimas.)

Taigi artimiausioje ateityje turėsime kelių tūkstančių planetų sąrašą. Ga-limas dalykas, keli šimtai jų bus labai panašios į Žemę savo dydžiu ir sudėtimi. Tai savo ruožtu didins norą kada nors siųsti zondą į tas tolimas planetas. Bus labai stengiamasi nustatyti, ar panašiose į Žemę planetose yra skysto vandens okeanų, ir ar galbūt jose esančios protingos gyvybės formos neskleidžia kokių nors radijo signalų.

UŽ GOLDILOKO ESANTI EUROPA

Yra dar vienas viliojantis taikinyš zondams, siunčiamiems į Saulės sistemos objektus – Europa. Daug dešimtmečių manyta, kad gyvybė Saulės sistemoje gali egzistuoti tik aplink Saulę plytinčioje vadinamojoje Goldiloko zonoje, kurioje planetos ne per karštos ir ne per šaltos, kad galėtų būti gyvybė.

Žemėje skysto vandens yra dėl to, kad jos orbita nutolusi nuo Saulės reikiamu atstumu. Merkurijuje skystas vanduo užvirtų ir išgaruotų, nes jis per arti Saulės, o Jupiteryje sušaltų, nes ši planeta nuo Saulės per toli. Kadangi skystas vanduo greičiausiai kaip tik ir yra skystis, kuriame pirmiausia susidarė DNR ir baltymų molekulės, ilgai buvo manoma, kad gyvybė Saulės sistemoje gali egzistuoti tik Žemėje, na, gal dar Marse.

Taip manydami astronomai klydo. Kai *Voyager* erdvėlaivis praskrido pro Jupiterio palydovus, pasidarė aišku, kad yra dar viena vieta, kur gyvybė galėtų

klestėti – po Jupiterio palydovų ledo danga. Astronomų dėmesį netrukus patraukė Europa – vienas iš Jupiterio palydovų. Ją dar 1610 m. atrado Galileo Galilėjus (*Galileo Galilei*). Nors paviršius visą laiką padengtas ledo sluoksniu, bet po juo yra skysto vandens okeanas. Kadangi jis daug gilesnis negu Žemėje, bendras tūris, apytikriais apskaičiavimais, turėtų būti du kartus didesnis už visų Žemės okeanų tūrį.

Žinia, kad Saulės sistemoje, be Saulės, yra ir kitas gausus energijos šaltinis, buvo netikėta. Po ledu esantį Europos paviršių visą laiką šildo potvynių ir atoslūgių jėgos. Planetai sukantis aplink Jupiterį, didelė gravitacija spaudžia Europą įvairiomis kryptimis, ir giliai joje atsiranda trinties jėgų. Jos skleidžia šilumą, kuri ištirpdė ledą ir sukūrė nuolatinį skysto vandens okeaną.

Šis atradimas reiškia, kad tolimų žvaigždžių milžiniškų dujinių planetų palydovai gali būti įdomesni už planetas. (Tai gali būti viena iš priežasčių, kodėl Džeimsas Kameronas (*James Cameron*) savo 2009 m. filmui „Įsikūnijimas“ (*Avatar*) veiksmo vieta pasirinko Jupiterio dydžio planetos palydovą.) Gyvybė, anksčiau laikyta gana retu dalyku, iš tikrųjų gali klestėti kosmoso tamsybėse tolimų milžiniškų dujinių planetų palydovuose. Taigi staiga vietų, kuriose gali klestėti gyvybė, skaičius padidėjo daug kartų.

Šio įžymaus atradimo pasekmė ta, kad buvo numatyta apie 2020 m. paleisti Europos Jupiterio sistemos misijos (EJSM) erdvėlaivį. Jis turėtų suktis aplink Europą, o gal net nusileisti. Be to, mokslininkai svajoja ją tirti, siųsdami vis sudėtingesnius prietaisus. Apsvarstyti įvairūs metodai gyvybei po ledu ieškoti. Viena iš galimybių yra vadinamoji *Europos ledo skaldytojo misija*, kai ledo paviršiuje turėtų būti mėtomi rutuliai.¹ Jų kritimo vietose susidarantis dulkių ir nuolaužų kamuolys būtų atidžiai analizuojamas pro tą vietą skriejančio erdvėlaivio. Dar sudėtingesnė programa – po ledu pakišti nuotoliniu būdu valdomą povandeninį laivą su hidrorobotu.

Domėjimąsi Europa pakurstė ir povandeniniai okeanų tyrimai čia, Žemėje. Iki aštuntojo dešimtmečio dauguma mokslininkų manė, kad Saulė yra vienintelis energijos šaltinis gyvybei egzistuoti. Tačiau 1977 m. *Alvin* povandeninis laivas rado įrodymų apie naujas gyvybės formas, klestinčias ten, kur niekas nesitikėjo. Įmdamas pavyzdžius Galapagų įduboje, jis aptiko didžiulį vamzdelinių kirminų, dvigeldžių moliuskų, vėžiagyvių, valgomųjų jūros moliuskų ir kitų gyvybės formų, kurios išgyventi naudojo iš povandeninio ugnikalnio kraterio sklindančią šiluminę

energiją. O kur yra energijos, ten galimà ir gyvybė; povandeninių ugnikalnių krateriai tapo nauju energijos šaltiniu visiškoje jūros dugno tamsoje.

Tiesą sakant, kai kurie mokslininkai mano, kad pirmosios DNR molekulės susidarė ne kokioje nors atslūgusios potvynio bangos balutėje ant jūros kranto, o giliai po vandeniu netoli ugnikalnio kraterio. Okeano dugne buvo rasta pačių primityviausių (ir greičiausiai pačių seniausių) DNR atmainų. Jei taip yra iš tikrųjų, tai gali būti, kad Europos ugnikalnių krateriai gali tiekti energiją susidaryti molekulėms, panašioms į DNR molekules.

Kol kas galima tik spėlioti, kokių gyvybės formų galėtų susidaryti po Europos ledo danga. Jei jų apskritai yra, greičiausiai galėtų būti plaukiojančios būtybės, judėti naudojančios ne regėjimo organus, o veikiau hidrolokatorius. Jų Visatos suvokimą turėtų apriboti gyvenimas po ledo „dangumi“.

LIKA – KOKIA BUVO VISATA IKI DIDŽIOJO SPROGIMO

Dar vienas palydovas, galintis sukelti perversmą mokslo žinių pasaulyje, yra lazerinio interferometro kosminė antena (LIKA) ir ją pakeisiantys įrenginiai. Zondai galbūt pajėgs padaryti tai, kas atrodo neįmanoma – atskleisti, kas vyko iki Didžiojo sproginio.

Iki šiol gebėjome matuoti, koku greičiu tolimes galaktikos tolsta nuo mūsų. (Tai leidžia daryti vadinamasis *Doplerio efektas*, kai šviesos bangų dažnis pakinta, jei žvaigždė priartėja ar tolsta.) Tai leidžia nustatyti Visatos plėtimosi greitį. Tada „sukame vaizdajuostę atgal“ ir apskaičiuojame, kada gi įvyko pirminis sproginis.

Tai labai panašu į tokį atvejį, kai sproginio vietoje tiriamos dar karštos nuolaužos siekiant nustatyti sproginio laiką. Šitaip buvo nustatyta, kad Didysis sproginis įvyko prieš 13,7 mlrd. metų. Tik apmaudu, kad dabartinis palydovas – Vilkinsono mikrobangų anizotropiškumo zondas (VMAZ) – leidžia pažvelgti į Visatos praeitį tik iki 400 000 m. po Didžiojo Sproginio. Todėl palydovai gali pasakyti tik tai, kad sprogo, bet negali pasakyti, kodėl ir kas sprogo, kokia įvykio priežastis.

Štai kodėl LIKA kelia tokį susijaudinimą. Šis palydovas matuos visai naują spinduliuotės tipą – gravitacines bangas, sklindančias nuo pat pirmosios Didžiojo sproginio akimirkos.

Kai tik pavykdavo įvaldyti naujo tipo spinduliuotę, tai pakeisdavo mūsų pasaulėvaizdį. Kai G. Galilėjus pirmasis panaudojo optinį teleskopą planetoms ir žvaigždėms stebėti, atsirado astronomija. Po Antrojo pasaulinio karo patobulinti radijo teleskopai atskleidė sprogstančių žvaigždžių ir juodųjų skylių pasaulį. O dabar trečioji teleskopų karta – teleskopai, aptinkantys gravitacines bangas, gali atskleisti dar labiau kvapą gniaužiančius vaizdus – susiduriančių juodųjų skylių, aukštesnės eilės matmenų, o gal net ir multivisatų pasaulį.

Numatoma LIKA paleidimo data – 2018–2020 m. Šią kosminę anteną sudarys trys palydovai, sujungti trimis lazerio spinduliais. Jie sudarys didžiulį trikampį, kurio kraštinės ilgis 4,8 mln. km. Tai bus pats didžiausias kosminis įrenginys, kada nors iškeltas į orbitą. Didžiojo Sprogimo sukelta gravitacijos banga, dar tebevirpanti Visatoje, truputėlį judins ir palydovus. Tai darys poveikį lazerio spinduliuotei, ir jutikliai fiksuos jų sutrikdymo dažnį bei kitus rodiklius. Mokslininkai galės pasiekti labai tolimą praeitį, nustatyti, kokia buvo Visata praėjus tik trilijonajai sekundės daliai nuo Didžiojo Sprogimo.

(Pasak A. Einšteino, erdvėlaikis yra tarsi audeklas, kurį galima išlenkti ar ištempti. Jei įvyksta didelis sutrikdymas, pavyzdžiui, juodųjų skylių susidūrimas ar Didysis Sprogimas, jo sukeltos bangos gali keliauti audeklu. Bangos – gravitacinės – yra per mažos, kad būtų galima pastebėti paprastais prietaisais, tačiau LIKA yra gana didelis ir jautrus ir aptinka virpesius, sukeltus gravitacinių bangų.)

LIKA pajėgs ne tik aptikti spinduliuotę, sukeltą susiduriančių juodųjų skylių, bet ir pažvelgti, kas buvo iki Didžiojo Sprogimo, nors anksčiau atrodė, jog tai neįmanoma.

Šiuo metu yra kelios hipotezės apie erą iki Didžiojo Sprogimo. Jos kyla iš stygų hipotezės, kuri yra mano mokslinių tyrimų sritis. Pagal vieną scenarijų, mūsų Visata yra savotiškas didžiulis burbulas, kuris visą laiką plečiasi. Mes gyvename jo paviršiuje (esame prilipę kaip musės prie musgaudžio.) Tačiau burbulo pavidalo mūsų Visata yra tik viena iš daugelio kitų burbulo pavidalo visatų okeane, tarsi tik vienas burbulėlis putojančioje vonioje.

Burbulai kartais gali susidurti (tada būtų tai, kas vadinama didžiojo tekstelėjimo hipoteze) arba subyrėti į mažesnius burbulėlius ir plėstis (tuomet bus tai, kas vadinama amžinu plėtimusi). Visos to, kas vyko iki Didžiojo Sprogimo, hipotezės teigia, kaip Visata turėtų skleisti gravitacines bangas po pirmi-

KOSMINIŲ KELIONIŲ ATEITIS

nio sprogimo. LIKA tada gali matuoti gravitacinę spinduliuotę po Didžiojo Sprogimo ir ją lyginti su įvairiomis stygų hipotezės prognozėmis. Šitokiu būdu kai kurias hipotezes LIKA gali patvirtinti ar paneigti.

Tačiau jei paaiškėtų, kad net LIKA nepakankamai jautrus tokiems tyrimams atlikti, galbūt tai pajėgtų kita tokių prietaisų karta (pavyzdžiui, Didžiojo Sprogimo sekiklis).

Pasisekus kosminiai zondai galėtų atsakyti į klausimą, jau kelis šimtmečius nesulaukiantį atsakymo: iš kur atsirado Visata? Taigi netolimoje ateityje galbūt pavyks atskleisti Didžiojo Sprogimo kilmę.

PILOTUOJAMOS KOSMINĖS MISIJOS

Tuo metu, kai kosmoso tyrimas robotais ir toliau atskleis naujas perspektyvas šiai tyrimų kryptiai, pilotuojamos misijos susidurs su kur kas didesnėmis kliūtimis dėl to, kad, palyginti su pilotuojamomis misijomis, robotų misijos daug pigesnės ir lankstesnės, jos leidžia vykdyti tyrimus pavojingoje aplinkoje, nereikia brangių gyvybės palaikymo sistemų ir – svarbiausia – robotų nereikia sugrąžinti į Žemę.

1969 m. atrodė, kad mūsų astronautai yra pasiryžę tirti Saulės sistemą. Nilas Armstrongas (*Neil Armstrong*) ir Bazas Oldrinas (*Buzz Aldrin*) ką tik pasivaikščiojo po Mėnulį, o žmonės jau galvojo apie kelionę į Marsą ir dar toliau. Atrodė, jau esame prie kelionių į žvaigždes slenksčio, žmonijai aušta naujas amžius.

Tik staiga šios svajonės žlugo.

Kaip rašė mokslinės fantastikos knygų autorius A. Azimovas, įmušėme įvartį, pasiėmėme kamuolį ir nuėjome namo. Šiandien senosios *Saturn* raketos dulka muziejuose ar šlamšto sąvartynuose. Visai aukščiausiosios klasės raketų specialistų kartai buvo leista išsiskirstyti. Pirmavimo kosmose lenktynių įkarštis pamažu atvėso. Šiandien garsusis pasivaikščiojimo Mėnulyje epizodas minimas daugiausia tik apdulkėjusiose istorijos knygose.

Tai kas gi atsitiko? Daug kas – karas Vietname, Votergeito skandalas ir t. t. Tačiau tam apibendrinti pakanka vieno žodžio – kaina.

Kartais pamirštame, kad kosminės kelionės yra brangios, labai brangios. Iškelti 0,5 kg krovinio į artimiausią nuo Žemės orbitą kainuoja 10 000 dol. Įsivaizduokime, kad astronautas Džonas Glenas (*John Glenn*) padarytas iš gry-

no aukso, ir suvoksime, kiek kainuoja kelionė į kosmosą. Nusiųsti 0,5 kg krovinį į Mėnulį kainuotų apie 100 000, o į Marsą net apie 1 000 000 dol. (maždaug tiek kainuoja 0,5 kg deimantų).

Tačiau tai tada pranoko lenktyniavimo su rusais jaudulys ir dramatismas. Vaizdingi narsių astronautų nuotyčiai kosmose leido nuslėpti nuo žiūrovų tikrąsias kosminių kelionių išlaidas, o ir šalys buvo pasirengusios brangiai mokėti, kai ant kortos buvo padėta nacionalinė garbė. Tačiau leisti sau tokias dideles išlaidas ištikus dešimtmečius negali net supervalstybės.

Gaila, kad, net praėjus daugiau kaip 300 m. nuo tada, kai I. Niutonas nustatė judėjimo dėsnius, mus tebepersekioja paprasčiausi apskaičiavimai. Išskirti kokiam nors objektui į artimiausią nuo Žemės orbitą reikia 29 000 km/h greičio. O norint siųsti toli į kosmosą, už Žemės traukos lauko ribų jam reikia 46 670 km/h greičio.

(Norėdami pasiekti tokį greitį, turėsime remtis trečiuoju Niutono judėjimo dėsniu, kad kiekvieną veiksmą atitinka tokio pat dydžio veiksmas priešinga kryptimi. Vadinasi, raketa gali greitai judėti pirmyn dėl to, kad leidžia įkaitintas dujas priešinga kryptimi. Taip skraido po kambarį pripūstas ir paleistas balionas.) Tad pagal Niutono dėsnius visai paprasta apskaičiuoti kosminių kelionių kainą. Tirti Saulės sistemą netrukdo nei inžinerijos, nei fizikos dėsniai, trukdo tik kaina.

Blogai, kad raketos turi gabentis ir kurą – padidėja jų masė. Lėktuvai iš dalies to išvengia, nes deguonį gali imti iš oro ir deginti. Tačiau kosmose deguonies nėra, todėl raketos turi gabenti deguonies ir vandenilio rezervuarus.

Dėl to tokios brangios ne tik kosminės kelionės; dėl tos pačios priežasties neturime ir asmeninių skraidyklių, kartais vadinamų kuprinėmis su reaktyviu varikliu, bei skraidančių automobilių. Mokslinės fantastikos autoriai (ne tikri mokslininkai) išreklamavo laikus, kai tokiomis skraidyklėmis skraidysime į darbą ar šeimyniniu skraidančiu automobiliu sekmadienį leisimės į išvyką. Daugelis žmonių yra nusivylę futurologais dėl to, kad jų prognozės niekada neišsipildo. (Štai kodėl matome neapgalvotų straipsnių ir knygų įžūliais pavadinimais, sakykime, „O kur mano asmeninė skraidyklė?“) Tačiau paprasčiausi apskaičiavimai rodo, kodėl taip yra.

Asmeninės skraidyklės jau sukurtos; tiesą sakant, trumpą laiką naciai jas naudojo per Antrąją pasaulinį karą. Tačiau vandenilio peroksidas, įprastas

KOSMINIŲ KELIONIŲ ATEITIS

skraidyklių kuras, greitai baigiasi, todėl skraidykle galima skristi tik keletą minučių. O skraidantys automobiliai su sraigtasparnių mentėmis vartoja baisiai daug kuro, tad ciliniams žmonėms skraidyti iš priemiesčių į darbą per brangūs.

MĖNULIO PROGRAMOS NUTRAUKIMAS

Dėl kosminių kelionių brangumo kosmoso tyrimų pilotuojamais aparatais ateitis šiuo metu neaiški. Buvęs prezidentas Džordžas V. Bušas (*George W. Bush*) buvo pateikęs aiškų, bet ambicingą kosmoso tyrimo planą. Pagal jį, 2010 m. pirmiausia turėjo būti atsisakyta daugkartinio kosminio skraidymo aparato; 2015 m. jį turėjo pakeisti nauja raketų sistema *Constellation*. Antra, 2020 m. astronautai turėtų grįžti į Mėnulį ir galbūt įkurti bazę su nuolatine įgula. Trečia, tai paruoštų dirvą pilotuojamai misijai į Marsą.

Tačiau nuo tada kosminių kelionių ekonomika gerokai pasikeitė, ypač dėl to, kad didelė recesija smarkiai sumažino kosminėms kelionėms ateityje planuotas lėšas. Augustino komisijos ataskaitoje, 2009 m. pateiktoje prezidentui B. Obamai, daroma išvada, kad ankstesnis planas yra nepriimtinas, esant dabartiniam finansavimo lygiui. 2010 m. prezidentas B. Obama Augustino komisijos išvadas patvirtino, atsisakė daugkartinio kosminio skraidymo aparato ir jo keitimo nauju planu, kuris turėjo padėti pagrindą sugrįžimui į Mėnulį.

Artimiausioje ateityje, neturėdama raketų astronautams siųsti į kosmosą, *NASA* bus priversta pasikliauti rusais. Tai gera proga privačioms kompanijoms kurti raketas, reikalingas pilotuojamų kosminių aparatų programai tęsti. Visai atsisakydama praeities tradicijų, *NASA* jau nebekurs raketų kosmoso tyrimo pilotuojamais aparatais programai. Šio plano šalininkai sako, kad jis leis įžengti į naują kosminių tyrimų amžių, kai iniciatyvą perims privatūs asmenys, o kritikai tvirtina: planas sumenkins *NASA* vaidmenį, ji taps „niekur nevedančia agentūra“.

NUSILEIDIMAS Į ASTEROIDĄ

Augustino komisijos ataskaitoje išdėstyta koncepcija, vadinama *lanksčiu keliu*. Joje keliami keli nedideli tikslai, kuriems pasiekti nereikia daug raketinio kuro. Pavyzdžiui, tai galėtų būti misija į kokį nors asteroidą, tuo metu prale-

kiantį pro Žemę ar keliaujantį Marso palydovų link. Ataskaitoje sakoma, kad tai gali būti ir asteroidas, kurio šiuo metu net nėra dangaus žvaigždėlapiuose: klajojantis, galbūt aptiksimas artimiausioje ateityje.

Augustino komisijos ataskaitoje teigiama, jog labiausiai trukdo tai, kad raketinis kuras, reikalingas skristi į Mėnulį, o tuo labiau į Marsą, ir grįžti, kainuotų daugiau, negu galime sau leisti. Tačiau gravitaciniai asteroidų ir Marso palydovų laukai labai silpni, todėl misijoms į juos raketinio kuro reikės mažiau.

Ataskaitoje užsimenama ir apie vadinamuosius Lagranžo taškus – tokias vietas kosmose, kur Žemės ir Mėnulio traukos jėgos viena kitą panaikina. (Tose vietose būtų galima įrengti kosmoso sąvartynus; ten susikaupusios Saulės sistemos formavimosi laikų nuolaužos, ir astronautai galėtų rasti įdomių uolienų iš tų laikų, kai formavosi Žemės–Mėnulio sistema.)

Nusileisti į asteroidą tikrai būtų nebrangi misija, nes gravitaciniai laukai labai silpni. (Dėl tos priežasties ir asteroidai yra ne apvalūs, o netaisyklingi. Didieji Visatos objektai – žvaigždės, planetos ir jų palydovai – apvalūs, nes traukos jėga veikia tolygiai. Bet kokios planetos formos netaisyklingumas pamažu mažėja, traukos jėgai spaudžiant jos plutą. Tačiau gravitaciniai visų asteroidų laukai tokie silpni, kad asteroido suspausti į rutulį nepajėgia.)

Vienas iš galimų kandidatų yra Apofio asteroidas, bauginamai priartėsiantis prie Žemės 2029 m. Jis yra apie 300 m skersmens, taigi maždaug didelio futbolo stadiono dydžio. Prie Žemės priartės tiek, kad net praskries po kai kuriais mūsų palydovais. Priklausomai nuo to, kaip šio asteroido orbita pakis dėl tokio priartėjimo prie Žemės, prie jos jis gali vėl priartėti 2036 m.; tada bus mažytė tikimybė (1 iš 100 000), kad susidurs su Žeme.

Jei taip atsitiktų, smūgio jėga prilygtų 100 000 atominių bombų (tokių, kaip numesta ant Hirošimos) galiai; to pakaktų, kad Prancūzijos dydžio teritorija būtų suniokota gaisrų, smūgio bangų ir įkaitusių nuolaužų. (Palyginimui galima priminti, kad daug mažesnis kosminis objektas, greičiausiai daugiabučio gyvenamojo namo dydžio, 1908 m. nukrito Sibire, Tunguskoje. Jo smūgio jėga buvo maždaug tokia, kaip 1000 Hirošimos bombų. 2600 km² plote buvo išversti medžiai, smūgio banga buvo juntama net už kelių tūkstančių kilometrų. Susidūrimas sukėlė ir keistą dangaus švytėjimą Azijoje ir Europoje, tokį stiprų, kad žmonės Londone naktį galėjo skaityti laikraščius.)

Misija į Apofį gal per daug neapsunkintų *NASA* biudžeto, nes asteroidas ir taip priartės prie Žemės, tačiau nusileisti į jį galėtų būti sunku. Kadangi gravitacinis asteroido laukas labai silpnas, tai būtų veikiau susijungimas, o ne nusileidimas į jį tradicine šio žodžio prasme. Apofis taip pat greičiausiai sukasi netaisyklingai, todėl prieš nusileidimą į jį reikėtų atlikti tikslius matavimus. Būtų įdomu nustatyti asteroido monolitiškumą.

Yra manančių, kad asteroidus gali sudaryti palaidų gabalų sankaupa, kuriai neleidžia išsisklaidyti silpnas gravitacinis laukas. Kiti tvirtina, kad jie gali būti monolitiniai. Nustatyti, kaip yra iš tikrųjų, gali būti labai svarbu, jei kada nors asteroidą reikėtų susprogdinti branduoliniu ginklu. Užuoť subyrėjęs į smulkias dulkes, galėtų subyrėti į kelis didelius gabalus. Jie galėtų sukelti dar didesnę pavojų, negu nepaliestas asteroidas. Taigi būtų geriausia jį priversti truputį pakeisti savo trajektoriją dar per daug nepriartėjęs prie Žemės.

NUSILEIDIMAS Į MARSO PALYDOVĄ

Nors Augustino komisijos ataskaitoje nepalaikoma pilotuojamos misijos į Marsą idėja, minima įdomi galimybė siųsti astronautus į Marso palydovus Fobą ir Deimą. Jie daug mažesni už Mėnulį, todėl ir gravitaciniai laukai labai silpni. Nusileidimas į Marso palydovus leistų ne tik sutaupyti daug lėšų, bet ir turėtų keletą kitų pranašumų.

1. Pirma, palydovus būtų galima panaudoti kaip kosmines stotis. Tai būtų pigus būdas nenusileidžiant šią planetą tirti iš kosmoso.
2. Antra, jie galų gale galėtų užtikrinti pigų būdą pasiekti Marsą. Fobas yra mažiau kaip už 8000 km nuo Marso centro, todėl iš jo nuvykti į Raudonąją planetą būtų galima per kelias valandas.
3. Marso palydovuose greičiausiai yra olų, kurias būtų galima panaudoti nuolatinėms žmonių bazėms įrengti, saugantis meteoritų ir jonizuojančiosios spinduliuotės. Fobo šone yra didžiulis Stiknio krateris, rodantis, kad į palydovą greičiausiai atsitrenkė labai didelis meteoritas ir vos jo nesuskaldė. Tačiau traukos jėga pamažu vėl sugrąžino gabalus į ankstesnę vietą ir palydovą atkūrė. Šis senų laikų susidūrimas greičiausiai paliko daug olų ir plyšių.

GRĮŽIMAS Į MĖNULĮ

Augustino komisijos ataskaitoje paminėta ir misijos į Mėnulį programa. Taigi, sugrįžtume į Mėnulį, jei būtų skirta daugiau lėšų – bent 30 mlrd. dol. per 10 metų. Kadangi tai mažai tikėtina, Mėnulio programa nebebus vykdoma bent artimiausiais metais.

Panaikinta Mėnulio misija buvo vadinama „Konsteliacijos“ programa. Ji susidėjo iš kelių svarbiausių dalių. Pirmą iš jų buvo nešančioji raketa *Ares* – pirmoji didelė JAV nešančioji raketa, kai aštuntajame dešimtmetyje buvo užkonservuota senoji *Saturn*. Ant *Ares* viršaus bus *Orion* modulis, kuris gabentų šešis astronautus į kosminę stotį ar keturis – į Mėnulį. Programoje buvo numatytas ir *Altair* nusileidimo aparatas, tikintis, kad jis iš tikrųjų nusileis Mėnulyje.

Senasis daugkartinio naudojimo kosminis skraidymo aparatas, buvęs nešančiosios raketos šone, turėjo daug konstrukcinių trūkumų, įskaitant ir tai, kad raketa dažnai mėtė putplasčio gabalus. Tai turėjo pražūtingų pasekmių daugkartinio naudojimo aparatui *Columbia*: jis subyrėjo grįždamas į Žemę 2003 m., žuvo septyni narsūs astronautai. Nuo raketos korpuso atskilęs putplasčio fragmentas pramušė sparną. Grįžtant į Žemę, įkaitusios dujos įsiskverbė į *Columbia* korpuso vidų, ir jis subyrėjo. *Constellation* aparate įgulos modulis bus ant nešančiosios raketos viršaus, todėl šio trukdžio nebeliks.

„Konsteliacijos“ programą spauda pavadino „Apolono programa su steroidais“, nes ji labai panaši į aštuntojo dešimtmečio raketų į Mėnulį programą. *Ares I* nešančioji raketa turėjo būti 99 m aukščio, taigi artima 107 m aukščio *Saturn V* raketai. Ji turėjo iškelti į kosmosą *Orion* modulį, pakeisiantį senąjį daugkartinio naudojimo kosminį skraidymo aparatą. Tačiau, esant reikalui iškelti į kosmosą labai didelius svorius, *NASA* turėjo panaudoti *Ares V* raketą; ji turėjo būti 116 m aukščio ir pajėgi iškelti 207 t naudingojo svorio. *Ares V* raketa turėjo sudaryti bet kokios misijos į Mėnulį ar Marsą pagrindą. (Nors kurti šią raketą buvo atsisakyta, kalbama, kad kai kurios sudedamosios jos dalys galbūt bus išsaugotos būsimosioms misijoms.)

NUOLATINĖ BAZĖ MĖNULYJE

Nors prezidentas B. Obama „Konsteliacijos“ programą panaikino, paliko keletą kitų galimybių. *Orion* modulis, turėjęs vėl nugabenti mūsų astronautus į Mėnulį, dabar aptarinėjamas kaip galimà tarptautinės kosminės stoties atskiriama avarinė sekcija. Kada nors ateityje, kai šalies ekonominė padėtis pagerės, kita administracija galbūt vėl nukreips žvilgsnį į Mėnulį, gal prisimins ir bazės kūrimo idėją.

Nuolatinio žmonių buvimo Mėnulyje užduotis susiduria su daugeliu kliūčių. Pirma iš jų yra mikrometeoritai. Kadangi oro Mėnulyje nėra, iš kosmoso dažnai nukrinta uolų gabalai. Tai matyti jo paviršiuje, nusėtame nukritusių meteoritų paliktais randais; kai kurie iš jų yra net milijardų metų.

Tokio pavojaus galimybe įsitikinau dar mokydamasis Kalifornijos universiteto Berklyje magistrantūroje. Tuo metu, aštuntojo dešimtmečio pradžioje, iš Mėnulio atgabenti uolienų pavyzdžiai mokslo bendruomenei sukėlė tikrą sensaciją. Buvau pakviestas į laboratoriją, vykdžiusią mikroskopinius Mėnulio uolienų tyrimus.

Uoliena atrodė kaip ir visos, nes Mėnulio uolienos labai panašios į Žemės uolienas, tačiau, pažvelgęs pro mikroskopą, apstulbau: pamačiau mažyčius meteoritų kraterius, o jų viduje dar mažesnius kraterius. Krateriai kitų kraterių viduje esančiuose krateriuose – ne, tokių dalykų dar nebuvo matęs! Iš karto supratau, kad, Mėnulyje nesant atmosferos, net mažiausia mikroskopinė dalelė, atsitrenkusi 64 000 km/h greičiu, lengvai gali užmušti ar bent kiaurai pereiti per skafandrą. (Mokslininkai supranta, kad mikrometeoritai gali padaryti labai daug žalos, nes moka modeliuoti jų smūgius. Laboratorijose sukurti specialūs pabūklai, šaudantys metalinėmis tabletėmis, meteoritų smūgiams tyrinėti.)

Vienas iš galimų sprendimo būdų – statyti pomėnulinę bazę. Kadangi Mėnulyje kadaise aktyviai veikė ugnikalniai, įmanoma, kad astronautai lavoje ras vamzdžių, giliai įsiskverbusių į Mėnulį. (Juos galėjo sukurti senieji lavos srautai, po paviršiumi suformavę olas bei tunelius.) 2009 m. astronomai lavoje aptiko maždaug dangoraižio dydžio vamzdį, kuriame būtų galima įrengti nuolatinę bazę.

Tokia natūrali ertmė galėtų pigiai apsaugoti astronautus nuo kosminių spindulių ir Saulės žybsnių. Net skrisdami iš Niujorko į Los Andželą gauname

miliremą per valandą jonizuojančiosios spinduliuotės (maždaug tiek, kaip danties rentgeno nuotrauką). Mėnulyje astronautai radiacijos galėtų gauti tiek daug, kad būtų priversti gyventi požeminėse bazėse. Nesant atmosferos, mirtinai pavojingi Saulės žybsniai ir kosminiai spinduliai astronautams keltų tiesioginį pavojų: paskatintų per ankstyvą senėjimą ir net vėžį.

Kitas dalykas – nesvarumas, ypač ilgalaikėse kosminėse misijose. Man teko lankytis *NASA* mokymo centre Klivlande, Ohajo valstijoje, kur atliekami astronautų plataus masto patikrinimai ir bandymai. Per vieną bandymą mačiau, kaip bandomąjį specialiu įtvaru pakabino horizontaliai. Tada jis pradėjo bėgti vertikaliu bėgtakiu. Šitokiu būdu *NASA* mokslininkai galėjo modeliuoti nesvarumą, stebėdami tiriamojo ištvermę.

Iš *NASA* gydytojų sužinojau, kad nesvarumas yra kenksmingesnis, negu maniau. Vienas iš jų teigė, kad, kelis dešimtmečius darę ilgalaikio amerikiečių ir rusų astronautų buvimo nesvarumo būklėje tyrimus, mokslininkai jau supranta, kad kūną jis labai paveikia: atrofuoja raumenys, kaulai, širdies ir kraujagyslių sistema. Mūsų kūnai vystėsi milijonus metų gyvenant gravitaciniame Žemės lauke. Ilgesniam laikui atsidūrus silpnesniame gravitaciniame lauke, sutrinka visi biologiniai procesai.

Rusų astronautai, kosmose praleidę apie metus, sugrįžo į Žemę tokie nusilpę, kad pajėgė tik ropoti ar šliaužti. Nors kosmose mankštinosi kiekvieną dieną, raumenys vis tiek atrofavo, kaulai neteko daug kalcio, pradėjo silpnėti širdies ir kraujagyslių sistema. Ne vienam atsigauti prisireikė ne vieno mėnesio, o kai kurie žalingi pokyčiai gali būti nepataisomi, liks visam laikui.

Kelionė į Marsą, galinti užtrukti porą metų, astronautams atimtų tiek jėgų, kad atvykę atlikti misijos nebepajėgtų. (Išeitis yra – sukurti erdvėlaivį: jame sukurti dirbtinę gravitaciją. Dėl tos pačios priežasties iš virš galvos sukamo kibiro su vandeniu vanduo neišsilis. Tačiau taip daryti būtų neleistinai brangu, nes erdvėlaivį reikėtų sukurti sunkiais mechanizmais, o juk kiekvienas papildomas kilogramas misijos kainą padidina 10 000 dol.)

VANDUO MĖNULYJE

Padėtis pasikeitė, kai Mėnulyje buvo rasta seno ledo; greičiausiai tai yra seniai įvykusio susidūrimo su kometa palikimas.² 2009 m. *NASA* Mėnulio krate-

rių stebėjimo ir registravimo palydovo zondas ir nešančioji jo raketa *Centaur* nukrito Mėnulio pietų poliaus regione. Jie atsitrenkė į Mėnulį 8960 km/h greičiu ir sukėlė beveik 1,6 km aukščio dulkių debesį bei išmušė apie 18 m skersmens kraterį.

Nors televizijos žiūrovai nusivylė, kad smūgis nesukėlė žadėto išpūdingo sprogo, tačiau davė daugybę mokslinių duomenų. Dulkių debesyje buvo rastas apie 91 l vandens. Tada, 2010 m., mokslininkai padarė negirdėtą pareiškimą, kad 5 % dulkių debesies sudarė vanduo, tad Mėnulyje drėgmės daugiau, negu kai kuriose Sacharos dykumos dalyse.

Tai gali būti svarbu, nes galėtų reikšti, jog ateityje astronautai po Mėnulio paviršiumi esantį ledą galėtų naudoti kaip raketų kurą (išgautų vandenyje esantį vandenilį), kvėpuoti (iš vandens išskirtų deguonį), apsauginiam skydui (vanduo gali sugerti spinduliuotę) ir išvalę gerti. Tad šitas atradimas kiekvienos misijos į Mėnulį išlaidas galėtų sumažinti šimtais milijonų dolerių.

Atradimas gali reikšti, kad astronautams bus įmanoma gyventi iš to, ką ras Mėnulyje, jo vandenį ir mineralines žaliavas naudoti nuolatinei bazei sukurti ir jai aprūpinti.

ŠIMTMEČIO VIDURYS (2030–2070 M.)

MISIJA Į MARSĄ

Prezidentas B. Obama, 2010 m. vykdamas į Floridą pranešti apie Mėnulio programos anuliavimą, paliko vilčių misijos į Marsą perspektyvai. Jis palaikė idėją finansuoti dar nekonkretizuotą sunkią nešančiąją raketą, kuria kada nors būtų galima siųsti astronautus į kosmoso gelmes, toli už Mėnulio. Jis sakė: gal sulauks tos dienos, galbūt maždaug ketvirtojo dešimtmečio viduryje, kai mūsų astronautai išsilaipins Marse. Kai kurie astronautai, pavyzdžiui, B. Oldrinas, džiaugsmingai palaikė šį B. Obamos planą, nes jame apie Mėnulį nekalbama. B. Oldrinas kartą man sakė, kad Jungtinės Valstijos Mėnulyje jau buvo, tad tikrasis iššūkis – misija į Marsą.

Iš visų Saulės sistemos planetų tik Marsas panašus į Žemę tiek, kad jame galėtų būti kokios nors formos gyvybė. (Svilinamas Saulės, Merkurijus yra per daug priešiškas mums žinomoms gyvybės formoms. O dujiniai milžinai – Ju-

piteris, Saturnas, Uranas ir Neptūnas – per šalti, kad juose galėtų būti gyvybė. Venera yra Žemės dvynė, bet dėl šiltnamio dujų pasekmių viešpatauja tikras pragaras: temperatūra pakyla iki 480 °C, daugiausia iš anglies dioksido sudaryta atmosfera yra 100 kartų tankesnė negu Žemėje, lyja sieros rūgštis lietūs. Taigi Veneroje žmogus uždustų, būtų sutraiškytas atmosferos slėgio, lavonas apdegtų nuo karščio, likučius ištirpintų sieros rūgštis.)

Kita vertus, Marsas kadaise buvo drėgna planeta, būta okeanų ir upių vagų, tik jau seniai išnyko. Šiandien jis – tik šalčio sukaustyta dykuma be jokių gyvybės požymių. Galbūt prieš milijardus metų klestėjo mikroorganizmai; jų gal dar išliko iki šiol po planetos paviršiumi esančiuose karštuosiuose šaltiniuose.

Mūsų šaliai tvirtai įsipareigojus vykti į Marsą, gali prisireikėti 20–30 m. šiai misijai surengti. Pasiiekti Marsą bus daug sunkiau, nei buvo pasiekti Mėnulį. Sunkumo atžvilgiu tai bus kvantinis šuolis. Nuvykti į Mėnulį pakako trijų dienų, į Marsą reikės nuo šešių mėnesių iki vienerių metų.

2009 m. liepos mėn. *NASA* mokslininkai blaiviai pasvarstė, kaip Marso misija galėtų atrodyti. Pasiiekti astronautams reikėtų apie šešis ar daugiau mėn., jame praleistų aštuoniolika mėn., o grįžti į Žemę reikėtų dar šešių mėn.

Reikėtų nugabenti apie 680 t įrangos, taigi daugiau, negu 100 mlrd. dol. vertės kosminei stočiai. Norėdami sutaupyti maisto ir vandens, skrisdami ir būdami planetoje astronautai turėtų valyti savo atliekas ir jomis tręšti augalus. Kadangi Marse nėra nei oro, nei dirvožemio, nei vandens, viską reikėtų atsigabenti iš Žemės. Nebūtų įmanoma pragyventi dirbant žemę, nes ten nėra nei deguonies, nei skysto vandens, nei augalų, gyvūnų. Atmosfera sudaryta iš beveik gryno anglies dioksido, o slėgis sudaro tik 1 % atmosferos slėgio Žemėje. Todėl, įtrūkus skafandrui, slėgis jo viduje greitai nukristų, ir žmogus mirtų.

Ši misija būtų tokia sudėtinga, kad ją reikėtų suskirstyti į kelis etapus. Kadangi gabentis raketinį kurą grįžti į Žemę būtų labai brangu, būtų galima iš anksto nusiųsti atskirą raketą su raketiniu kuru erdvėlaivio kuro atsargoms. (Arba jei iš Marse esančio ledo pavyktų išgauti pakankamai deguonies ir vandenilio, būtų galima juos panaudoti kaip raketinį kurą.)

Marse astronautams greičiausiai reikėtų ne vienos savaitės priprasti. Dienos/nakties ciklas beveik toks pat, kaip ir Žemėje (paros trukmė Marse – 24,6

val.) Tačiau metai beveik dvigubai ilgesni. Temperatūra niekada nepakyla iki ledo tirpimo ribos, o dulkių audros ištis siaubingos. Smėlis yra talko miltelių konsistencijos, tad visą planetą apgaubiančios dulkių audros – įprastas dalykas.

ŽEMĖS PAVIDALO MARSAS?

Darant prielaidą, kad astronautai Marsą pasieks apie šio šimtmečio vidurį ir įsteigs primityvų forpostą, yra galimybė, kad jiems gali kilti mintis padaryti Marsą panašesnį į Žemę, pakeisti taip, kad taptų tinkamesnis gyventi. Darbai galėtų prasidėti ne anksčiau, kaip šio šimtmečio pabaigoje, bet veikia tik kito šimtmečio pradžioje.

Mokslininkai išnagrinėjo keletą būdų, kaip Marsą būtų galima padaryti panašesnį į Žemę. Bene paprasčiausia – papildyti atmosferą metanu ar kitomis šiltnamio efektą sukeliančiomis dujomis. Kadangi kaip šiltnamio efektą sukeliančios dujos metanas veikia stipriau už anglies dioksidą, metano dujos galėtų tapti saulės šviesos gaudyklėmis ir leistų Marso paviršiaus temperatūrai pakilti virš ledo tirpimo ribos. Be metano, galimiems atmosferos keitimo eksperimentams nagrinėtos ir kitos šiltnamio efektą sukeliančios dujos – amoniakas ir freonai.

Kai temperatūra pradėtų kilti, galėtų imti tirpti amžinasis įšalas (pirmą kartą per milijardus metų), ir upių vagos pildytųsi vandeniu. Ilgainiui, didėjant atmosferos tankiui, vėl galėtų atsirasti ežerų ir netgi okeanų. Tai išlaisvintų daugiau anglies dioksido, ir pradėtų veikti teigiamas grįžtamasis ryšys.

2009 m. buvo aptikta, kad iš Marso paviršiaus metano dujos skiriasi natūraliai. Jų šaltinis lig šiol tebėra nenustatytas. Žemėje jų daugiausia susidaro irstant organinėms medžiagoms. Tačiau Marse jis gali būti šalutinis geologinių procesų produktas. Jei pavyktų nustatyti metano dujų šaltinį, galbūt būtų įmanoma jų išgauti daugiau ir pakeisti atmosferos sudėtį.

Kita galimybė yra į atmosferą nukreipti kometa. Jei pavyktų prisiartinti prie gana toli esančios, tai net mažyčio raketos variklio postūmio, zondo poveikio ar erdvėlaivio traukos jėgos galėtų pakakti jos trajektorijai truputėlį pakeisti. Kometos sudarytos daugiausia iš ledo, jos periodiškai raižo Saulės sistemos erdves. (Pavyzdžiui, Halėjaus kometos branduolys, panašus į žemės

riešutą, yra apie 32 km skersmens ir sudarytas iš ledo ir akmenų.) Kometa, artėdama prie Marso paviršiaus, sutiktų atmosferos pasipriešinimą ir pamažu pradėtų irti, o vanduo garais pereitų į šios planetos atmosferą.

Jei kometų tuo metu nebūtų, Marso link būtų galima nukreipti vieną iš ledinių Jupiterio palydovų ar galbūt ledo turintį asteroidą, sakykime, Cererą, kurios, kaip manoma, 20 % sudaro vanduo. (Pakeisti planetų palydovų ir asteroidų trajektorijas būtų sunkiau, nes jie paprastai juda stabiliomis orbitomis.) Tačiau, užuot leidus kokiai nors kometai, palydovui ar asteroidui pamažu suirti, besisukant savo orbitomis aplink Marsą, išlaisvinant vandens garus, yra ir kitoks pasirinkimas – judėjimą nukreipti taip, kad valdomi susidurtų su Marso ledo kepurėmis.

Marso poliariniai regionai padengti sušalusio anglies dioksido sluoksniu, išnykstančiu vasarą, ir ledo sluoksniu, sudarančiu pastoviąją ledo kepurį dalį. Jei kometa, palydovas ar asteroidas smogtų į ledo kepurę, išsiskirtų tiek daug šilumos, kad sausasis ledas (sušalęs anglies dioksidas) virstų garais. Kadanagi anglies dioksidas yra šiltnamio efektą sukeliančios dujos, dėl to padidėtų Marso atmosferos tankis, ir jame pagreitetų globalinio atšilimo procesas. Tada galėtų atsirasti ir teigiamas grįžtamasis ryšys. Kuo daugiau anglies dioksido išsiskirtų iš ledo kepurų, tuo smarkiau kiltų Marso temperatūra, ir daugiau išsiskirtų anglies dioksido.

Kitas siūlymas – tiesiai ant ledo kepurų sprogdinti branduolines bombas. Šio būdo trūkumas – kad susidariusiame skystame vandenyje gali būti radioaktyviųjų dulkių. Būtų galima bandyti pastatyti ir termobranduolinės sintezės reaktorių poliarinėms ledo kepurėms tirpdyti. Pagrindinis šių reaktorių kuras – vanduo, o jo, užšalusio Marse, netrūksta.

Kai tik temperatūra Marse pakiltų virš ledo tirpimo ribos, galėtų atsirasti vandens telkinių ir kai kurių dumblių atmainų, kurios Žemėje puikiai jaučiasi Antarktyje; jas būtų galima įveisti ir Marse. Jos tikrai galėtų klestėti atmosferoje, kurios 95 % sudaro anglies dioksidas. Būtų galima ir genetiškai modifikuoti taip, kad augtų kuo geriausiai. Tokie vandens telkiniai su dumbliais Marso panašėjimo į Žemę procesą galėtų spartinti keliais būdais.

Pirma, anglies dioksidą galėtų versti deguonimi. Antra, Marso paviršių dumbliai darytų tamsesnę ir absorbuotų daugiau Saulės šilumos. Trečia, jie augtų savaime be jokio skatinimo iš išorės, tad šis variantas turėtų būti

KOSMINIŲ KELIONIŲ ATEITIS

palyginti pigus būdas aplinkai pakeisti. Ketvirta, dumblius galima auginti ir maistui. Ilgainiui vandens telkiniuose su dumbliais susidarytų dirvožemis, ir atsirastų maisto medžiagų, tinkamų augalams, o tai savo ruožtu paspartintų deguonies gaminimąsi.

Mokslininkai domėjosi ir galimybe kurti Marsą supančius palydovus Saulės šviesai atspindėti. Jie išildytų Marso paviršių aukščiau vandens užšalimo temperatūros. Taip atsitikus ir amžinajam išalui pradėjus tirpti, planeta šiltų savaime.

EKONOMINĖ NAUDA?

Nereikia turėti iliuzijų, kad, kolonizavę Mėnulį ir Marsą, iš karto gausime ekonominės naudos. Kristupas Kolumbas (*Cristoforo Colombo*), 1492 m. atradęs Naująjį pasaulį, atvėrė duris istorinei ekonominei sėkmei. Netrukus konkistadorai pradėjo siųsti į tėvynę daugybę aukso, prisigrobto iš vietinių Amerikos gyventojų, o kolonistai į Senąjį pasaulį – vertingas žaliavas bei javus. Ekspedicijos į Naująjį pasaulį siuntimo išlaidos atsipirko su kaupu dėl pasakiškų turtų, kuriuos buvo galima susikrauti iš atradimų.

Tačiau situacija su kolonijomis Mėnulyje ar Marse būtų visiškai kitokia. Ten nėra oro, skysto vandens, derlingos žemės, todėl viską reikėtų gabentis erdvėlaiviais, o tai nepakeliamai brangu.

Be to, iš Mėnulio kolonizavimo ir karinės naudos nedaug, bent artimiausiu metu, nes iš Žemės nuvykti į Mėnulį reikia vidutiniškai trijų dienų, tiek pat ir kelionei priešinga kryptimi. O jei įvyktų branduolinis karas – tarpžemyninės balistinės raketos taikinius gali pasiekti vos per pusantros valandos. Tai gi kosminė kavalerija iš Mėnulio laiku nepasiektų mūsų lauko Žemėje, kad galėtų nulemti baigtį. Todėl Pentagonas neskyrė lėšų jokiai skubiai Mėnulio militarizavimo programai.

Vadinasi, jei pradėtume didelio masto kasybos darbus kituose pasauliuose, iš to naudos turėtų tik kolonijos kosmose, o ne Žemės gyventojai. Kolonistai kastų metalus ir kitokias mineralines žaliavas savo reikalams, nes gabentis iš Žemės būtų per brangu. Kasybos operacijos asteroidų juostoje taptų rentabilios tik tada, kai atsirastų ekonominiu atžvilgiu savarankiškos kolonijos, žaliavas perdirbančios pačios, o taip gali įvykti tik šio šimtmečio pabaigoje arba, greičiausiai, dar vėliau.

KOSMINIS TURIZMAS

Tačiau kada gi kosmose galės apsilankyti ir eilinis pilietis? Kai kurie fantastai, pavyzdžiui, velionis Džerasas O'Nilas (*Gerard O'Neill*) iš Prinstono universiteto svajėjo apie žmonių koloniją kosmose – milžinišką ratą, kuriame būtų gyvenamosios patalpos, vandens valymo, oro regeneravimo stotys ir t. t. Ji būtų įkurta, siekiant sumažinti gyventojų perteklių Žemėje, tačiau XXI a. mintį, kad kolonijos kosmose bus išeitis, geriausiu atveju galima laikyti tik fantastiška. Didžiajai žmonijos daugumai Žemė liks vieninteliais jų namais dar bent šimtą ar daugiau metų.

Tačiau yra būdas, kuriuo paprastas žmogus tikrai gali pakilti į kosmosą – kaip turistas. Yra verslininkų, kritikuojančių baisų *NASA* švaistymą, biurokratizmą ir manančių, kad jie, naudodamiesi rinkos jėgomis, galėtų sumažinti kosminių kelionių kainas. Bertas Ratanas (*Burt Rutan*) ir jo investuotojai 2004 spalio 4 d. jau laimėjo 10 mln. dol. vertės *Ansari X* prizą už tai, kad du kartus per dvi savaites paleido erdvėlaivį *SpaceShipOne*, pakilusį į 99,2 km aukštį. Tai pirmasis raketomis varomas erdvėlaivis, sėkmingai sukurtas privačiomis lėšomis – privati investicija į kosmosą. Jam sukurti buvo išleista apie 25 mln. dol. Šį projektą finansiškai paremti įsipareigojo ir *Microsoft* kompanijos milijardierius Polas Alenas (*Paul Allen*).

Dabar su erdvėlaiviu *SpaceShipTwo* B. Ratanas rengiasi pradėti bandymus, kurie leistų komercinius kosminius skrydžius padaryti tikrove. Milijardierius Ričardas Bransonas (*Richard Branson*) iš *Virgin Atlantic* kompanijos įkūrė *Virgin Galactic* kompaniją ir savo kosmodromą Naujosios Meksikos valstijoje. Ji jau turi ilgą sąrašą žmonių, pasiryžusių skirti 200 000 dol. savo svajonės pabūti kosmose įgyvendinimui. *Virgin Galactic*, kuri bus pirmoji didelė kompanija, siūlanti komercinius skrydžius į kosmosą, jau užsisakė penkias *SpaceShipTwo* raketas. Jei viskas eisis sėkmingai, kosminių skrydžių kainą tai gali sumažinti net 10 kartų.

SpaceShipTwo išlaidoms sumažinti taiko du metodus. Užuot naudojęs didžiules nešančiąsias raketas naudingam kroviniui į kosmosą iškelti, B. Ratanas savo erdvėlaivį uždeda ant lėktuvo viršaus, kad jis būtų ant orą naudojančio lėktuvo. Šitaip pakilti į didelį aukštį naudojamas atmosferos deguonis. Tada, maždaug 16 km aukštyje, erdvėlaivis atsiskiria nuo lėktuvo ir įjungia savo raketinius variklius.

KOSMINIŲ KELIONIŲ ATEITIS

Nors erdvėlaivis negali skristi orbita aplink Žemę, turi pakankamai kuro 112 km aukščiui pasiekti, įveikti didžiąją atmosferos dalį. Jo keleiviai gali stebėti, kaip dangus nusidažo purpurine spalva, vėliau tampa juodas. Erdvėlaivio varikliai užtektinai galingi pasiekti trijų machų greitį (kitai sakant, erdvėlaivis gali tris kartus viršyti garso greitį, skristi iki 3520 km/h). Žinoma, to per mažai raketai išvesti į orbitą (reikia išvystyti 25 600 km/h greitį), tačiau pakanka keleivį iškelti iki atmosferos pakraščio, jos slenkščio su kosmosu. Galimas dalykas, netolimoje ateityje išvyka į kosmosą kainuos ne daugiau už safarij Afrikoje.

(Tačiau, norint apskristi visą Žemės rutulį, reikėtų sumokėti kur kas daugiau, kad galėtume patekti į kosminę stotį. Kartą paklausiau *Microsoft* kompanijos milijardieriaus Čarlzo Saimenio (*Charles Simonyi*), kiek jam kainavo bilietas į Kosminę stotį. Žiniasklaida tvirtina, kad apie 20 mln. dol. Jis atsakė: nenorėtų duoti tikslaus atsakymo, bet žiniasklaidos pranešimai nelabai toli tiesos. Jam ten taip patiko, kad jis nuskrido dar kartą. Taigi kelionės į kosmosą, bent artimiausiu metu, liks turtingų žmonių privilegija.)

Tačiau kosminis turizmas susilaukė paskatinimo 2010 m. rugsėjį, kai *Boeing Corporation* kompanija paskelbė, jog ir ji įžengia į šį verslą ir planuoja nuo 2015 m. rengti turistams komercinius skrydžius. Tai paremtų prezidento B. Obamos sprendimą pilotuojamų kosminių skrydžių programą perduoti privačiam verslui.

Boeing kompanijos plane numatyta leisti erdvėlaivius į tarptautinę kosminę stotį iš Kanaveralo kyšulio Floridoje. Erdvėlaivį aptarnautų keturių žmonių komanda, tad liktų trys vietos kosminiams turistams. Tačiau *Boeing* kompanija apie privačių išvykų į kosmosą finansavimą kalba aiškiai ir atvirai: didžiąją sąskaitos dalį turi sumokėti mokesčių mokėtojai. „Tai nepatikima rinkla, – sako Džonas Elbonas (*John Elbon*), *Boeing* kompanijos komercinių kosminių skrydžių programos vadovas.³ – Jei tai reikėtų daryti tik mūsų kompanijos pinigais ir būtų susiję su rizikos veiksniais, užsiimti šiuo verslu negalėtume.“

KITI VARIANTAI

Atgrasus kosminių kelionių brangumas buvo didelė kliūtis ir komercijai, ir mokslo pažangai, todėl čia reikia naujų, perversmą sukelsiančių technologijų.

Iki šio šimtmečio vidurio mokslininkai ir inžinieriai kurs naujas nešančiąsias raketas, siekdami sumažinti kosminių kelionių išlaidas.

Fizikas F. Daisonas patikslino kai kurias eksperimentines technologijas, kurios vieną gražią dieną galėtų atverti kelią į kosmosą ir paprastam žmogui.⁴ Visi siūlomi būdai labai pavojingi, bet gali itin sumažinti išlaidas. Pirmas – lazerinis variklis. Tai labai galingas lazeris raketos apačioje, sukeliantis mažus sprogičius, kurių smūginės bangos stumtų raketą aukštyn. Nepaliaujamas sprogičių srautas vandenį verstų garais, jų slėgis stumtų raketą į kosmosą. Didelis sistemos pranašumas yra tas, kad energijos šaltinis – natūrali gamtinė medžiaga. Lazerinėje raketoje kuro apskritai nebūtų. (Cheminės raketos, priešingai, daug energijos suvartoja kurui į kosmosą iškelti.)

Lazerinės varymo sistemos technologija jau buvo demonstruojama, o pirmas sėkmingas modelio išbandymas buvo atliktas 1997 m. Leikas Mirabas (*Leik Mirabo*) iš Renselero politechnikos instituto Niujorke sukūrė veikiančius tokios raketos prototipus, kuriuos vadina demonstraciniais lengvųjų erdvėlaivių technologijos modeliais. Vienas iš pirmųjų variantų – 15 cm skersmens ir svėrė 60 g. 10 kW galingumo lazeris raketos apačioje sukėlė visą seriją sprogičių, kurių garsas panašus į šaudymo kulkosvaidžiu, o oro pliūpsniai raketai suteikė iki 2 g pagreitį (du kartus didesnę už Žemės gravitacinės jėgos pagreitį, arba $19,6 \text{ m/s}^2$). Jam pavyko pagaminti tokias lengvasias raketas, kurios pakilo į daugiau kaip 30 m aukštį (taigi tiek pat, kiek ir pirmosios Roberto Godardo (*Robert Goddard*) skystojo kuro raketos XX a. ketvirtajame dešimtmetyje).

F. Daisonas svajoja, kad ateis laikas, kai lazerinės varymo sistemos į orbitas aplink Žemę sunkius krovinius galės iškelti labai pigiai – tik po 5 dol. už 0,5 kg. Tai sukeltų tikrą kosminių kelionių perversmą. Jis galvoja apie didžiulį, 1000 MW galios lazerį, pajėgų iškelti į orbitą 2 t raketą. (Tokia yra ir paprastos branduolinės elektrinės galia.)

Raketą sudarytų naudingas kroviny ir jos apačioje esantis bakas su vandeniu, iš kurio pro mažytes poras lėtai sunkiasi vanduo. Ir naudingas kroviny, ir bakas su vandeniu sveria po toną. Lazerio spinduliui palietus raketos dugną, vanduo akimirksniu virsta garais ir sukuria seriją smūginių bangų, stumiančių raketą į kosmosą. Raketa pasiekia 3 g pagreitį ir per 6 min atsiduria už Žemės traukos ribų.

Kadangi raketa negabena jokio kuro, nėra katastrofiško jos sprogičio pavojaus. Nors nuo cheminės raketos naudojimo pradžios praėjo jau 50 m., vis

dar patiriama nesėkmių (jų skaičius sudaro apie 1 %). Jų avarijos labai vaizdingos: lakus deguonies ir vandenilio kuras sukelia milžiniškus ugnies kamuolius, o nuolaužos nusėja visą pakilimo aikštelę. Ši sistema, priešingai, yra paprasta, saugi, ją galima naudoti pakartotinai su labai trumpomis pertraukomis tarp startų, naudojamas tik vanduo ir lazeris.

Be to, ilgainiui ji atsipirks. Jei per metus bus 0,5 mln. erdvėlaivių startų, iš keleivių surinkti pinigai be vargo padengs ne tik sistemos eksploatacines, bet ir kūrimo išlaidas. Tačiau F. Daisonas supranta, kad svajonė gali išsipildyti tik po daugelio dešimtmečių. Fundamentiniams didžiulių lazerių tyrimams reikia lėšų, toli pranokstančių universitetų galimybes. Jei tyrimų finansiškai neparems kokia nors didelė kompanija ar vyriausybė, lazerinė varymo sistema niekada nebus sukurta.

Kaip tik čia ir galėtų padėti X prizas. Kartą kalbėjausi su Piteriu Daimandžiu (*Peter Diamandis*), kuris ir įsteigė šį prizą 1996 m., ir pamačiau, kad jis labai gerai supranta cheminių raketų trūkumus. Pripažino, jog net *SpaceShip Two* raketai, kaip ir būdinga cheminėms raketoms, brangiai kainuoja ištrūkti iš Žemės traukos. Todėl ateityje X prizą gaus tas, kam pavyks sukurti raketą, varomą energijos pluoštu. (Tačiau, užuot naudojusi lazerio spinduliuotės pluoštą, galėtų naudoti paprastą elektromagnetinės energijos šaltinį – mikrobanginės spinduliuotės pluoštą.) X prizo populiarumas ir noras gauti daugiamilijoninį prizą gali būti pakankamos paskatos sukelti verslininkų ir išradėjų susidomėjimą idėja kurti nechemines raketąs – mikrobangines.

Yra ir kitų eksperimentinių raketų konstrukcijų, bet ir jos susijusios su įvairiais pavojais. Vienas iš galimų variantų – dujinė patranka, kai sviediniai iššaunami iš didžiulės patrankos, kažkiek panašios į aprašytą Ž. Verno romane „Iš Žemės į Mėnulį“. Tačiau Ž. Verno raketa skristi niekada negalėtų, nes paraku neįmanoma paleisti sviedinio 40 000 km/h greičiu, kurio reikia norint ištrūkti iš Žemės traukos. Dujinė patranka, priešingai, naudoja labai suslėgtas dujas ilgame vamzdyje sviediniams paleisti dideliu greičiu.

Velionis Abrahamas Hercbergas (*Abraham Hertzberg*) Vašingtono universitete Siatle pagamino tokios patrankos prototipą – skersmuo 10 cm, ilgis 9 m. Viduje esantis metano ir oro mišinys iš anksto suslegiamas tiek, kad jo slėgis 25 kartus viršytų atmosferos slėgį. Mišinį padegus, naudingas kroviny

sprogimo metu įgyja net 30 000 g pagreitį – tokį didelį, kad gali suploti daugumą metalinių daiktų.

A. Hercbergas įrodė, kad patranka gali veikti. Tačiau, ja norint paleisti naudingą krovinį į kosminę erdvę, vamzdis turėtų būti daug ilgesnis, apie 230 m ilgio, o išilgai jo reikėtų naudoti įvairias dujas. Kad naudingas krovinys pasiektų antrąją kosminį greitį, reikėtų naudoti iki penkių pakopų su skirtingomis dujomis.

Raketą paleisti dujine patranka gali kainuoti net mažiau, nei paleisti lazerine sistema. Tačiau šitokiu būdu siųsti į kosmosą žmones per daug pavojinga, nes tokius didelius pagreičius paleidžiant gali atlaikyti tik tvirti, naudingi kroviniai.

Trečias eksperimentinis variantas yra vadinamasis svaidyklinis paleidiklis, kai naudingas krovinys, kaip akmuo virvės gale, yra smarkiai įsukamas ir paleidžiamas į orą.

Jo prototipą pagamino Derekas Tidmanas (*Derek Tidman*). Stalinis modelis per kelias sekundes gali išsviesti kokį nors objektą iki 90 m/s greičiu. Įtaisą sudaro riostainio pavidalo 90 cm skersmens vamzdis. Vamzdelis – 2,5 cm skersmens, jame yra mažas plieno rutuliukas. Riedantį vamzdžiu, jį stumia varikliukai, todėl greitis tolydžio didėja.

Tokio pobūdžio prietaisas, kuriuo būtų galima išsviesti naudingą krovinį į kosminę erdvę, turėtų būti daug didesnis – šimtų ar tūkstančių metrų skersmens, rutuliui suteikiantis tiek energijos, kad pasiektų 11,2 km/s greitį. Tada išlėktų 1000 g pagreičiu, jo irgi pakaktų suploti daugumai daiktų. Šis būdas turi daug spręstinių klausimų; pagrindinis – rutulio ir vamzdžio trintis, turinti būti kuo mažiausia.

Tobulinti visiems trims variantams prisireiks ne vieno dešimtmečio, bet tai bus daroma tik gavus lėšų iš vyriausybės ar privačių pramonininkų. Jei jų nebus, prototipai visam laikui taip ir liks tik brėžiniai.

TOLIMOJI ATEITIS (2070–2100 M.)

KOSMINIS LIFTAS

Šio šimtmečio pabaigoje nanotechnologijos gali sukurti prielaidas net pasakiškajam kosminiam liftui. Kaip toje pasakoje apie pupą, užaugusią iki dangaus,

galėsime pakilti iki debesų ir dar aukščiau. Pakaks įlipti į lifto kabiną, paspausti mygtuką ir kilti tūkstančių kilometrų ilgio anglies nanovamzdelių pluoštu. Tai gali apversti aukštyn kojom visą kosminių kelionių ekonomiką.

Dar 1895 m. rusų fiziką Konstantiną Ciolkovskį (*Константин Циолковский*) įkvėpė Eifelio bokšto statyba. Tuo metu tai buvo aukščiausiasis pasaulyje tokio pobūdžio statinys. K. Ciolkovskis uždavė sau paprastą klausimą – ar negalima pastatyti tokio bokšto iki pat kosmoso? Jei būtų labai aukštas, tai, jo apskaičiavimais, niekada nesugriūtų – neleistų fizikos dėsniai. Tokį statinį mokslininkas vadino „dangaus pilimi“ danguje.

Pagalvokime apie rutulį, pririštą prie virvės. Jį sukančios susidaranti išcentrinė jėga yra tokia stipri, kad neleistų nukristi. Taigi jei kabelis irgi bus gana ilgas, išcentrinė jėga neleis jam nukristi. Žemės sukimosi pakaks kabeliui išsilaikyti danguje. Kai kabelis į dangų bus ištemptas, bet kokia juo kylanti lifto kabina galės iškelti žmones į kosmosą.

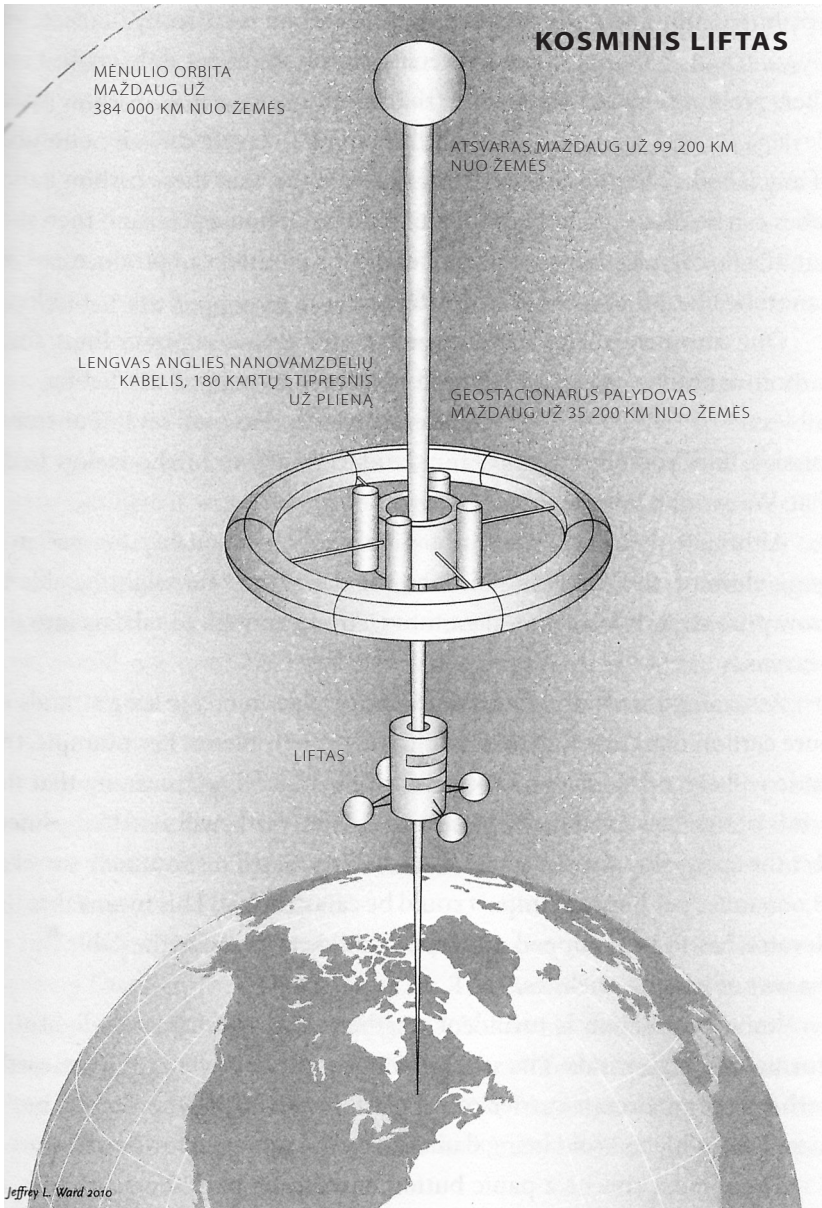
Popieriuje toks triukas lyg ir turėtų veikti. Deja, pagal Niutono judėjimo dėsnius apskaičiavę kabelio patiriamą įtempimą, pamatysime, kad jis didesnis už plieno tempimo stiprio ribą; taigi kabelis nutrūktų, todėl sukurti kosminio lifto neįmanoma.

Jau daug dešimtmečių kosminio lifto idėja kartkartėmis vis atgydavo, bet dėl minėtos priežasties ir vėl būdavo atmetama. 1957 m. rusų mokslininkas Jurijus Arcutanovas (*Юрий Арутанов*) siūlė patobulinti – kosminį liftą statyti iš viršaus žemyn, o ne iš apačios į viršų. Kitaip sakant, pirmiausia reikėtų išvesti į orbitą kosminį laivą, iš jo nuleistą kabelį pritvirtinti prie inkaro Žemėje. Mokslinės fantastikos rašytojai irgi populiarino kosminių liftų idėją. Ją randame Artūro K. Klarko (*Arthur C. Clarke*) 1979 m. romane „Rojaus fontanai“ (*The Fountains of Paradise*) ir Roberto Heinleino (*Robert Heinlein*) 1982 m. romane „Frida“ (*Frida*).

Prie šios idėjos atgaivinimo prisidėjo anglies nanovamzdeliai. Pagal savo tempimo stiprio ribą jie yra vieni stipriausių iš visų medžiagų – stipresni už plieną ir jų stiprumo turėtų pakakti atlaikyti kosminiame lifte susidarantioms įtampoms.

Tačiau tebelieka galvosūkis, kaip sukurti 80 000 km ilgio kabelį iš gryną anglies nanovamzdelių. Tai didžiulė kliūtis, nes kol kas mokslininkams jų pavyko sukurti tik kelis centimetrus. Galima sujungti milijardus anglies nano-

ATEITIES FIZIKA



KOSMINIS LIFTAS Į DANGŲ KADA NORS GALI LABAI SUMAŽINTI KOSMINIŲ KELIONIŲ KAINĄ. JIS TURĖTŲ RĖMTIS NANOTECHNOLOGIJOMIS.

vamzdelių gijų ir sukurti lakštus ir kabelius, tačiau nanovamzdelių plaušeliai nėra grynai; jie tik supresuoti ir supinti. Reikia sukurti tokį anglies nanovamzdelį, kuriame visi anglies atomai būtų tiksliai savo vietose.

2009 m. Raiso universiteto mokslininkai paskelbė apie proveržį. Jų sukurti anglies plaušeliai nėra grynai – sudedamieji (todėl kosminiam liftui netinka), bet metodas gana lankstus ir tinka gaminti bet kokio ilgio anglies nanovamzdeliams. Bandymų ir klaidų metodu nustatė, kad anglies nanovamzdelius galima ištirpinti chlorsulfato rūgštyje ir tada purkšti pro antgalį, panašų į dušo galvutę. Šiuo metodu galima gaminti 50 µm storio ir šimtų metrų ilgio grynų anglies nanovamzdelių plaušelius.

Jų praktinio panaudojimo sritis galėtų būti elektros perdavimo linijos, nes anglies nanovamzdelių elektros laidumas didesnis negu vario, jie lengvesni ir rečiau nutrūksta. Šio universiteto inžinerijos dėstytojas Matėjas Paskvalis (*Matteo Pasquali*) sako: „Elektros perdavimo linijoms jų reikia turėti daug tonų, bet šiuo metu nėra būdų, kaip tiek daug prigaminti. Esame prie stebuklo slenksčio.“⁵

Nors kabeliai nėra visiškai grynai, kad būtų galima naudoti kosminiam liftui, tačiau tyrimas teikia vilčių: galbūt ateis diena, kai pavyks užauginti grynų anglies nanovamzdelių gijas, tokias stiprias, kad jomis galėtume pakilti į dangų.

Net ir darant prielaidą, kad ateityje pavyks sukurti ilgas grynų anglies nanovamzdelių gijas, išlieka daug praktinių sunkumų. Pavyzdžiui, kabelis nusitęstų toli už daugumos palydovų orbitų ribų. Vadinas, palydovų orbitos, padariusios daug vijų aplink Žemę, kada nors susidurtų su kosminiu liftu, ir įvyktų avarija. Kadangi palydovai paprastai juda 28 800 km/h greičiu, susidūrimas galėtų būti tragiškas. Dėl to kosminiam liftui reikėtų specialių raketų, kad kabelį pašalintų iš pralekiančių palydovų kelio.

Kita kliūtis yra neramūs orai – uraganai, audros su perkūnijomis, dideli vėjai. Kosminis liftas turi būti pritvirtintas prie žemės, pavyzdžiui, prie lėktuvnešio ar prie naftos gavybos platformos Ramiajame vandenyne, tačiau jungtis turėtų būti lanksti, kad galingos gamtos jėgos nepadarytų žalos.

Taip pat reikės ir avarinio mygtuko bei avarinės atskiriamos sekcijos, jei kabelis nutrūktų. Jei ji kas nors nutrauktų, lifto kabina turėtų nuslysti ar nusi-leisti parašiotu ant žemės, kad joje esantys žmonės būtų išgelbėti.

Norėdama paspartinti kosminių liftų tyrimus, *NASA* surengė keletą konkursų. Jos renginio *Space Elevator Games* dalyviams apdovanoti buvo skirta 2 mln. dol. Pagal *NASA* nustatytas taisykles, norint laimėti *Beam Power Challenge* konkursą, reikia sukurti prietaisą, sveriantį ne daugiau kaip 50 kg, kuris galėtų kopti virve ne mažesniu kaip 2 m/s greičiu 1 km atkarpoje. Ši iššūkį apsunkina tai, kad įrenginys negali turėti kuro, baterijų, elektros laido. Energija spindulių pavidalu turėtų būti tiekiamą iš išorės.

Turėjau progos savo akimis matyti, kaip uoliai ir energingai inžinieriai dirba, kurdami kosminį liftą ir svajodami apie pažadėtą prizą. Nuskridau į Siatlą susitikti su jaunais iniciatyviais inžinieriais iš *Laser-Motive* grupės. Juos pasiekė žinia apie *NASA* rengiamą konkursą, ir jie pradėjo kurti prototipus, kurie ateityje galėtų padėti paleisti kosminį liftą.

Iėjau į didelį sandėlį, kurį išsinuomojo idėjoms bandyti. Vienoje pusėje pamačiau galingą lazerį, gebantį paleisti intensyvų energijos spindulį. Kitoje pusėje stovėjo kosminis liftas – apie 90 cm pločio dėžė su dideliu veidrodžiu. Lazerio spindulys turėjo atsimušti į veidrodį, šis – jį nukreipti į seriją saulės elementų, lazerio energiją paversiančių elektros energija. Tai įjungtų variklį, ir lifto kabina pamažu imtų kilti trumpu kabeliu. Tokiam variantui nereikėtų elektros kabelių, tabaluojančių nuo kosminio lifto, jam aprūpinti energija. Pakaktų nuo žemės nukreipti į liftą lazerio spindulį, ir kabeliu koptų jis pats.

Lazeris buvo toks galingas, kad turėjome užsidėti specialius apsauginius akinius. Teko atlikti daug bandymų, bet pagaliau pavyko, įjungus lazerį, pasiekti, kad įrenginys koptų kabeliu. Bent teoriškai vienas kosminio lifto aspektas buvo išspręstas.

Iš pradžių užduotis buvo tokia sunki, kad to prizo niekas nelaimėjo.⁶ Tačiau 2009 m. į jį pareiškė pretenzijas *Laser-Motive* grupė. Varžybas surengė Edvardso karinių oro pajėgų bazėje Mohavio dykumoje Kalifornijoje. Sraigtasparnis skrido virš dykumos, iš jo buvo nukaręs ilgas kabelis. *Laser-Motive* grupė pasiekė, kad liftas kabeliu pakilo keturis kartus per dvi dienas; geriausias laikas – 3 min. 48 sek. Taigi įtemptas darbas, kurį stebėjau, jauniems inžinieriams pagaliau atnešė vaisių.

ŽVAIGŽDĖLAIVIAI

Šio šimtmečio pabaigoje, net nepaisant lėšų pilotuojamoms kosminėms kelionėms sumažinimo, mokslininkai greičiausiai įkurs forpostus Marse ir galbūt asteroidų juostoje. Paskui nusitaisys ir į žvaigždes. Nors tarpžvaigždinis zondas šiandien yra tikrai nepasiekiamas dalykas, po 100 m. tai gali tapti tikrove.

Pirmutinis iššūkis yra surasti naują varymo sistemą, nes pasiekti artimiausią žvaigždę paprastai cheminei raketai reikėtų apie 70 000 m. Pavyzdžiui, 1977 m. paleisti du *Voyager* erdvėlaiviai pasiekė pasaulio rekordą, tapdami giliausiai į kosmosą įsiskverbusiais iš Žemės paleistais objektais. Šiuo metu jie yra jau už maždaug 16 mlrd. km nuo Žemės, tačiau tai tik mažytė atstumo iki žvaigždžių dalis.

Tarpžvaigždiniam erdvėlaiviui yra pasiūlytos kelios konstrukcinės ir varymo sistemos:

- saulės burė
- branduolinė raketa
- tiesiasrovis reaktyvinis termobranduolinės sintezės variklis
- nanoerdvėlaiviai

Lankydamasis *NASA* Plam Bruko stotyje Klivlande, Ohajo valstijoje, turėjau progos susipažinti su vienu iš saulės burių entuziastų. Šioje stotyje inžinieriai įsirengė didžiausią pasaulyje vakuuminę kamerą kosminiams palydovams bandyti. Ji ištis didžiulė – 30 m skersmens ir 37 m aukščio. Joje tilptų keli daugiaaukščiai gyvenamieji namai – pakankamai didelė palydovams ir raketų dalims tirti kosminio vakuumo sąlygomis. Įėjęs į vidų, buvau priblokštas didžiulių šio projekto mastų. Kartu supratau, kokia išskirtinė garbė man teko vaikščioti kameroje, kurioje buvo išbandyta daug Jungtinių Valstijų svarbiausių palydovų, zondu ir raketų.

Ten susitikau su vienu iš pagrindinių saulės burių šalininkų *NASA* mokslininku Lesu Džonsonu (*Les Johnson*). Jis papasakojo, kad, dar vaikystėje skaitydamas mokslinės fantastikos knygas, svajojo kurti raketas, galinčias pasiekti žvaigždes. Net parašė vadovėlį apie saulės bures. Nors jas esą būtų galima sukurti per keletą dešimtmečių, susitaikė su mintimi, kad iš tikrųjų gali būti sukurtos

tik tada, kai jo jau seniai nebebus tarp gyvųjų. Kaip tie mūrininkai, kurie viduramžiais statė puikias katedras, M. Džonsonas supranta, kad gali prisireikti kelių žmonių kartų sukurti erdvėlaiviui, galinčiam pasiekti žvaigždes.

Saulės burės principas toks: nors šviesa neturi masės, turi judesio kiekį, todėl gali sukelti slėgį. Nors saulės šviesos slėgis yra be galo menkas, per mažas, kad galėtume pajusti rankomis, bet pakankamas varyti erdvėlaiviui, jei burė bus gana didelė, o mes turėsime kantrybės ilgai laukti. (Saulės šviesa kosmose aštuonis kartus stipresnė negu Žemėje.)

M. Džonsonas sakė, kad jo tikslas yra sukurti didžiulę saulės burę iš labai plono, bet stipraus plastiko. Ji būtų kelių kilometrų skersmens ir būtų surenkama kosmose. Surinkta pradėtų pamažu suktis aplink Saulę, ir greitis nepaliaujamai didėtų. Kelerius metus sukūsis aplink Saulę, išsiveržtų iš jos sistemos ir nuskrietų į žvaigždes. Pasak jo, zondas su tokia saulės bure galėtų pasiekti iki 0,1 % šviesos greičio ir iki artimiausios žvaigždės nuskristi per 400 metų.

Norėdamas sutrumpinti laiką žvaigždėms pasiekti, M. Džonsonas ieškojo būdų, kaip padidinti saulės burės greitį. Viena iš galimybių yra pastatyti Mėnulyje didžiulę lazerių bateriją. Lazerio spinduliai atsitrenktų į burę ir padidintų greitį, jai lekiant žvaigždžių link.

Beje, saulės bure varomą erdvėlaivį būtų sunku sustabdyti ir pasukti atgal, nes šviesa juda tolyn nuo Saulės. Viena iš galimybių tai padaryti – burės kryptį pakeisti į atvirkščią ir panaudoti žvaigždės, į kurią lekiamą, šviesos slėgį erdvėlaiviui sulėtinti. Kita galimybė – apskrieti aplink tą tolimą žvaigždę ir išnaudoti jos traukos jėgą laidynės efektui sukurti, pradedant kelionę atgal. Dar viena galimybė – nusileisti į žvaigždės palydovą, pastatyti lazerių baterijas ir tada leisti į kelionę atgal, naudojantis žvaigždės šviesos slėgiu bei lazerių, pastatytų ant jos palydovo, spinduliuote.

Nors M. Džonsonas mintyse gyvena žvaigždžių pasaulyje, supranta, kad tikrovė yra daug paprastesnė. 1993 m. rusai prie kosminės stoties *Mir* išskleidė 18 m skersmens reflektorių iš milaro plėvelės, tačiau tik norėdami parodyti išskleidimą. Antras tokio pobūdžio mėginimas nepavyko. 2004 m. japonai sėkmingai paleido du saulės burių prototipus, bet irgi tik išbandyti jų išskleidimui, o ne tikrinti varomajai galiai. 2005 m. Planetinė draugija, Kosmoso tyrimų organizacija ir Rusijos mokslų akademija ėmėsi ambicingo mėginimo išskleisti tikrą saulės burę *Cosmos 1*. Ji buvo paleista iš Rusijos povandeninio

laivo. Tačiau *Volna* raketos paleidimas buvo nesėkmingas – į orbitą nepakilo. O 2008 m. *NASA* darbuotojų komanda bandė paleisti saulės burę *NanoSail-D*, bet ji buvo prarasta, nes nepavyko paleisti raketos *Falcon 1*.

Pagaliau 2010 m. gegužę Japonijos kosmoso tyrimų agentūra sėkmingai paleido *IKAROS*, pirmąjį erdvėlaivį, kuris tarpplanetinėje erdvėje turėjo panaudoti saulės burės technologiją.⁷ Tai keturkampė 20 m įstrižainės burė. Varomąją saulės burės jėgą ji panaudojo kelionei į Venerą. Japonai planuoja siųsti ir kitą erdvėlaivį, šį kartą į Jupiterį, naudodami varomąją saulės burės jėgą.

BRANDUOLINĖ RAKETA

Mokslininkai svarstė ir branduolinės energijos naudojimą varyti erdvėlaivui. Nuo 1953 m. Atominės energijos komisija pradėjo rimtai vertinti raketas su atominiais reaktoriais, pradedant *Rover* projektu. Šeštojo–septintojo dešimtmečio eksperimentai su branduolinėmis raketomis dažniausiai būdavo nesėkmingi. Jos veikdavo nestabiliai ir buvo per daug sudėtingos, kad būtų galima tinkamai valdyti. Be to, nesunku parodyti, kad paprastas branduolių skaldymo reaktorius nepagamina tiek energijos, kiek reikia varyti erdvėlaivui. Tipinė branduolinė elektrinė yra apie 1 mlrd. W galios. Pasiiekti žvaigždėms to negana.

Tačiau šeštajame dešimtmetyje mokslininkai pasiūlė žvaigždėlaivui varyti naudoti ne reaktorių, o atomines ir vandenilines bombas. Pavyzdžiui, *Orion* projekte buvo siūloma raketa, varoma atominių bombų sprogdinimų bangų. Žvaigždėlaivis bombas mėtytų iš paskuigalio, jos sukeltų galingus rentgeno spinduliuotės pliūpsnius. Smūgio bangos stumtų žvaigždėlaivį pirmyn.

1959 m. *General Atomic* kompanijos fizikai apytikriai apskaičiavo, kad patobulintas *Orion* žvaigždėlaivis svertų 8 mln. t, skersmuo siektų 400 m, varyti reikėtų 1000 vandenilinių bombų.

Šį projektą labai palaikė fizikas F. Daisonas: „Man *Orion* projektas reiškė visos Saulės sistemos atsivėrimą naujam gyvenimui. Jis galėjo pakeisti žmonijos istoriją.“ Tai kartu būtų ir patogus būdas atsikratyti atominių bombų. „Tik viena žvaigždėlaivio kelionė leistų atsikratyti 2000 bombų“, – sako jis.

Tačiau *Orion* projektą palaidojo 1963 m. Branduolinio ginklo bandymų draudimo sutartis, uždraudusi branduolinius ginklus bandyti atmosferoje.

Negalėdami bandyti, fizikai negalėjo tobulinti *Orion* žvaigždėlaivio konstrukcijos, ir ši idėja mirė savo mirtimi.

TIESIASROVIS REAKTYVINIS TERMOBRANDUOLINĖS SINTEZĖS VARIKLIS

Dar vieną branduolinės raketos siūlymą pateikė Robertas V. Basardas (*Robert W. Bussard*) 1960 m. Jis galvojo apie termobranduolinės sintezės variklį, panašų į paprastą reaktyvinį. Tiesiasrovis reaktyvinis termobranduolinės sintezės variklis siurbia priešais jį esantį orą ir sumaišo su savo kuru. Padegus tą oro ir kuro mišinį, įvyksta cheminis sprogdimas, sukuriantis postūmį.

Tokį pat pagrindinį principą jis ketino naudoti ir termobranduolinės sintezės varikliui. Tikrai tiesiasrovis reaktyvinis termobranduolinės sintezės variklis semtų ne orą, o vandenilį, kurio yra visoje tarpžvaigždinėje erdvėje. Vandenilio dujos būtų suslegiamos ir taip stipriai įkaitinamos elektriniais bei magnetiniais laukais, kad vandenilio atomai susiliėtų, sudarytų helio atomus, kartu išsilaisvintų ir didžiulius kiekius energijos. Įvyktų sprogdimas, sukelsiantis postūmį. Kadangi kosmose vandenilio ištekliai tiesiog neišsemiami, toks variklis galėtų veikti amžinai.

Tokiu principu varoma raketa savo išvaizda būtų panaši į valgomųjų ledų kūgį. Siurbimo įrenginys siurbtų vandenilio dujas, jos keliautų į variklį, kur būtų įkaitinamos ir susiliėtų su kitais vandenilio atomais. R. V. Basardas apskaičiavo: jei 1000 t tiesiasrovis reaktyvinis termobranduolinės sintezės variklis pajėgtų palaikyti $9,8 \text{ m/s}^2$ pagreitį (tolygų gravitacinei jėgai Žemės paviršiuje), tai vos per vienerius metus pasiektų beveik 77 % šviesos greičio. Kadangi toks variklis gali veikti amžinai, teoriškai jis gali išlėkti už mūsų galaktikos ribų ir pasiekti Andromedos galaktiką, esančią už 2 000 000 šviesmečių nuo Žemės, vos per 23 m. tame žvaigždėlaivyje esančių astronautų požiūriu. (Pagal Einšteino reliatyvumo teoriją, dideliu greičiu lekiančioje raketoje laiko tėkmė sulėtėja, tad Žemėje per tą laiką gali būti praėję jau milijonai metų, o minėti astronautai būtų pasenę tik 23 m.)

Tiesiasrovis reaktyvinis termobranduolinės sintezės variklis susiduria su keliais sunkumais. Pirma, kadangi tarpžvaigždinėje erdvėje yra daugiausia tik protonai, variklis turėtų deginti gryną vandenilį, kuris neišskiria labai daug energijos.

KOSMINIŲ KELIONIŲ ATEITIS

(Vandeniliui susilieti į helio atomus yra daug būdų. Žemėje teikiama pirmenybė deuterio ir tričio susiliejimui, nes tada išsiskiria daug energijos. Tačiau kosminėje erdvėje vandenilis aptinkamas tik pavienių protonų pavidalu, todėl tokie varikliai galėtų sulieti tik protonus su protonais, bet tada išsiskirtų mažiau energijos nei susilieję deuteriui ir tričiui.) Tačiau R. Basardas įrodė, jog, modifikavus kuro mišinį – į jį pridėjus truputį anglies – anglis veiks kaip katalizatorius, ir išsiskirs milžiniški energijos kiekiai, pakankami varyti žvaigždėlaivius.)

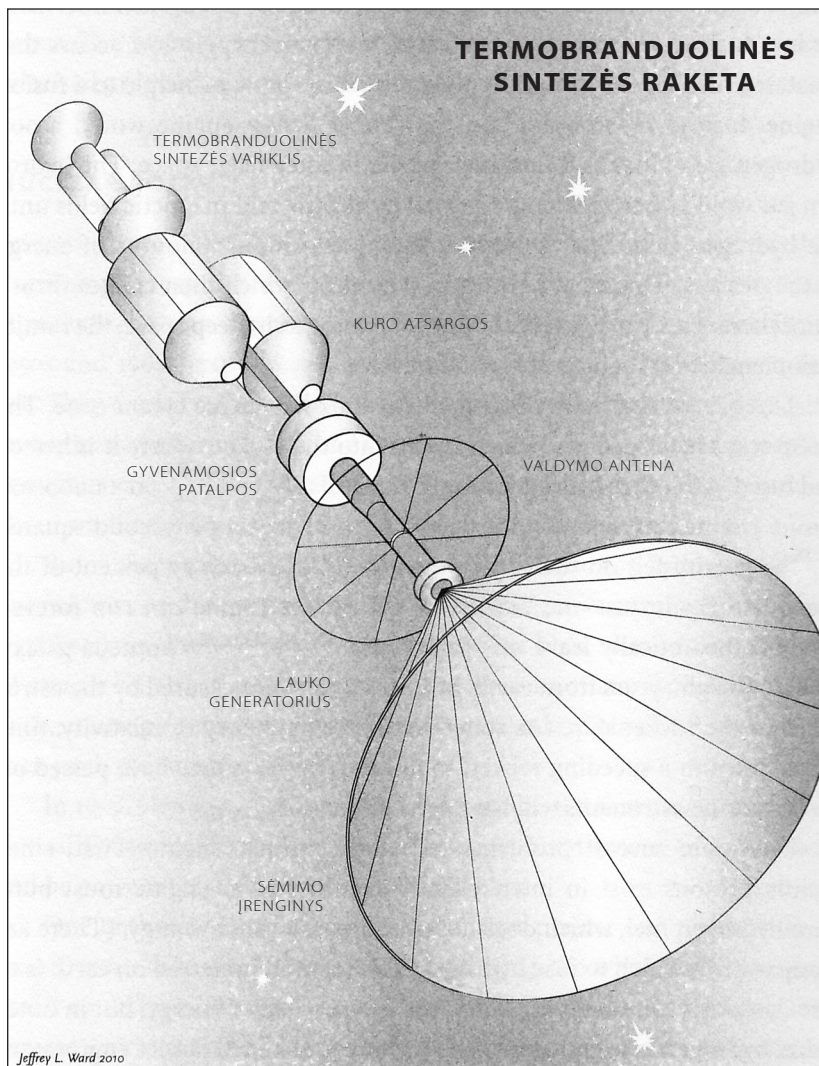
Antra, vandenilio siurbimo įrenginys turi būti didžiulis (apie 160 km), kad surinktų užtektinai vandenilio, taigi jį reikėtų sumontuoti kosmose.

Yra ir dar vienas neišspręstas klausimas. 1985 m. inžinieriai Robertas Zubrinas (*Robert Zubrin*) ir Deinė Andruzas (*Dana Andrews*) įrodė, kad tiesiasrovio reaktyvinio termobranduolinės sintezės variklio kosmose patiriamas pasipriešinimas jo judėjimui būtų gana didelis ir neleistų jam išvystyti greičio, artimo šviesos greičiui. Pasipriešinimą sukeltų kosmose esantys vandenilio atomai, kurių lauku žvaigždėlaivius teks judėti. Tačiau jų apskaičiavimai labai priklauso nuo kai kurių prielaidų, kurios gali ir negalioji konstrukciniams šio variklio sprendimams ateityje.

Šiuo metu, kol geriau neperprasime termobranduolinės sintezės (ir kosminėje erdvėje esančių jonų pasipriešinimo žvaigždėlaivio judėjimui), per anksti susidaryti galutinę nuomonę apie tokio pobūdžio variklių perspektyvumą. Bet jei inžinerinius dalykus pavyktų išspręsti, tada raketa su tiesiasroviu reaktyviniu termobranduolinės sintezės varikliu tikrai patektų į galutinį pretendentų sąrašą.

ANTIMEDŽIAGA VAROMOS RAKETOS

Kita aiški galimybė yra didžiausio Visatoje energijos šaltinio – antimedžiagos – panaudojimas erdvėlaiviams varyti. Antimedžiaga yra medžiagos priešingybė – medžiaga su priešingo ženklo krūviu. Sakykime, elektronas turi neigiamąjį, bet antimedžiagos elektronas (pozitronas) – teigiamąjį krūvį. Taigi antimedžiaga, susidūrusi su paprasta medžiaga, anihiliuos. Tiesą sakant, arbatinis šaukštelis antimedžiagos turi tiek energijos, kad sugriautų Niujorką su visomis jo apylinkėmis.



DĖL TO, KAD TIESIASROVIS REAKTYVINIS TERMOBRANDUOLINĖS SINTEZĖS VARIKLIS VANDENILĮ SIURBIA IŠ TARPŽVAIGŽDINĖS ERDVĖS, TEORIŠKAI GALI VEIKTI AMŽINAI.

Antimedžiaga tokia galinga, kad Danas Braunas (*Dan Brown*) savo romane „Angelai ir demonai“ (*Angels and Demons*) vaizduoja, kaip niekšai gamina Vatikanui susprogdinti bombą iš antimedžiagos, pavogtos iš Europos bran-

duolinių mokslinių tyrimų organizacijos, įsikūrusios prie Ženevos Šveicarijoje. Ne taip, kaip vandenilinė bomba, kurios efektyvumas tik 1 %, iš antimedžiagos pagamintos bombos efektyvumas bus net 100 %, joje medžiaga virs energija pagal Einšteino lygtį $E = mc^2$.

Iš principo antimedžiaga būtų puikiausias raketinis erdvėlaivio kuras. Apytikriais Džeraldo Smito (*Gerald Smith*) iš Pensilvanijos valstybinio universiteto apskaičiavimais, 4 mg antimedžiagos turėtų pakakti kelionei į Marsą, o su 100 g būtų galima pasiekti ir artimiausias žvaigždes. Skaičiuojant masės vienetui, antimedžiaga išlaisvina milijardą kartų daugiau energijos negu raketinis kuras.

Antimedžiagos variklis atrodytų gana paprastai. Užtektų nukreipti į raketos kamerą pastovų antimedžiagos dalelių srautą; ji susijungtų su paprasta medžiaga ir sukeltų milžiniškos galios sproginimą. Sprogimo dujos būtų išleisdžiamos pro vieną kameros galą, ir tai sukurtų varomąją jėgą.

Tačiau iki tokios svajonės įgyvendinimo dar labai toli. Kol kas fizikai sukūrė antielektronus ir antiprotonus bei antivandenilio atomus, kuriuose aplink antiprotonus sukasi antielektronai. Tai padaryta EBTO laboratorijose bei Fermio nacionalinėje greitintuvų laboratorijoje (FGL) prie Čikagos jos tevatrone – antrame pagal dydį visame pasaulyje atomų skaldymo įrenginyje, arba dalelių greitintuve (jis nusileidžia tik EBTO didžiajam hadronų priešpriešinių srautų greitintuvui).

Abiejose laboratorijose didelės energijos dalelių srautą fizikai nukreipė į taikinį; susidarė skeveldrų liūtis, tarp jų buvo ir antiprotonų. Galingais magnetais antimedžiaga buvo atskirta nuo paprastos medžiagos. Antiprotonus sulėtino, antielektronams buvo leista susimaišyti su jais, ir susidarė antivandenilio atomai.

Vienas iš tų, kurie ilgai ir įtemptai galvojo apie praktinį antimedžiagos panaudojimą, buvo Deivis Makginis (*Dave McGinnis*), FGL laboratorijos fizikas. Mums stovint šalia tevatrono, jis man aiškino bauginamas ekonomines antimedžiagos savybes. Jis pabrėžė, kad vienintelis žinomas būdas gaminti medžiagą pastoviais kiekiais – naudoti atomų skaldytuvą tevatroną. Tačiau tokie įrenginiai be galo brangūs ir gamina tik mažutėlius antimedžiagos kiekius.

Pavyzdžiui, 2004 m. EBTO tevatronas pagamino tik kelias trilijonąsias gramo dalis antimedžiagos, kurios kainavo 20 mln. dol. Esant tokiai padėčiai,

viso pasaulio ekonomika sužlugtų, jei bandytų pagaminti tiek antimedžiagos, kiek reikia žvaigždėlaiviui. Jis teigė: antimedžiagos varikliai nėra neįmanoma, iš piršto laužta koncepcija. Ji tikrai neprieštarauja fizikos dėsniams. Tačiau sukurti tokių variklį artimiausioje ateityje neleis neprieinama kaina.

Viena iš priežasčių, kodėl antimedžiaga neįkandamai brangi, yra ta, kad atomų skaldytuvai liūdnai garsėja brangumu. Tačiau jie yra universalūs prietaisai, svarbiausia paskirtis – gaminti egzotiškas subatomines daleles, o ne labiau įprastas antimedžiagos daleles. Tai yra mokslo tyrimų, o ne komercinės paskirties prietaisai. Galimas dalykas, jų kūrimo išlaidas būtų galima gerokai sumažinti sukonstravus naujo tipo atomų skaldytuvą, specialiai skirtą gaminti dideliems antimedžiagos kiekiams. Tada, organizavus masinę jų gamybą, antimedžiagos būtų galima pagaminti daugiau. Haroldas Gerišas (*Harold Gerrish*) iš *NASA* mano, kad ilgainiui antimedžiagos kaina galėtų nukristi iki 5000 dol. už 1 μg .

Kita galimybė – rasti kosmose iš antimedžiagos sudarytą meteoritą. Jei pavyktų, iš jo būtų galima gauti pakankamai energijos žvaigždėlaiviui. Tiesą sakant, Europos palydovas *PAMELA* (*Payload for Antimatter Matter Exploration and Light-Nuclei Astrophysics* – Antimedžiagos tyrimo ir lengvųjų branduolių astrofizikos kroviny) buvo paleistas 2006 m. specialiai ieškoti kosmose natūraliai pasitaikančios antimedžiagos.

Jei kosmose jos aptiktų daug, būtų galima galvoti apie didžiulius elektromagnetinius tinklus jai sugaudyti.

Taigi nors antimedžiaga varomos tarpžvaigždinės raketos tikrai neprieštarauja fizikos dėsniams, gali užtrukti iki šio šimtmečio pabaigos, kol sumažės jų kaina. Jei tai padaryti pavyktų, antimedžiaga varomos tarpžvaigždinės raketos tikrai patektų į visus galutinius tarpžvaigždinių raketų sąrašus.

NANOERDVĖLAIVIAI

Apstulbinti specialiųjų filmų „Žvaigždžių karai“ ar „Žvaigždžių kelias“ efektų, įsivaizduojame didžiulius ateities žvaigždėlaivius, prikimštus naujausios moderniausios technikos. Tačiau yra ir kita galimybė – taikant nanotechnologijas kurti mažyčius žvaigždėlaivius, gal ne didesnius už antpirštį, adatą, o gal ir dar mažesnius. Esame įpratę prie minties, kad žvaigždėlaivis turi būti didžiulis,

toks kaip *Enterprise*, galintis gabenti astronautų įgulą. Tačiau nanotechnologijos gali taip sumažinti esmines žvaigždėlaivio funkcijas, kad, ko gero, į artimiausias žvaigždes būtų galima paleisti milijonus mažyčių nanoerdvėlaivių; iš jų kelionės tikslą pasiektų tik nedidelė dalis. Atvykę į žvaigždės palydovą, galėtų pastatyti fabriką neribotam savo kopijų skaičiui gaminti.

Vintas Kerfas (*Vint Cerf*), vienas iš pirmųjų interneto kūrėjų, įsivaizduoja mažyčius nanoerdvėlaivius, galinčius tirti ne tik Saulės sistemą, bet ilgainiui net ir žvaigždes. Jis sako: „Saulės sistemos tyrimo efektyvumą padidins mažų, bet galingų nanomastelinių prietaisų konstravimas. Juos bus lengva transportuoti ir pastatyti artimiausių mūsų planetų ir palydovų paviršiuje, po juo ar virš jo, atmosferose [...] Tas galimybes netgi bus galima ekstrapoliuoti į tarpžvaigždinių tyrimų sritį.“⁹

Gamtoje žinduoliai pagimdo tik kelis palikuonis, bet užtikrina, kad visi išgyventų. Vabzdžiai palikuonių turi labai daug, tačiau išgyvena tik menka jų dalelė. Ir viena, ir kita strategija gali užtikrinti rūšies išlikimą milijonus metų. Panašiai galima pasakyti ir apie žvaigždėlaivius: užuot išsiuntę į žvaigždės vieną brangų, galime išsiųsti milijonus mažyčių, kurių kiekvienas kainuoja tik centus, ir kuriam reikia labai mažai raketinio kuro.

Ši koncepcija remiasi labai veiksminga gamtoje aptinkama būriavimosi strategija. Paukščiai, bitės ir kiti skraidantys gyviai skraido pulkais ar spiečiais ne tik dėl to, kad saugiau, bet pulkas ar spiečius veikia ir kaip ankstyvojo perspėjimo sistema. Jei vienoje pulko dalyje įvyksta koks nors pavojingas sutrukdymas, pavyzdžiui, užpuola plėšrūnas, žinia apie tai greitai perduodama kitai pulko daliai. Be to, tai gerai ir dėl energijos. Kai paukščiai skrenda būdinga „V“ raidės pavidalo rikiuote, susidarę oro srautai ir sukuria sumažina energiją, kurią kiekvienas paukštis turi skirti skrydžiui.

Mokslininkai tokį pulką ar spiečių vadina superorganizmu, kuris iš pažiūros turi savo protą, nepriklausantį nuo pavienių individų gebos. Tarkime, skruzdėlės turi labai paprastą nervų sistemą ir mažytes smegenis, tačiau visos kartu pastato sudėtingus skruzdėlynus. Mokslininkai tikisi pasinaudoti kai kuriomis iš tų gamtos pamokų kurdami grupinius robotus, kurie vieną gražią dieną gali iškelti į kitas planetas ir žvaigždes.

Tai panašu į Pentagono puoselėjamą išmaniųjų dulkių koncepciją: į orą būtų išsiųsta milijardai dalelių žvalgyti; kiekviena dalelė turėtų mažyčius da-

viklius. Kiekvienas jų nebūtų itin protingas, tačiau visi kartu galėtų pateikti labai daug informacijos. Pentagono *DARPA* [naujų karinių technologijų kūrimo agentūra. – *Vert.*] tuos tyrimus finansavo, tikėdamasi panaudoti kariniams tikslams – prieš pozicijoms mūsų lauke stebėti.

2007 ir 2009 m. Karinės oro pajėgos paskelbė detalizuotus planus ateinantiems dešimtmečiams, kuriuose bendrais bruožais apibūdinta viskas – nuo patobulintų *Predator* tipo nepilotuojamų robotų lėktuvų (šiuo metu toks lėktuvas kainuoja 4,5 mln. dol.) iki mažyčių jutiklių spiečių; jutiklis būtų mažesnis už naktinį drugelį ir kainuotų tik centus.¹⁰

Šis klausimas domino ir mokslininkus. Jiems galbūt norėtųsi paskleisti išmaniąsias dulkes, kad uraganų, audrų, ugnikalnių išsiveržimų, žemės drebėjimų, potvynių, miškų gaisrų ir kitų gaivalinių nelaimių metu jos stebėtų tūkstančius vietų. Filme „Viesulas“ (*Twister*) matome grupę drąsių kovotojų su audromis, kurie, rizikuodami gyvybe, išdėlioja jutiklius tornado plitimo kelyje.

Tai nelabai veiksmingas būdas. Mokslininkams reikėtų išdėlioti keliolika daviklių ir, ugnikalniui išsiveržus ar siautėjant tornadui, matuoti temperatūrą, drėgmę ir vėjo greitį, o išmaniosios dulkės gali vienu metu pateikti duomenis iš tūkstančių vietų, esančių net ir už šimtų kilometrų viena nuo kitos. Įvesti į kompiuterius duomenys gali akimirksniu duoti erdvinės informacijos apie uragano ar ugnikalnio išsiveržimo evoliuciją. Jau veikia komercinės įmonės, prekiaujančios mažyčiais jutikliais (kai kurie ne didesni už smeigtuko galvutę).

Kitas nanoerdvėlaivių pranašumas yra tas, kad juos išsiųsti į kosmosą pakanka labai mažai kuro. Užuo naudojusi didžiules nešančiąsias raketas, galinčias pasiekti tik 40 000 km/h greitį, palyginti lengva į kosminę erdvę siųsti mažyčius objektus neįtikėtinai dideliais greičiais. Tiesą sakant, naudojant paprastus elektrinius laukus, subatomines daleles nesunkiai galima išsiųsti greičiu, artimu šviesos greičiui. Nanodalelių elektros krūviai maži, todėl elektriniai laukai lengvai suteikia joms didelį pagreitį.

Užuot eikvojus didžiulius išteklius zondo siuntimui į kitą planetą ar palydovą, zondas gali mokėti kopijuoti save ir sukurti visą fabriką ar net bazę palydove. Save kopijuojantys zondai gali leisti į kelionę kitų pasaulių tirti. (Svarbiausia – sukurti pirmą save kopijuojantį nanozondą, tačiau tai tebėra tolimos ateities dalykas.)

1980 m. *NASA* į save kopijuojančių robotų zondų idėją pažvelgė taip rimtai, kad organizavo specialų tyrimą „Pažangi automatizacija kosminėms misijoms“. Tą tyrimą vykdęs Santa Klara universitetas išnagrinėjo kelias galimybes. Viena iš jų, kurią tyrė *NASA* mokslininkai, numatė siųsti į Mėnulį mažus save kopijuojančius robotus. Toks robotas, naudodamas Mėnulio gruntą, sukurtų neribotą savo kopijų skaičių.

Didžioji šių tyrimų ataskaitos dalis buvo skirta cheminės gamyklos Mėnulio uolienoms (regolitui) apdoroti detalėms. Pavyzdžiui, robotas galėtų nusileisti Mėnulyje, išsimontuoti, tada dalis sudėlioti taip, kad sudarytų gamyklą; visa tai būtų panašu į žaislinį surenkamąjį robotą. Jis, sakykime, galėtų sukurti didelius parabolinius veidrodžius saulės šviesai sufokusuoti ir ją lydyti regolitą. Tada vandenilio fluoridu būtų galima apdoroti regolitą ir išskirti iš jo naudingus mineralus bei metalus. Metalus būtų galima naudoti bazei Mėnulyje statyti. Galiausiai robotas pastatytų mažą gamyklą sau pačiam reprodukuoti.

Remdamasis ta ataskaita, 2002 m. *NASA* Pažangių koncepcijų institutas pradėjo finansuoti seriją projektų, besiremiančių save kopijuojančiais robotais. Vienas iš mokslininkų, rimtai vertinančių žvaigždėlaivio ant mikroschemos siūlymą, yra Meisonas Pekas (*Mason Peck*) iš Kornelio universiteto.

Man pasitaikė proga apsilankyti jo laboratorijoje. Pamačiau darbatalį su sudedamosiomis dalimis, kurios galiausiai gali būti išsiųstos į orbitą. Šalia darbatalio buvo mažas švarus kambarėlis su plastikų apmuštomis sienomis. Jame surinkinėjamos smulkios palydovo dalys.

Kosmoso tyrimą jis įsivaizduoja visai ne taip, kaip rodo Holivudo filmai. Jis galvoja apie 1 cm dydžio ir sveriančią tik 1 g mikroschemą, kurią būtų galima pagreitinti iki 1–10 % šviesos greičio. Jis naudojami laidynės efektu, kuriuo *NASA* išsviedžia erdvėlaivius milžiniškais greičiais. Naudojimosi gravitacija manevras apima ir erdvėlaivio, kaip iš laidynės paleisto akmens, skriejimą aplink planetą. Šitaip planetos gravitacine jėga didinamas erdvėlaivio greitis.

Tačiau vietoj gravitacijos M. Pekas nori naudoti magnetines jėgas. Jo idėja tokia: reikia siųsti mikroscheminį erdvėlaivį suktis aplink magnetinį Jupiterio lauką, kuris 20 000 kartų stipresnis už magnetinį Žemės lauką. Jis planuoja pagreitinti savo nanožvaigždėlaivį magnetine jėga, naudojama subatominiams dalelėms suteikti trilijonų elektronvoltų energiją atomų skaldymo įrenginiuose.

Parodė elektrinį grandyną (mikroschemą), kuris, jo nuomone, kada nors gali būti paleistas suktis aplink Jupiterį. Jis visai mažas, kvadratinis, mažesnis už antpirštį, bet prikimštas mokslinės paskirties elementų. Žvaigždėlavis turėtų būti paprastas. Vienoje mikroschemos pusėje yra saulės elementas, kuris turėtų tiekti ryšiui reikalingą energiją. Kitoje pusėje – radijo siųstuvas, kamera, kiti jutikliai. Prietaisas neturi variklio, jis judės naudodamasis tik magnetiniu Jupiterio lauku. (Deja, *NASA* Pažangių koncepcijų institutas, nuo 1998 m. finansavęs šį ir kitus novatoriškus kosmoso tyrimų programos siūlymus, 2007 m. buvo uždarytas sumažinus biudžetą.)

Taigi M. Peko žvaigždėlavio vizija labai skiriasi nuo įprastos, aptinkamos mokslinėje fantastikoje, kur didžiuliai žvaigždėlaviai sunkiai pakyla kelionei į kosmosą, pilotuojami narsių astronautų. Pavyzdžiui, įkūrus bazę Jupiterio palydove, į orbitą aplink šią didžiulę planetą būtų galima paleisti dešimtis mažiųjų mikroschemų. O jei dar tame palydove būtų pastatyta ir lazerinių patrankų baterija, tai mikroschemoms būtų galima suteikti didelį pagreitį, į jas nukreipus lazerio spinduliuotę, kol greitis pasiektų dalį šviesos greičio.

Uždaviau paprastą klausimą: ar galėtų, naudodamasis nanotechnologijomis, mikroschemas sumažinti iki molekulių dydžio? Tada, užuot naudojus magnetinį Jupiterio lauką mikroschemoms greitinti, būtų galima palydove įrengtu atomų skaldymo įrenginiu molekulių dydžio zondus pagreitinti beveik iki šviesos greičio. Jis sutiko, kad tokia galimybė visai įmanoma, tik detalių kol kas dar nenagrinėjo.

Tada, pasiėmę popieriaus lapą, abu pradėjome kurti tokios galimybės lygtis. (Tai įprastas mokslininkų teoretikų bendradarbiavimo būdas: jie prieina prie lentos arba pasiima popieriaus lapą ir sprendžia problemą, rašydami lygtis.) Užrašėme Lorencio jėgos lygtis, nes šią jėgą M. Pekas naudoja aplink Jupiterį skriejančioms mikroschemoms greitinti. Paskui mikroschemas sumažinome iki molekulių dydžio ir įdėjome į hipotetinį greitintuvą, panašų į EBTO didįjį hadronų greitintuvą.

Greitai pamatėme, kad šios lygtys leidžia nanožvaigždėlavį pagreitinti beveik iki šviesos greičio tik įprastu palydove įrengtu atomų skaldymo įrenginiu. Kadangi žvaigždėlavio dydį sumažinome nuo mikroschemos iki molekulės, ir dalelių greitintuvą galėjome sumažinti nuo Jupiterio dydžio iki atomų skaldymo įrenginio dydžio. Taigi atrodė, kad šią idėją galima laikyti įmanoma galimybe.

Tačiau, išanalizavę lygtis, abu sutikome dėl jautrių nanožvaigždėlaivių stabilumo. Ar greitinant molekules nebus sudraskytos? Kaip prie virvės pririštas sukamas rutulys yra veikiamas išcentrinį jėgų, taip jos veiks ir molekulės, kai bus greitinamos beveik iki šviesos greičio. Be to, turės ir elektros krūvį, tad jas galės sudraskyti net elektrinės jėgos. Todėl priėjome prie išvados: nors nanožvaigždėlaivių galimybė tikrai įmanoma, reikės dešimties metų ar dar ilgiau trunkančių tyrimų M. Peko mikroschemoms sumažinti iki molekules dydžio ir sustiprinti, kad nesubyrėtų, kai bus pagreitintos beveik iki šviesos greičio.

M. Peko svajonė yra išsiųsti visą pulką mikroschemų į artimiausią žvaigždę, tikintis, kad nors kelios tarpžvaigždinę erdvę įveiks. Tačiau ką darys, pasiekusios kelionės tikslą?

Štai čia ateina eilė Pei Džango (*Pei Zhang*) iš *Carnegie Mellon* universiteto Silicio slėnyje darbams. Jis sukūrė ištisą laivyną mini sraigtasparnių, kurie gali kada nors atsidurti kitoje planetoje. Su pasididžiavimu man aprodė tuos koordinuotai veikiančius robotus, panašius į žaislinius sraigtasparnius.

Tačiau pirmasis įspūdis yra apgaulingas. Geriau įsižiūrėjęs, pamačiau, kad kiekvienas turėjo mikroschemą, prigrūstą sudėtingų elektros schemų. Vienu mygtuko paspaudimu jis paleido į orą keturis robotus, ir jie skraidė į visas puses, siųsdami informaciją. Greitai mane apsupo visas spiečius robotų.

Pasak jo, tokių koordinuotai veikiančių robotų sistemų tikslas – teikti labai svarbią pagalbą, ištikus nelaimėms – gaisrams ar sprogimams, atliekant žvalgymo ir priežiūros darbus. Galų gale į robotus galima įtaisyti televizijos kameras ir jutiklius, nustatančius temperatūrą, slėgį, vėjo kryptį ir t. t. – informaciją, galinčią turėti lemiamą reikšmę per avariją. Tūkstančius robotų galima paleisti virš mūsų lauko, virš apimtų gaisro objektų ar net nežemiškoje aplinkoje. Jie taip pat komunikuoja ir tarpusavyje. Jei vienas susiduria su kokia nors kliūtimi, informaciją apie tai perduoda ir kitiems.

Todėl viena iš kosminių kelionių vizijų gali būti tokia: artimiausios žvaigždės link beveik šviesos greičiu paleidžiama tūkstančiai pigių vienkartinio naudojimo mikroschemų, sakykime, M. Peko. Kelionės tikslą pasieks tik maža jų dalis, ir tada jos išskleis sparnus bei mentes ir ims skraidyti toje svetimoje aplinkoje, kaip P. Džango robotai. Iš ten radijo bangomis siųs informaciją į Žemę. Suradus kokią nors daug žadančią planetą, būtų galima į ją

nusiųsti kitos kartos robotus fabrikams statyti ir juose gaminti daugiau robotų kopijų, kurios skristų į kitą žvaigždę. Taip šis procesas galėtų tęstis be galo.

AR IŠ ŽEMĖS BUS IŠVYKSTAMA MASIŠKAI?

Tikėtina, kad 2100 m. jau būsime nusiuntę astronautus į Marsą ir asteroidų žiedą, ištyrę Jupiterio palydovus ir žengę pirmuosius žingsnius, siųsdami zondus į žvaigždes.

O kaip dėl žmonijos? Ar kosmose turėsime kolonijų, padėsiančių sumažinti per didelį gyventojų skaičių Žemėje, surandant naujus namus kosmoso platybėse? Ar 2100 m. žmonės jau pradės bėgti iš Žemės?

Ne. Turint galvoje kainą, drąsiai galima tvirtinti, kad net 2100 m. ir vėliau didžioji žmonijos dalis nesės į erdvėlaivius pasisvečiuoti kitose planetose. Nors grupelė astronautų jau bus sukūrusi mažyčius forpostus kitose planetose, žmonija liks įsitvirtinusi Žemėje.

Turint galvoje, kad Žemė išliks žmonijos namai ir ateinančiais šimtmečiais, kyla kitas klausimas – kaip vystysis civilizacija? Kaip mokslas paveiks gyvenimo būdą, darbo vietas ir visuomenę? Mokslas yra klestėjimo variklis, tad kaip jis ateityje pertvarkys civilizaciją ir turėtą?

SEPTINTAS SKYRIUS

TURTO ATEITIS

KAS LAIMI IR KAS PRALAIMI

Technologija ir ideologija purto XXI amžiaus kapitalizmo pagrindus. Gebėjimus, įgūdžius ir žinias technologijos daro vieninteliais tvaraus strateginio pranašumo šaltiniais.

– Lesteris Turovas (*Lester Thurow*)

Mitologijoje didžiųjų imperijų iškilimas ir nuosmukis priklausė nuo armijų stiprumo bei sumanumo. Didieji Romos imperijos karvedžiai prieš svarbiausias karines kampanijas buvo garbinami karo dievo Marso šventyklose. Legendiniai Toro žygdarbiai įkvėpė vikingus didvyriškiems mūšiams. Senovėje dievams šlovinti ir pergalėms mūšiuose su priešais įamžinti buvo statomos didžiulės šventyklos, paminklai.

Tačiau, išanalizavę tikrąją didžiųjų civilizacijų iškilimo ir nuosmukio istoriją, pamatysime visai kitokį vaizdą.

Jei būtumėte atvykę iš Marso, apsilankę Žemėje 1500 m. ir matę tas didžiąsias civilizacijas, kurios iš jų, jūsų nuomone, ilgainiui turėjo tapti lyderės pasaulyje? Atsakyti būtų buvę lengva: bet kurios, tik ne europinės.

Rytuose būtumėte matę didžiąją kinų civilizaciją, gyvujančią jau tūkstančius metų. Ilgas kinų padarytų išradimų sąrašas neturi sau lygių: jie išrado popierių, spausdinimo mašiną, paraką, kompasą ir t. t. Kinų mokslininkai tuo metu buvo geriausi pasaulyje, Kinijos valdžia – vieninga, šalies teritorijoje viešpatavo taika.

Pietuose – Otomanų imperija, tik per plauką neužgrobusi Europos. Didžioji musulmonų civilizacija išrado algebrą, padarė didelę pažangą optikos ir fizikos srityse, suteikė pavadinimus žvaigždėms. Joje klestėjo mokslas ir menas. Didžiosioms armijoms niekas nepajėgė rimčiau pasipriešinti. Stambulas buvo vienas iš žymiausių mokslo centrų pasaulyje.

Tada žvilgsnis būtų užkliuvęs už apgailėtinų Europos šalių, iškankintų religinio fundamentalizmo, raganų procesų, inkvizicijos. Vakarų Europa labai nusmuko per tūkstantį metų, žlugus Romos imperijai, ir buvo tokia atsilikusi, kad turėjo importuoti visas technologijas. Tai buvo tikra juodoji viduramžių skylė. Daugumos Romos imperijos laikų žinių jau seniai nebeliko, jas pakeitė slogios religinės dogmos. Į priešinimąsi joms ar nesutikimą su jomis dažnai buvo reaguojama kankinimais ar dar blogesniais dalykais. Be to, Europos miestai-valstybės nuolat kariavo vieni su kitais.

Tai kas gi atsitiko?

Didžiosios Kinijos ir Otomanų imperijos ką tik pradėjo 500 m. trukusį technologinio sąstingio laikotarpį, o Europoje prasidėjo precedento neturintis mokslo ir technologijų klestėjimas.

1405 m. Kinijos imperatorius Jonglė (*Yongle*) liepė didžiulei laivų armadai, kokios pasaulis dar nebuvo matęs, ištirti pasaulį. (Trys menki K. Kolumbo laiveliai būtų be vargo tilpę bet kurio didžiojo laivo denyje.) Surengtos septynios didelės ekspedicijos, kiekviena didesnė už ankstesniąją. Laivynas, plaukdamas palei Pietryčių Azijos krantus, pasiekė Afriką, Madagaskarą ir galbūt nuplaukė dar toliau. Jis atgabeno daugybę prekių, skanėstų ir egzotiškų gyvūnų iš toliausių pasaulio kampelių. Ming dinastijos zoologijos sode pui-kuojasi įstabūs seni Afrikos žirafų medžio raižiniai.

Tačiau Kinijos valdovai patyrė ir nusivylimą. Kurgi tos didžiosios armijos, kurios galėtų varžytis su kinais? Nejaugi egzotiški maisto produktai ir keisti gyvūnai buvo viskas, ką pasaulis galėjo pasiūlyti Kinijai? Dingus susidomėjimui, vėlesni Kinijos valdovai leido didžiajam laivynui dūlėti, galų gale sudegino. Kinija tolydžio užsisklendė nuo išorinio pasaulio, darėsi neveikli tuo metu, kai pasaulis veržėsi pirmyn.

Panašus požiūris įsigalėjo ir Otomanų imperijoje. Nukariavusi didžiąją dalį jai žinomo pasaulio, tarsi susigūžė: įsigalėjo religinis fundamentalizmas ir šimtus metų trukęs sąstingis. Mahatiras Mohamadas (*Mahathir Mohamad*),

buvęs Malaizijos ministras pirmininkas, yra pasakęs: „Didžiosios islamo civilizacijos smukimas prasidėjo tada, kai islamo mokslininkai pradėjo manyti, kad Koranas pritaria tik religinių žinių įgijimui, o visos kitos žinios yra neislamiškos. Dėl to musulmonai nustojo domėtis mokslu, matematika, medicina ir kitomis vadinamosiomis pasaulietinėmis disciplinomis ir daug laiko skyrė ginčams apie islamo mokymą ir jo interpretacijas, apie islamo jurisprudenciją ir jo praktikas; dėl to islamo pasaulis suskilo, atsirado daug sektų, kultų ir mokyklų.“¹

Tačiau Europoje jau prasidėjo didysis atbudimas. Prekyba atnešė naujų, revoliucingų idėjų, kurių plitimą spartino Johano Gutenbergo (*Johann Gutenberg*) išrasta spausdinimo mašina. Bažnyčia, viešpatavusi tūkstantį metų, pradėjo silpnėti. Universitetai pamažu nukreipė dėmesį nuo neaiškių Biblijos pasažų interpretavimo prie I. Niutono fizikos, Daltono chemijos ir kitų mokslų taikymo.

Istorikas Polas Kenedis (*Paul Kennedy*) iš Jeilio universiteto priduria dar vieną labai greito Europos iškilimo veiksnį: joje nuolat kariavo panašaus pajėgumo valstybės, nė viena iš jų šiame žemyne lydere netapo. Valdovai, nuolat kariaujantys tarpusavyje, finansavo mokslą ir inžineriją, kad jie padėtų tenkinti teritorinius užmojus. Mokslą laikė ne šiaip sau akademinio užsiėmimu, o priemone kurti naujiems ginklams ir naujiems turto didinimo būdams.

Netrukus Europos mokslo ir technologijų pakilimas pradėjo silpninti Kinijos ir Otomanų imperijos galią. Musulmonų civilizacija, išstisus šimtmečius sėkmingai buvusi Rytų ir Vakarų prekybos vartai, susilpnėjo, kai Europos jūreiviai nutiesė naujus prekybos kelius į Naująjį pasaulį ir į Rytus, ypač aplink Afriką, aplenkiant Vidurinius Rytus. O Kiniją į gabalus padalijo europiečių kanonierių laivai, kurie naudojo dviem svarbiaisiais kinų išradimais – paraku ir kompasu (ar ne Dievo pirštas?).

Taigi atsakymas į klausimą, kas atsitiko, aiškus. Atsirado mokslas ir technologijos – klestėjimo varikliai. Žinoma, jų galima nepaisyti, tačiau tai veda į pražūtį. Pasaulis nesustos žengti į priekį dėl to, kad skaitysime religinius tekstus. Jei neišvairdysime naujausių mokslo ir technologijos pasiekimų, tai padarys mūsų varžovai.

KETURIŲ JĖGŲ ĮVALDYMAS

Tačiau kaipgi atsitiko, kad Europa, ta tamsos buveinė, šimtmečius tūnojusi šešėlyje, staiga aplenkė Kiniją ir musulmonų pasaulį? Yra keli socialiniai ir technologiniai tokio įžymaus virsmo veiksniai.

Analizuojant pasaulio istoriją po 1500 m., darosi aišku, kad Europa buvo pribrendusi naujam dideliam šuoliui, nes feodalizmas silpo, iškilo pirklių klasė, papūtė gaivūs Renesanso vėjai. Tačiau fizikai šį didelį pokytį vertina Visatą valdančių keturių pagrindinių jėgų atžvilgiu. Jos gali paaiškinti viską, kas tik aplink mus yra – nuo mašinų, raketų ir bombų iki žvaigždžių ir net pačios Visatos. Socialinių tendencijų pasikeitimas galbūt paruošė dirvą tam perėjimui, bet kaip tik tų jėgų įvaldymas Europą galų gale išvedė į priešakines pasaulio valstybių linijas.

Pirma iš jėgų yra gravitacinė jėga, neleidžianti atitrūkti nuo žemės, neleidžianti Saulei sprogti, o Saulės sistemai suirti. Antra – elektromagnetizmas. Jis apšviečia miestus, tiekia energiją varikliams, lazeriams ir kompiuteriams. Trečia ir ketvirta jėgos yra silpnos ir stiprios branduolinės, neleidžiančios atomų branduoliams subyrėti, uždegančios žvaigždes danguje, kūrenančios branduolinę ugnį Saulės centre. Jos visos buvo atskleistos Europoje.

Kai tik fizikai perprasdamo kurią nors iš tų jėgų, žmonių istorija pasikeisdavo, ir Europa puikiai tiko pritaikyti toms naujoms žinioms. I. Niutonas, stebėdamas krintantį obuolį ir žiūrėdamas į Mėnulį, uždavė sau klausimą, kuris visiems laikams pakeitė žmonijos istoriją: jei obuolys krinta, gal turi nukristi ir Mėnulis?

Nuostabios įžvalgos pagautas, būdamas vos 23 m., staiga suprato, kad obuolį čia, Žemėje, veikia tos pačios jėgos, kurios veikia ir planetas bei kometas danguje. Tai leido jam, remiantis jo paties ką tik išrastu diferencialiniu bei integraliniu skaičiavimu, nustatyti planetų bei jų palydovų trajektorijas ir pirmą kartą perprasti dangaus kūnų judėjimą. 1687 m. jis paskelbė savo šedevrą *Principia*. Tai, be abejo, pati svarbiausia iš visų kada nors parašytų mokslo knygų ir viena iš įtakingiausių knygų visoje žmonijos istorijoje.

Dar svarbiau, kad I. Niutonas sukūrė klasikinės mechanikos, leidžiančios apskaičiuoti judančių kūnų judėjimą veikiant jėgoms, pagrindus. Mes nustojome būti priklausomi nuo dvasių, demonų ar vaiduoklių užgaidų, suprato, kad daiktai juda, veikiami gerai apibrėžtų jėgų, kurias galima išmatuoti ir

TURTO ATEITIS

įvaldyti. Tai atvedė prie I. Niutono mechanikos, padedančios mokslininkams tiksliai prognozuoti mechanizmų elgesį. Šitai savo ruožtu parengė dirvą garo mašinai ir lokomotyvui. Niutono dėsniai leidžia sistemingai, varžtą po varžto, svertą po sverto išnagrinėti painias varomąsias sudėtingų garu varomų mašinų jėgas. Taigi I. Niutono pateiktas gravitacijos apibūdinimas padėjo pagrindus Europos pramonės revoliucijai.

Tada XIX a. Maiklas Faradėjus (*Michael Faraday*), Džeimsas Klarkas Maksvelis (*James Clerk Maxwell*) ir kiti įvaldė antrąją iš didžiųjų jėgų, elektromagnetizmą, kuris lėmė kitą didelį revoliucinį perversmą. Kai T. Edisonas pastatė elektros generatorius *Pearl Street* stotyje žemutiniame Manhatane ir elektrifikavo pirmąją pasaulyje gatvę, jis atkėlė vartus visos planetos elektrifikacijai.

Šiandien iš kosmoso galime pasižiūrėti, kaip atrodo Žemė naktį – visi žemynai skendi šviesos jūroje. Žiūrėdamas į Žemę iš kosmoso, ateivis suprastų, jog Žemės gyventojai jau įvaldė elektromagnetizmą. Labai aiškiai suvokiame savo priklausomybę nuo jo, kai elektros srovės tiekimas nutrūksta. Tai akimirksniu nubloškia mus šimtą metų atgal, kai nebuvo kredito kortelių, kompiuterių, elektros šviesos, liftų, televizijos, radijo, interneto, elektros variklių ir t. t.

Pagaliau branduolinės jėgos, kurias įvaldė irgi Europos mokslininkai, keičia viską, kas tik yra aplink mus. Jau galime ne tik atskleisti dangaus paslaptis, perprasti, iš kur žvaigždės ima energiją, bet ir įsiskverbti į žmogaus kūno vidų, pasitelkę medicinos žinias: magnetinį rezonansą, kompiuterinę tomografiją, pozitronų emisijos tomografijos skleistines, spindulių terapiją ir branduolinę mediciną. Kadangi branduolinės jėgos valdo didžiulę energiją, esančią atome, galų gale jos gali nulemti ir visos žmonijos likimą, tai, kas laukia mūsų – klesėjimas, įkinkius į darbą, galima sakyti, beribius termobranduolinės sintezės energijos išteklius, ar mirtis branduolinės katastrofos pragare.

ARTIMOJI ATEITIS (DABARTIS–2030 M.)

KETURI TECHNOLOGIJOS ETAPAI

Kintančių socialinių sąlygų ir keturių minėtų jėgų įvaldymo derinys leido Europai atsisturti visų šalių priekyje. Tačiau technologijos yra dinamiškos, visą laiką kinta. Jos gimsta, vystosi, išskyla ir žlunga. Norint suvokti, kaip konkre-

čios technologijos keisis artimiausioje ateityje, praverstų pasižiūrėti, kaip jos paklūsta tam tikriems evoliucijos dėsniams.

Masinės technologijos paprastai vystosi keturiais pagrindiniais etapais. Tai matyti iš popieriaus, vandentiekio, elektros ir kompiuterių evoliucijos. I etape technologijos produktai tokie brangūs, kad reikia itin saugoti. Popierius, kurį prieš tūkstančius metų išrado papiruso pavidalu senovės egiptiečiai, vėliau kinai, buvo toks brangus, kad papiruso ritinėlių akylai saugojo dešimtytys žynių. Ši paprasta technologija padėjo išjudinti senovės civilizaciją.

I II etapą popierius įžengė apie 1450 m., kai J. Gutenbergas išrado spausdinimą naudojant kilnojamasias literas. Atsirado „asmeninės knygos“ galimybė, kiekvienas dabar galėjo turėti knygą, kurioje tilpo šimtų papiruso ar pergamento ritinėlių žinios. Iki J. Gutenbergo visoje Europoje buvo tik 30 000, 1500 m. – jau 9 mln. knygų. Tai labai paspartino intelektualinį judėjimą ir tapo didele paskata Renesansui.

Apie 1930 m. prasidėjo III popieriaus evoliucijos etapas, kai jo kaina nukrito iki cento už lapą. Žmonėms atsirado galimybė turėti asmenines bibliotekas, šimtus knygų. Popierius tapo paprasta preke, pardavinėjama tonomis. Jo dabar yra visur ir nėra niekur, yra toks visur esantis, kad net nepastebime. Esame jau IV etape, kai popierius tapo mados dalyku. Puošiame savo pasaulį visų spalvų, formų ir dydžių popieriaus lapais. Didžiąją miestų buitinių atliekų dalį sudaro popierius. Taigi iš rūpestingai saugomos prekės jis tapo atlieka.

Tą patį galima pasakyti ir apie vandentiekį. Senovėje, I etape, vanduo buvo taip branginamas, kad vienu šuliniu turėjo tenkintis visas kaimas. Tokia padėtis truko tūkstančius metų, kol XX a. pradžioje pamažu buvo pradėtos diegti asmeninės aprūpinimo vandeniu sistemos, ir įžengėme į II etapą. Po Antrojo pasaulinio karo vandentiekio evoliucija pradėjo III etapą: vanduo tapo pigus ir prieinamas visai besiplečiančiai vidurinei klasei. Šiandien vandentiekis yra jau IV etape, jis tapo mados dalyku, įgavusiu įvairias formas. Savo pasaulį puošiame vandeniu – fontanais ir kitokiomis dekoratyvinėmis konstrukcijomis.

Tokie pat etapai būdingi ir elektrai. Pasirodžius novatoriškiems T. Ediso no ir kitų darbams, I etape kokia nors gamykla turėjo tik vieną elektros lemputę ir elektros variklį. Po Pirmojo pasaulinio karo prasidėjo II etapas: atsirado asmeninių lempučių ir asmeninių elektros variklių. Šiandien elektra, galima

sakyti, jau išnyko: ji yra visur ir jos nėra niekur. Net pats žodis elektra beveik nebevartojamas. Per Kalėdas šimtais mirksinčių elektros lempučių puošiamie namus. Darome prielaidą, kad elektra paslėpta sienose, kad jos yra visur. Elektra tapo mados dalyku, ji apšviečia Brodvėjų ir puošia pasaulį.

IV etape ir elektra, ir vandentiekis tapo naudingais dalykais. Jie tokie pigūs ir jų suvartojame tiek daug, kad matuojame, kiek jų ateina į mūsų namus.

Tas pats pasakytina ir apie kompiuterius. Tai supratęs, kompanijos veikė sėkmingai, klestėjo, o nesupratęs neretai atsidurdavo net prie bankroto slenksčio. I etape XX a. šeštajame dešimtmetyje viešpatavo *IBM* kompanija – turėjo didžiulias skaičiavimo mašinas. Skaičiavimo mašina buvo labai brangi, todėl ją dalijosi koks šimtas mokslininkų bei inžinierių. Tačiau *IBM* vadovybė neįvertino Mūro dėsnio, todėl, devintajame dešimtmetyje prasidėjus II etapui ir atsiradus asmeniniams kompiuteriams, *IBM* vos nebankrutavo.

Tačiau ir asmeninių kompiuterių gamintojai per anksti nusiramino. Jie įsivaizdavo pasaulį su asmeniniais kompiuteriais ant kiekvieno stalo. III etapas ir jo internetas, susietais kompiuteriais, kai kiekvienas žmogus gali sąveikauti su milijonais kompiuterių, juos užklupo nepasiruošusius. Šiandien vienintelė vieta, kur dar galima rasti savarankiškai veikiančių kompiuterių, yra, ko gero, tik muziejai.

Ateityje kompiuteriai turi įžengti į IV etapą, kur jie išnyks ir prisikels tik kaip mados dalykai. Savo pasaulį puošime kompiuteriais. Net pats žodis *kompiuteris* pamažu dings iš kalbos. Ateityje didžiausią miesto atliekų dalį sudarys ne popierius, o mikroschemos. Kompiuterio ateitis tokia: išnykti, tapti tiesiog naudingu daiktu – kaip elektra ir vanduo. Kompiuterių mikroschemos palaipsniui išnyks, kai apskaičiavimai bus „atliekami debesyse“ (vadinamoji *debesų kompiuterija*).

Taigi kompiuterių evoliucijoje jokios paslapties nėra, ji vyksta jau gerai ištryptu jų pirmtakų – elektros, popieriaus, vandentiekio – keliu.

Tačiau ir kompiuteriai, ir internetas tebesivysto. Kai ekonomisto Džono Stylio Gordono (*John Steele Gordon*) paklausė, ar jų revoliucija jau baigėsi, atsakė: „Kur tau! Praeis dar šimtas metų, kol ji visai išsikvėps, panašiai kaip kad buvo su garo mašina. Dabar internetas yra maždaug tokios stadijos, kokios geležinkeliai buvo 1850 m. Tai tik pradžia.“²

Reikėtų pažymėti, kad ne visos technologijos pasiekia III ir IV etapus. Pavyzdžiui, lokomotyvas. Mechanizuotas transportas į I etapą įžengė XIX a. pra-

džioje, atsiradus garu varomam lokomotyvui. Vienu lokomotyvu turėjo dalytis koks 100 žmonių. Įžengėme į II etapą, kai atsirado „asmeninis lokomotyvas“, dar vadinamas automobiliu; tai įvyko XIX a. pradžioje. Tačiau lokomotyvas ir automobilis (iš esmės tai juk dėžė ant bėgių ar ant ratų) pastaraisiais dešimtmečiais daug nepasikeitė. Pasikeitė tik detalės: varikliai tapo galingesni, veiksmingesni, padaugėjo automatizacijos. Technologijos, negalinčios pereiti į III ir IV etapus, bus pagražintos. Sakykime, jos turės mikroschemas, kad taptų išmanesnės. Kai kurios technologijos išsivysto iki IV etapo (elektra, kompiuteriai, popierius, vandentiekis). Kitos įstringa tarpiniame taške, tačiau vystosi toliau mažais žingsneliais (mikroschemos ar efektyvumo didėjimas).

IŠ KUR BURBULAI IR KRACHAI?

Tačiau šiandien, po didžiosios 2008 m. recesijos, pasigirsta, kad pažanga buvo tik iliuzija, reikia grįžti prie paprastesnių dienų, nes mūsų sistemoje yra kažkas iš esmės ydinga.

Pažvelgus toli atgal į istoriją, matyti nelauktų dalykų, didžiulių burbulų ir krachų, žlugimų, iš pažiūros ateinančių nežinia iš kur. Atrodo, tai atsitiktiniai dalykai, šalutiniai likimo nepastovumo ir žmonių kvailybės produktai. Istoriškai ir ekonomistai jau daug prirašė apie 2008 m. krachą: stengiasi perprasti, nagrinėdami įvairiausias priežastis – žmonių prigimtį, jų godumą, korupciją, reguliuojančių taisyklių stygių, silpnąsias priežiūros vietas ir t. t.

Tačiau aš didžiąją recesiją vertinu kitaip – mokslo požiūriu. Ilgalaikėje perspektyvoje mokslas yra klestėjimo variklis. Pavyzdžiui, knygoje „Ekonominės istorijos Oksfordo enciklopedija“ (*The Oxford Encyclopedia of Economic History*) cituojami tyrimai, kurie „90 % pajamų augimo Anglijoje ir Jungtinėse Valstijose po 1780 m. priskiria technologinėms naujovėms, o ne tik kapitalo kaupimui.“³

Jei ne mokslas, būtume nublokšti tūkstančius metų atgal į tamsią praeitį. Tačiau mokslo pažanga nėra tolygi, ji vyksta bangomis. Koks nors vaisingas proveržis (pavyzdžiui, garo mašina, elektros lemputė, tranzistorius) dažnai nulemia ne vieną antrinį išradimą, sukeliantį ištisą naujovių ir pažangos laviną. Kadangi bangos sukuria daug turto, jos turėtų būti atspindėtos ir ekonomikoje.

Pirmą didelę bangą sukėlė garo energija – galų gale buvo sukurtas lokomotyvas. Garo energija maitino pramonės revoliuciją, apvertusią visuomenę aukštyn kojom. Garo energija sukūrė pasakiškus turtus. Tačiau kapitalizmo sistemoje turtas negali būti nenaudojamas, jis turi kažkur keliauti. Kapitalistai be paliovos ieško naujų gerų progų ir yra linkę turtą investuoti į vis labiau spekuliacines schemas; rezultatai kartais būna išties katastrofiški.

XIX a. pradžioje didelė dalis perteklinio turto, kurį sukūrė garo energija ir pramonės revoliucija, buvo investuota į lokomotyvų akcijas Londono fondų biržoje. Tiesą sakant, pradėjo formuotis ekonominis burbulas, Londono biržoje atsirado dešimtys lokomotyvų kompanijų.

Virdžinija Postrel (*Virginia Postrel*), *New York Times* laikraščio verslo apžvalgininkė, rašė: „Prieš 100 m. geležinkelių kompanijoms priklausė pusė vertybinių popierių, kotiruojamų Niujorko fondų biržoje.“⁴ Kadangi lokomotyvai tuo metu buvo dar tik vaikystės stadijos, burbulas buvo netvarus, galiausiai sprogo ir sukėlė 1850 m. krachą – vieną iš didelių žlugimų kapitalizmo istorijoje. Po to buvo daugybė nedidelių krachų, jų kildavo vos ne kas dešimtmetį – lėmė pramonės revoliucijos sukurtas perteklinis turtas.

Čia galima įžvelgti ir likimo ironiją: XIX a. devintasis–dešimtis dešimtmetis kaip tik buvo geležinkelių klestėjimo metas. Taigi 1850 m. krachą sukėlė spekuliacinė karštligė ir mokslo sukurtas turtas, o tikrajam pasaulio aprūpinimui geležinkeliais prisireikė dar daug dešimtmečių.

Tomas Frydmanas (*Thomas Friedman*) rašo: „XIX a. Amerikoje buvo geležinkelių bumas, burbulas ir krachas [...] Tačiau net kai burbulas sprogo, Amerikoje liko geležinkelių infrastruktūra, kuri itin palengvino ir atpigino tarpžemynines keliones ir krovinių gabenimą.“⁵

Kapitalistai iš to nepasimokė, ir ciklas netrukus ėmė kartotis. Antra didelė technologijų plitimo banga buvo sukurta T. Edisono ir H. Fordo elektros ir automobilių revoliucijų. Gamyklų ir gyvenamųjų namų elektrifikavimas bei *Model T* markės automobilio paplitimas ir vėl sukūrė pasakišką turtą. Kaip visada, taip ir dabar, turto perteklius turėjo kažkur iškeliauti. Šiuo atveju iškeliauvo į JAV fondų biržą ir įgavo komunalinių paslaugų ir automobilių akcijų burbulo pavidalą.

Žmonės nepaisė 1850 m. kracho pamokų, nes tai buvo prieš 80 m., miglotoje praeityje. 1900–1925 m. įsisteigė 3000 automobilių kompani-

jų, rinka tokios jų gausybės tiesiog nepajėgė išlaikyti.⁶ Ir šis burbulas buvo netvarus. Dėl šios ir dar kitų priežasčių 1929 m. burbulas sprogo – kilo Didžioji depresija.

Neįtikėtina, bet Amerikoje ir Europoje buvo tiesiami keliai ir elektrifikavimas vyko tik praėjus krachui, šeštajame–septintajame dešimtmetyje.

Dar vėliau atėjo trečia didžioji mokslo banga – aukštosios technologijos: kompiuteriai, lazeriai, dirbtiniai Žemės palydovai, internetas ir elektronika. Ir aukštųjų technologijų sukurtas pasakiškas turtas turėjo kur nors nukeliauti. Šiuokart – į nekilnojamojo turto sritį, ir sukūrė didžiulį burbulą.

Kai nekilnojamojo turto vertė pasiekė neregėtas aukštumas, žmonės pradėjo skolintis, įkeisdami namus, juos panaudodami kaip taupykles, ir tai dar labiau paspartino finansinio burbulo pūtimąsi. Neturintys skrupulų bankininkai prie pūtimosi irgi prisidėjo, lengva ranka duodami paskolas už įkeistą turtą. Ir vėl žmonės nekreipė dėmesio į 1850 ir 1929 m. finansinių katastrofų pamokas, nes juk tai buvo seniai – prieš 160 ir prieš 80 m.! Ir naujas burbulas negalėjo būti tvarus, jis baigėsi 2008 m. krachu ir ilga recesija.

T. Frydmanas rašo: „XXI a. pradžia atnešė finansinių paslaugų pakilimą, burbulą ir pagaliau bankrotą, tačiau bijau, kad visa tai paliks tik krūvą tuščių kooperatinių gyvenamųjų namų Floridoje, kurių tikrai nereikėjo statyti, padėvėtų asmeninių reaktyvinių lėktuvų, kuriais turtuoliai jau nebeįstengia naudotis, ir krūvą negyvų išvestinių finansinių instrumentų sutarčių – jų niekas negali suprasti.“⁷

Tačiau, nepaisant idiotiškumo, lydėjusio pastarąjį krachą, po 2008 m. kracho vyks viso pasaulio susiejimas ryšių ir informacijos tinklais. Geriausi informacinės revoliucijos laikai dar neatėjo, tebelaukia ateityje.

Jei taip, kyla klausimas, o kokia bus ketvirta banga? To niekas gerai nežino. Tai galėtų būti dirbtinio intelekto, nanotechnologijų, telekomunikacijų ir biotechnologijų derinys. Kaip ir ankstesniais ciklais, gali ir vėl praeiti 80 m., kol technologijos sukurs pasakišką turtų potvynio bangą. Tikėkimės, apie 2090 m. žmonės atsižvelgs į tai, kas atsitiko prieš 80 m.

ŠIMTMEČIO VIDURYS (2030–2070 M.)

KAS LAIMI IR KAS PRALAIMI: DARBO VIETOS

Tačiau vystydamosi technologijos sukelia staigių ekonomikos pokyčių. Kiekvienoje revoliucijoje vieni laimi, kiti pralaimi. Tai bus aiškiau matyti šio šimtmečio viduryje. Mes jau nebeturime kiekviename kaime buvusių kalvių ir rąčių. Negana to, per daug nesikremtame, kad nebeliko daugelio amatų. Klausimas toks: kokios darbo vietos klestės šio šimtmečio viduryje? Kaip technologijų evoliucija pakeis darbo būdą?

Atsakymą iš dalies galima rasti uždavus kitą paprastą klausimą – kokie yra robotų trūkumai? Kaip jau matėme, yra mažų mažiausiai du dideli dirbtinio intelekto trūkumai: jis neatpažįsta struktūrų ir neturi sveiko proto. Todėl ateityje daugiausia išliks tos darbo vietos, tie darbai, kurių negalės atlikti robotai, tie, kuriems reikia minėtų dviejų gebėjimų.

Iš fizinio darbo darbininkų pralaimės tie, kurie atlieka pasikartojančias operacijas (pavyzdžiui, darbininkai prie automobilių surinkimo konvejerio), nes robotai čia yra pranašesni. Kompiuteriai sukelia iliuziją, kad yra protingi, bet tik dėl to, kad aritmetinius veiksmus atlieka milijonus kartų greičiau už mus. Pamirštame, kad kompiuteriai yra tik sudėtingi sumavimo aparatai, ir pasikartojantys darbai yra ta sritis, kurioje jiems sekasi geriausiai. Štai kodėl automobilių surinkimo linijas aptarnaujantys darbininkai vieni iš pirmųjų nukentėjo nuo kompiuterių revoliucijos. Vadinasi, visos darbo vietos, kurių darbus galima redukuoti į lengvai apibūdinamą, pasikartojančių judesių seką, ilgainiui išnyks.

Stebina, kad yra daug fizinį darbą dirbančių darbininkų, kurie per kompiuterių revoliuciją ne tik *išliks*, bet ir suklestės. Laimės atliekantys nesikartojančias darbo operacijas, kurioms atlikti reikia atpažinti struktūras. Šiukšlių surinkėjai, policininkai, statybininkai, sodininkai, santechnikai darbo nepritrūks ir ateityje. Šiukšlių surinkėjai, renkantys šiukšles prie įvairių namų, butų, turės atpažinti šiukšlių maišus, sukrauti į sunkvežimius ir nuvežti į sąvartyną. Tačiau įvairių šiukšlių bus atsikratoma skirtingais būdais. Statybos darbininkams kiekvienam darbui atlikti reikės vis kitokių įrankių, brėžinių, nurodymų. Nėra dviejų visai vienodų statybos vietų ir užduočių. Policijos pa-

reigūnams tenka analizuoti visokius nusikaltimus įvairiomis aplinkybėmis. Be to, jie turi suprasti nusikaltėlių motyvus ir metodus, joks kompiuteris nesugebės to padaryti. Panašiai pasakytina ir apie sodus bei santechnikos įrenginius: visi jie yra skirtingi, jiems reikia vis kitokių gebėjimų bei įrankių.

Iš protinį darbą dirbančių pralaimės tarpininkai, vykdantys inventoriavimo ir paprasčiausios apskaitos užduotis, taigi žemiausio lygio prekybos agentai, makleriai, kasininkai, buhalteriai ir t. t. Vis daugiau jų neteks darbo, nykstant darbo vietoms. Darbo vietos vadinamos kapitalizmo trintimi. Jau ir dabar įmanoma nusipirkti lėktuvo bilietą, internete suradus palankiausią kainą, nesikreipiant į kelionių agentus.

Pavyzdžiui, *Merrill Lynch* kompanija pagarsėjo pareiškimu, kad niekada neprekaus akcijomis internetu – visada tai darys senuoju būdu. Džonas Steffensas (*John Steffens*), šios kompanijos maklerių vadovas, sakė: „„Daryk pats“ pobūdžio investavimą, besiremiantį prekyba internetu, reikėtų laikyti rimtu pavojumi finansiniam Amerikos gyvenimui.“

Todėl jautėsi labai pažemintas, kai rinkos jėgos vis dėlto jį privertė 1999 m. pradėti prekiauti internetu. „Istorijoje retai kada taip atsitinka, kad kokios nors verslo šakos lyderiai būtų priversti per labai trumpą laiką taip iš pagrindų pakeisti savo nuomonę, priimti tai, kas iš esmės yra naujas verslo modelis,“ – rašė Čarlzas Gasparinis (*Charles Gasparino*) *ZDNet news* tinklalapyje.⁹

Tai irgi reiškia, kad sumažės ir korporacijų piramidė. Kadangi korporacijų viršuje esantys žmonės gali tiesiogiai bendrauti su pardavėjais ir prekybos agentais, mažiau bereikia tarpininkų iš viršaus ateinantiems įsakymams vykdyti. Toks darbo vietų sumažėjimas iš tikrųjų jau įvyko, kai kontorose pasirodė pirmieji asmeniniai kompiuteriai.

Tai kaipgi tarpinės grandies atstovai galėtų išlikti ir ateityje? Jie turės padidinti savo darbo vertę ir pateikti tai, ko robotai pateikti negali – sveiką protą.

Pavyzdžiui, ateityje galėsime nusipirkti namą internetu, pasinaudoję savo laikrodžiu ar kontaktiniais lėšiais. Tačiau niekas nepirks namo šitokiu būdu, nes tai yra viena iš svarbiausių finansinių operacijų gyvenime. Ketindami pirkti tokį svarbų dalyką, norėsime pasikalbėti su žmogumi, žinančiu, kur ten yra gerų mokyklų, koks nusikalstamumo lygis, kaip veikia vandentiekio ir kanalizacijos sistema ir t. t. Taigi norėsite pasikalbėti su įgudusiu prekybos agentu, iš kurio gausite pridėtinės vertės.

Panašiai ir žemo lygio maklerius išstumia internetinė prekyba, tačiau visada liks paklausūs biržos makleriai, galintys duoti racionalių, išmintingų investavimo patarimų. Maklerių darbo vietų skaičius ir toliau mažės, jei jie nepasiūlys kuriančių pridėtinę vertę paslaugų – aukšto lygio rinkos analitikų ir ekonomistų išminties bei patyrusių maklerių žinių. Šiais laikais, kai internetinė prekyba negailestingai mažina prekybos akcijomis išlaidas, makleriai išliks tik tada, jei parduos savo nematerialiąsias savybes: patirtį, žinias, gebėjimą analizuoti.

Taigi protinį darbą dirbantys išliks tie, kurie galės pateikti naudingų sveiko proto siūlymų: turintys kūrybinių savybių, „darančių mus žmonėmis“ – gabumų dailei, vaidybai, mokėjimo juokauti, kurti programinę įrangą, analizuoti, polinkių lyderiauti, gabumų mokslui.

Meno žmonės darbo nepristigs, nes interneto apetitas kūrybiniam menui tiesiog nepasotinamas. Kompiuteriai yra puikūs pagalbininkai kopijuojant meno kūrinius ir padedant dailininkams tobulinti savo kūrinius, bet jie apgailėtini, kai reikia kurti naujas meno formas. Menas, kuris įkvepia, intriguoja, žadina emocijas, jaudina, kompiuteriams nepasiekiamas, nes tokiame menui būtinas sveikas protas.

Romanistai, scenarijų autoriai, dramaturgai darbo turės, nes jie perteikia realistines scenas, žmonių konfliktus, pergales ir pralaimėjimus. Kompiuteriai nesugeba modeliuoti žmonių prigimties, suprasti jų motyvų bei ketinimų. Jiems neaišku, kas mus verčia verksti ar juoktis, nes to daryti nemoka. Nesupranta ir kas mus gali prajuokinti, o kas nuliūdinti.

Darbo turės ir dirbantys žmonių tarpusavio santykių srityje.

Nors robotas advokatas gali atsakyti į paprasčiausius teisės klausimus, tačiau teisės normos nuolat kinta – priklauso nuo socialinių normų ir papročių kitimo. Galų gale teisės normų interpretavimas susijęs su vertės nustatymu, o šioje srityje kompiuteriai silpni. Jei teisėje viskas būtų tiksliai nustatyta ir aišku, nereikėtų nei teismų, nei teisėjų, nei prisiekusiųjų. Robotai negali pakeisti prisiekusiųjų, nes šie dažnai atstovauja kokios nors konkrečios grupės papročiams, kurie nepaliaujamai kinta. Tai labai išryškėjo, kai kartą Aukščiausiojo Teismo teisėjui Poteriui Stiuartui (*Potter Stewart*) reikėjo pateikti pornografijos apibrėžimą. Jis pasakė: „Žinau, kas tai yra, tik tada, kai pamatau.“

Be to, robotai greičiausiai negalėtų teisėtai pakeisti teisingumo sistemos, nes įstatymai įtvirtina pagrindinį principą: prisiekusiuosius reikia skirti iš

mums lygių žmonių. Kadangi robotų tokiais laikyti negalima, teisės požiūriu jais negalima pakeisti ir teisingumo sistemos.

Iš pirmo žvilgsnio įstatymai gali atrodyti griežti, tikslūs ir gerai apibrėžti; formuluotės tikslios ir griežtos, paslaptinai atrodantys pavadinimai ir apibrėžimai. Tačiau taip tik atrodo, nes iš tikrųjų apibrėžimų interpretacijos nuolat kinta. Pavyzdžiui, JAV Konstitucija iš pažiūros yra gerai apibrėžtas dokumentas, tačiau Aukščiausiojo Teismo narių nuomonės prieštariniais klausimais dažnai nesutampa. Jie nuolat naujai interpretuoja kiekvieną Konstitucijos žodį, kiekvieną frazę.

Kad žmonių vertybės kinta, aiškiai matyti vos pažvelgus į istoriją. Sakyme, JAV Aukščiausiasis Teismas 1857 m. nusprendė, kad vergai niekada negalės tapti Jungtinių Valstijų piliečiais. Tam tikru požiūriu šiai nutarčiai panaikinti prisireikė Pilietinio karo ir tūkstančių žmonių aukų.

Ateityje vertinga preke taps ir lyderiavimas. Jį iš dalies sudaro visos prieinamos informacijos, požiūrių ir pasirinkimų įvertinimas, tinkamiausių iš jų, atitinkančių tam tikrus tikslus, pasirinkimas. Lyderiavimas tampa ypač sudėtingas, nes susijęs su darbuotojų įkvėpimu ir vadovavimu, o juk kiekvienas turi gerųjų ir blogųjų savybių. Visi šie veiksniai reikalauja gero žmogaus prigimties, rinkos jėgų ir t. t. supratimo, kuris kompiuteriams yra neprieinamas dalykas.

PRAMOGŲ VERSLO ATEITIS

Ištisose verslo šakose, taigi ir pramogų, įvyks esminių permainų. Muzikos verslas nuo neatmenamų laikų rėmėsi individualiais muzikantais, kurie keliavo iš miesto į miestą ir asmeniškai demonstravo sugebėjimus. Jie visą laiką keliavo, vieną dieną koncertuodavo vienoje vietoje, kitą dieną vykdavo į kitą kaimą. Tai buvo sunkus gyvenimas, teikdavęs mažai finansinės naudos.

Šis veiklos modelis staiga pasikeitė, T. Edisonui išradus fonografą; visam laikui pasikeitė ir muzikos klausymosi būdas. Staiga koks nors dainininkas galėjo pradėti gaminti įrašus, parduodamus milijonais egzempliorių ir atnešančius tokias pajamas, apie kurias anksčiau nebuvo galima net svajoti. Per vienos kartos amžių kai kurie roko dainininkai tapo turtuoliais, nuvorišais. Roko žvaigždės, kurių visai neseniai laukė tik restorano padavėjų likimas, tapo jaunimo stabais, garbinamais dievaičiais.

Deja, muzikos verslas nepaisė mokslininkų prognozių, kad ateis metas, kai muzikos įrašus bus galima siųsti internetu kaip elektroninio pašto žinutes. Muzikos verslas, užuot sugalvojęs, kaip uždirbti pinigų, prekiaujant įrašais internetu, pradėjo bylinėtis su atsiradusiomis naujomis kompanijomis, siūlančiomis muzikos įrašus tik už nedidelę dalį kompaktinių plokštelių kainos. Tai buvo tas pats, kaip mėginti sulaikyti įsisiautėjusį vandenyną. Dėl tokio jų nerūpestingumo ir atsirado dabartinė muzikos įrašų verslo sumaištis.

(Gera tik tai, kad niekam nežinomi dainininkai dabar gali labai iškilti, išvengdami didžiųjų muzikos kompanijų cenzūros. Anksčiau muzikos verslo magnatai galėjo vos ne vieni patys spręsti, ką padaryti nauja roko žvaigždė. Taigi ateityje muzikantai iškils demokratiškesniu būdu, tai priklausys nuo visiems prieinamų rinkos jėgų ir technologijų, o ne nuo įtakingų muzikos verslo veikėjų.)

Panašią dilemą sprendžia ir laikraščiai. Tradiciškai jie gali pasikliauti pastoviomis pajamomis, gaunamomis iš reklamos, ypač iš smulkių skelbimų apie pirkimą ir pardavimą. Laikraščiai daugiau pajamų gauna ne iš parduotų egzempliorių, o iš juose spausdinamų reklaminių skelbimų. Tačiau šiandien naujausias naujienas galima parsisiųsti į kompiuterį nemokamai, o reklamuoti – įvairiuose interneto tinklalapiuose visoje šalyje. Dėl to mažėja laikraščių dydžiai ir jų tiražai.

Tačiau tai nesitęs be galo. Internete yra tiek daug informacinio triukšmo, tiek daug tariamų pranašų, kasdien gražbyliaujančių savo auditorijai, tiek megalomanų, besistengiančių prastumti savo keistas idėjas, kad ateis laikas, kai žmonės pasigės naujos prekės – išminties. Atsitiktiniai faktai neturi nieko bendro su išmintimi. Ateityje žmonės pavargs nuo kuoktelėjusių tinklaraštininkų tuščių plepalų ir ieškos vertų pagarbos tinklalapių, siūlančių retą išminties prekę.

Ekonomistas H. Makrajus sakė: „Didžioji tos „informacijos“ dalis iš tikrųjų yra šlamštas, intelektinis elektroniniu paštu siuntinėjamo brukalo atitikmuo.“¹⁰ Tačiau jis tvirtina: „Sveikas protas ir toliau bus labai vertinamas: išmanūs finansų analitikai kaip grupė yra geriausiai apmokami tyrėjai visame pasaulyje.“

MATRICA

O ką galima pasakyti apie Holivudo aktorius? Ar jie, užuot tapę dideliais pelnus nešančiomis garsenybėmis ir visuomenės apkalbų objektais, netaps bedarbiais? Pastaruoju metu pasiekta tokia didelė pažanga žmogaus kūno kompiuterinėje animacijoje, kad tokia galimybė atrodo beveik įmanoma. Animacinių filmų veikėjai jau yra erdviniai ir niuansuoti. Tad ar aktoriai ir aktorės netrukus netaps atgyvenomis?

Greičiausiai ne. Kompiuteriu modeliuojant žmogaus veidą, atsiranda esminių problemų. Žmonės išsiugdė slėpiningą gebėjimą atskirti kitų žmonių veidus, nes nuo to priklausė jų išlikimas. Reikėjo akimirksniu atskirti priešą nuo draugo. Per kelias sekundes nustatyti žmogaus amžių, lytį, stiprumą, emocijas. Nesugebantys to padaryti neišgyveno ir neperdavė savo genų kitai kartai. Todėl žmonių smegenys didelę savo gebėjimų apdoroti informaciją dalį skiria nagrinėti žmonių veidams.

Tiesą sakant, didžiąją savo evoliucinės istorijos dalį, dar iki išmokdami kalbėti, bendravome gestais ir kūno kalba, o didelę smegenų gebėjimų dalis buvo skirta nagrinėti vos įžvelgiamoms veido išraiškoms. Tačiau kompiuteriams, kuriems taip sunkiai sekasi atpažinti net paprastus aplink juos esančius objektus, dar sunkiau tikroviškai atkurti žmogaus veidą. Vaikai iš karto atskiria, ar ekrane matomas žmogaus veidas yra tikras, ar tik kompiuterinė animacija. (Ištakų reikia ieškoti Urvinio žmogaus principu. Jei reikėtų rinktis, ką žiūrėti – kokį nors populiarių veiksmo filmą su mėgstamu aktoriumi ar panašų kompiuterinės animacijos filmą, vis tiek rinktumės pirmąjį.)

Kūną, priešingai, modeliuoti kompiuteriu daug lengviau. Holivude kuriant tikroviškai atrodančias pabaisas ir fantastinius gyvūnus daroma taip. Aktorius užsivelka prigludusius prie kūno drabužius su jutikliais ties sąnariais. Jam šokant ar kitaip judant, jutikliai siunčia signalus į kompiuterį, kuris kuria animacinę figūrą, atliekančią tiksliai tokius pačius judesius; pavyzdžiui, taip daroma filme „Įsikūnijimas“ (*Avatar*).

Man kartą teko sakyti kalbą Livermore nacionalinėje laboratorijoje, kur kuriami branduoliniai ginklai. Pietaudamas sėdėjau šalia žmogaus, kūrusio filmą „Matrica“ (*The Matrix*). Jis pripažino, kad labai daug kompiuterio laiko užėmė stublinančių specialiųjų efektų kūrimas. Pasak jo, vienoje iš sunkiausių scenų tu-

TURTO ATEITIS

rėjo visiškai atkurti įsivaizduojamą miestą, matomą iš skrendančio sraigtasparnio. Kūrėjas sakė: jei skirtų pakankamai kompiuterio laiko, sukurtų visą prasimanytą miestą.

Tačiau kartu pripažino, kad modeliuoti tikroviškai atrodantį žmogaus veidą yra uždavinys, pranokstantis jo sugebėjimus dėl to, kad šviesos spindulys, krintantis ant žmogaus veido, išsisklaido į visas puses pagal veido paviršiaus tekstūrą. Kompiuteris turi sužiūrėti kiekvieną išsklaidytos šviesos dalelę. Taigi visus veido taškelius reikia aprašyti sudėtinga matematine funkcija, ir tai yra tikras galvos skausmas kompiuterių programuotojams.

Pasakiau, kad tai labai panašu į mano specialybę – didelės energijos dalelių fiziką. Atomų skaldymo įrenginiuose sukuriamo galingus protonų pluoštelių, kurie atsimuša į taikinius ir sukuria nuolaužų lietu, išlakstantį į visas puses. Tada įvedame matematinę funkciją (vadinamąją *formas faktorių*), aprašantį kiekvieną dalelę.

Pusiau juokais paklausiau, ar yra žmogaus veido ir didelės energijos dalelių fizikos ryšys. Jis atsakė – taip. Kompiuterinės animacijos specialistai veidus, matomus filmuose, kuria tomis pačiomis procedūromis, kurios naudojamos didelės energijos dalelių fizikoje! Niekada nepagalvojau, kad paslaptingos formulės, kurias taikome mes, fizikai teoretikai, kada nors galės praversti ir žmogaus veido modeliavimui. Taigi tas faktas, kad galime atpažinti žmogaus veidą, yra panašus į būdą, kuriuo mes, fizikai, analizuojame subatomines daleles!

TOLIMOJI ATEITIS (2070–2100 M.)

POVEIKIS KAPITALIZMUI

Naujosios technologijos, kurias aptarinėjome šioje knygoje, yra tokios galingos, kad šio šimtmečio pabaigoje turėtų daryti poveikį ir pačiam kapitalizmui. Pasiūlos ir paklausos dėsniai liko tie patys, bet mokslo ir technologijų iškilimas Adamo Smito (*Adam Smith*) kapitalizmą modifikavo daugeliu būdų – nuo prekių paskirstymo būdo iki turto kilmės. Kai kurie iš būdų, labiausiai paveikusių kapitalizmą, yra šie:

- **Tobulas kapitalizmas.**

A. Smito kapitalizmas remiasi pasiūlos ir paklausos dėsniais: kainos

nusistovi, kai kokios nors prekės pasiūla atitinka paklausą. Jei kokios nors prekės trūksta, o paklausa didelė, jos kaina kyla. Tačiau vartotojas ir gamintojas turi tik dalinį, netobulą pasiūlos ir paklausos supratimą, todėl kainos įvairiose vietovėse gali smarkiai skirtis. Vadinasi, A. Smito kapitalizmas buvo netobulas. Tačiau ateityje tai tolydžio keisis.

„Tobulas kapitalizmas“ yra tada, kai gamintojas ir vartotojas be galo gerai pažįsta rinką, todėl kainos yra nustatytos tiksliai. Pavyzdžiui, ateityje vartotojai naršys po internetą savo kontaktiniais lėšiais ir turės neribotą kiekį žinių apie visas lyginamąsias kainas ir efektyvumus. Jau ir dabar, naršant po internetą, galima surasti pigiausius lėktuvų bilietus. Ilgainiui taip bus galima įsigyti visus produktus, kurie tik parduodami pasaulyje.

Naudodamiesi akiniais, sieniniais ekranais ar mobiliaisiais telefonais, vartotojai žinos viską apie tą ar kitą produktą. Pavyzdžiui, eidami per bakalėjos parduotuvę, galėsime apžiūrėti visus demonstruojamus produktus ir savo kontaktiniuose lėšiuose esančiu internetu iš karto įvertinti, ar verta jį pirkti, ar ne. Pranašumas pasislinks į vartotojų pusę, nes dabar akimirksniu apie produktą sužinos viską – jo istoriją, kaip sekėsi lig šiol, kainą palyginti su kitų panašių produktų kainomis, jo gerąsias ir blogąsias savybes.

Ir gamintojas turi savo gudrybių, pavyzdžiui, ieško duomenų. Siekdamas perprasti norus ir poreikius, naršo internete, ieškodamas prekių kainų. Dėl to, nustatant kainas, nereikia tiek daug spėlioti. Tačiau vis tiek daugiausia naudos gauna vartotojas, kuris akimirksniu gali palyginti bet kokių produktų kainas ir ieško mažiausių. Gamintojas yra priverstas reaguoti į nuolat kintančius vartotojų poreikius.

- **Masinės gamybos lyginimas su masine gamyba pagal užsakymą.**

Dabartinėje sistemoje prekės kuriamos masinės gamybos būdu. H. Fordas kadaise pagarsėjo posakiu, kad vartotojas gali turėti bet kokios spalvos *Model T* markės automobilį, jei tik ta spalva bus juoda. Kompiuterių revoliucija tai pakeis.

Šiandien klientas, pamatęs puikaus stiliaus ir spalvos, bet netinkamo dydžio drabužį, nepirks. Tačiau ateityje tikslūs erdviniai matmenys bus mūsų kredito kortelėje ar piniginėje. Jei suknelė ar kitoks dra-

bužis bus netinkamo dydžio, elektroniniu paštu išsiųsime savo matmenis į gamyklą, ir ji pagamins reikiamo dydžio. Taigi ateityje tiks visi drabužiai.

Įdiegti masinę gamybą pagal užsakymą šiandien būtų nepraktiška, nes per brangu kurti naują produktą tik vienam vartotojui. Tačiau kai visi bus susieti su internetu, įskaitant ir gamyklą, pagal užsakymą gaminamus produktus bus galima gaminti ta pačia kaina, kaip ir masinės gamybos produktus.

- **Masinė technologija kaip komunalinė paslauga.**

Plačiai paplitusios technologijos tampa komunalinėmis paslaugomis (taip atsitiko su elektra ir vandentiekio). Kai kapitalizmas numuš kainas ir padidins konkurenciją, technologijos bus parduodamos kaip komunalinės paslaugos: mums nerūpės, iš kur jos, ir mokėsime už jas tik tada, kai prisireiks. Tai galioja ir kompiuterijai. Pamažu išpopuliarės vadinamoji debesų kompiuterija, kuri yra labai priklausoma nuo interneto. Įsigalėjusi debesų kompiuterija taps komunaline paslauga, dalyku, už kurį mokėsime tik tada, kai prisireiks; apie kurį net negalvosime, kai jo nereikės.

Tai skiriasi nuo šiandieninės padėties, kai dažniausiai spausdiname, apdorojame tekstus ar braižome staliniu, ar nešiojamuoju kompiuteriu, bet kai norime ieškoti informacijos, prisijungiame prie interneto. Ateityje galėsime visai atsisakyti kompiuterio, o informaciją imti tiesiai iš interneto ir už jį mokėsime tiek, kiek laiko naudosimės. Vadina si, kompiuterija taps komunaline paslauga, kurią bus galima matuoti kaip vandenį ar elektrą.

Gyvensime pasaulyje, kuriame būtiniai prietaisai, baldai, drabužiai ir t. t. bus išmanieji, ir kai reikės kokios nors savitos paslaugos, kalbėsime su jais. Interneto ekranai bus paslėpti visur, o klaviatūros materializuosis tada, kai reikės. Funkcija pakeis formą, taigi dėl kompiuterių revoliucijos jie galiausiai išnyks „debesyse“.

- **Nusitaikymas į klientą.**

Per visą istoriją kompanijos skelbimus spausdino laikraščiuose, skelbė per radiją, televiziją ir t. t., dažnai neturėdamos net menkausio supratimo, koks bus jų poveikis. Reklaminių kampanijų poveikumą galėdavo

apskaičiuoti tik žiūrėdamos į pardavimų padidėjimus. Tačiau ateityje vos ne iš karto sužinos, kiek žmonių įsikėlė į savo kompiuterius ar peržiūrėjo jų produktus. Pavyzdžiui, jei davėte interviu internetiniam radijui, tai įmanoma tiksliai nustatyti, kiek žmonių jo klausėsi. Tai leis kompanijoms orientuoti savo klausytojus į jiems pritaikytas specifikacijas. (Tačiau iškyla kitas – opus privatumo – klausimas, kuris ateityje taps labai kontroversiškas. Praeityje buvo nerimaujama, kad dėl kompiuterių gali atsirasti Didžiojo brolio galimybė. Džordžo Orvelo (*George Orwell*) romane „1984“ vaizduojama, kaip totalitarinis režimas užvaldė visą žemę ir sukūrė pragarišką ateitį, kai šnipai kiekviename žingsnyje, kur visos laisvės nuslopintos, o gyvenimas yra tik nesibaigianti pažeminimų vartinė.

Vienu metu internetas galėjo tapti tokia visur įsiskverbiančia šnipinėjimo mašina. Tačiau 1989 m., subyrėjus sovietų blokui, Nacionalinis mokslo fondas jį atvėrė, pertvarkė iš pirmiausia karinės priemonės į tokią, kuri universitetus ir net komercines įstaigas sujungė į tinklą, ir galų gale tai lėmė staigų interneto paplitimą dešimtajame dešimtmetyje.

Šiandien Didysis brolis jau nebeįmanomas. Tačiau tikra bėda tapo „mažieji broliai“ – smalsūs mėgėjai kištis į kitų reikalus, smulkūs nusikaltėliai, bulvarinė spauda ir net korporacijos, ieškančios, kokiais duomenimis naudojamos, kad nustatytų, kam asmeniškai teikiame pirmenybę. Kaip pamatysime iš aptarimo kitame skyriuje, ši problema ne dings, o vystysis. Daugiau nei tikėtina, kad nesibaigs amžinas katės ir pelės žaidimas tarp programinės įrangos kūrėjų, kuriančių programas privatumui apsaugoti, ir kitų, kuriančių programas jam pažeisti.)

NUO PREKINIO PRIE INTELEKTINIO KAPITALIZMO

Lig šiol kėlėme tik klausimą, kaip technologija keičia kapitalizmo veikimo būdą. Tačiau, turint galvoje sumaištį, kurią sukelia aukštųjų technologijų pažanga, kokį poveikį tai turi kapitalizmo kilmei? Sąmyšį, kurį sukelia ši revoliucija, galima apibendrinti viena koncepcija – perėjimu nuo prekinio prie intelektualinio kapitalizmo.

A. Smito laikais turtas buvo matuojamas prekėmis. Prekių kainos kinta, bet vidutiniškai per pastaruosius 150 m. nuolat mažėjo. Šiandien galime pusrėčiauti taip, kaip prieš 100 m. negalėjo net Anglijos karalius. Prekybos centruose tapo įprasta prekiauti egzotiškais delikatesais iš viso pasaulio. Prekių kainos mažėja dėl daugelio veiksnių: dėl pagerėjusios masinės gamybos, konteinerizacijos, transportavimo, komunikavimo, konkurencijos.

(Pavyzdžiui, šių dienų vidurinių mokyklų mokiniams sunku suprasti, kodėl K. Kolumbas rizikavo savo gyvybe, ieškodamas trumpesnio prekybinio kelio prie Rytų prieskonių. Jie klausia, kodėl negalėjo nueiti į prekybos centrą ir paprašyti, pavyzdžiui, raudonėlio? Tačiau K. Kolumbo laikais prieskoniai ir žolelės buvo nepaprastai brangūs. Jie buvo taip vertinami dėl to, kad panaikindavo blogą gendančio maisto skonį, nes tada šaldytuvų juk nebuvo. Kartais net karaliams ir imperatoriams tekdavo per pietus valgyti sugedusį maistą. Tada maistui gabenti dideliais atstumais nebuvo automobilių, konteinerių ar laivų su šaldymo įranga. Štai kodėl tos prekės buvo taip vertinamos, kad K. Kolumbas statė ant kortos net savo gyvybę, kad tik jų gautų, nors šiandien jos pardavinėjamos visai pigiai.)

Prekinį kapitalizmą keičia intelektinis kapitalizmas. Intelektinis kapitalas apima kaip tik tai, ko dar negali pasiūlyti nei robotai, nei dirbtinis intelektas – struktūrų pažinimą ir sveiką protą, nuovokumą.

Masačusetso technologijos instituto ekonomistas L. Turovas sakė: „Šiandien žinios ir gebėjimai yra vienintelis santykinio pranašumo šaltinis [...] Silicio slėnis ir *Route 128* ten yra dėl to, kad ten susitelkusi smegenų galia. Jokių kitų pranašumų jie neturi.“¹¹

Kodėl šis istorinis perėjimas purto kapitalizmo pagrindus? Priežastis labai paprasta – masinė žmogaus smegenų gamyba neįmanoma. Techninę įrangą galima gaminti masiškai ir pardavinėti tonomis, o žmogaus smegenų – ne, o juk sveikas protas taps ateities valiuta. Ne taip, kaip prekėms, intelektiniam kapitalui kurti reikia auginti, puoselėti, lavinti žmogų, o tam reikia kelių dešimtmečių intelektualinių pastangų.

L. Turovas sako: „Kai visa kita iš konkurencinės lygties iškrinta, žinios lieka vieninteliu ilgalaikiu, tvariu konkurencinio pranašumo šaltiniu.“¹²

Tarkime, programinė įranga taps vis svarbesnė už techninę įrangą. Kompiuterių mikroschemos bus pardavinėjamos masiškai, jų kainos ir toliau spar-

čiai mažės, tačiau programinę įrangą reikės kurti taip pat, kaip ir seniau – tai darys ramiai krėslė sėdintis žmogus su lapu popieriaus ir pieštuku rankoje. Nešiojamajame kompiuteryje esančiose rinkmenose gali būti vertingi planai, rankraščiai, duomenys, verti šimtų tūkstančių, o kompiuteris – tik kelių šimtų dolerių. Žinoma, programinę įrangą lengvai galima nukopijuoti ar gaminti masiškai, bet apie naują to nepasakysi – jai kurti reikia žmogaus minties.

JAV ekonomistas H. Makrajus sakė: „1991 m. Britanija tapo pirmąja šalimi, kuri iš neregimo eksporto (paslaugų) uždirbo daugiau negu iš regimo.“¹³

Tuo metu, kai JAV ekonomikos dalis, susijusi su gamyba, pastaraisiais dešimtmečiais smarkiai sumažėjo, sektorius, apimantis intelektualinį kapitalizmą (Holivudo filmus, muzikos įrašų pramonę, vaizdo žaidimus, kompiuterius, telekomunikaciją ir t. t.) patyrė didžiulį pakilimą. Perėjimas nuo prekinio prie intelektualinio kapitalizmo yra tolydus, prasidėjo praėjusiame šimtetyje ir spartėja kiekvieną dešimtmetį. Masačusetso technologijos instituto ekonomistas L. Turovas rašo: „Įvedus infliacijos pataisas, natūralių išteklių kainos aštuntojo dešimtmečio viduryje – dešimtojo dešimtmečio viduryje sumažėjo beveik 60 %.“¹⁴

Kai kurios šalys tai supranta. Pagalvokime apie Japonijos pamoką pokariiniu laikotarpiu. Japonija nėra turtinga gamtinių išteklių, tačiau jos ekonomika yra viena stipriausių pasaulyje. Dabartinis turtingumas rodo veikiau jos žmonių darbštumą bei vieningumą, o ne po jų kojomis esančius žemės gelmių turtus.

Deja, daugelis šalių šio esminio fakto nesuvokia ir nerengia savo piliečių ateičiai – jos labiau linkusios pasikliauti prekėmis. Taigi šalys, turinčios daug gamtinių išteklių, bet nesuprantančios šio principo, ateityje gali nuskursti.

SKAITMENINĖ ATSKIRTIS?

Yra viešai smerkiančių informacinę revoliuciją. Jie sako, kad didės praraja tarp „skaitmeniniu atžvilgiu turtingų“ ir „skaitmeniniu atžvilgiu neturtingų“, kitaip sakant, prie turinčių galimybę naudotis kompiuteriais ir jos neturinčių. Jie tvirtina: revoliucija platinys visuomenės sprūdžio linijas, atskleis naują turtingą nelygybę ir kitus skirtumus, galinčius sudraskyti visuomenės audinį.

Tačiau tai tik susiaurintas tikrosios problemos vaizdas. Kompiuterių galia padvigubėjant kas 18 mėn., net neturtingųjų vaikams atsiveria galimybė jais naudotis. Tai daryti juos skatina bendramokslių spaudimas ir žemos

kompiuterių bei naudojimosi internetu kainos. Viename eksperimente buvo skirta lėšų aprūpinti nešiojamaisiais kompiuteriais visas mokyklos klases. Nepaisant gerų sumanytojų norų, dauguma šią programą laikė nesėkme. Pirmą, nešiojamasis kompiuteris paprastai nenaudojamas gulėdavo klasės kampe, nes mokytojas dažnai nemokėdavo juo naudotis. Antra, dauguma mokinių jau bendravo internetu su draugais, ir klasės kompiuteris jų nedomino.

Taigi tikroji problema yra ne prieinamumas, o darbo vietos. Darbo vietų rinkoje vyksta istoriniai pokyčiai, ir ateityje suklestės tos šalys, kurios jais pasinaudos.

Viena iš besivystančių šalių strategijų – prekes panaudoti kurti tvirtam pagrindui, o tada jį padaryti tramplinu pereiti prie intelektualio kapitalizmo. Ši dviejų pakopų procesą sėkmingai pritaikė Kinija: kinai pristatė tūkstančius fabrikų, gaminančių prekes viso pasaulio rinkai, bet pelną skiria paslaugų sektoriui, kuris remiasi intelektualiu kapitalizmu, kurti.

Jungtinėse Valstijose 50 % filosofijos daktaro mokslinį laipsnį turinčių fizikos specialybės absolventų yra gimę kitose šalyse (daugiausia dėl to, kad Jungtinės Valstijos parengia per mažai savų kvalifikuotų studentų). Dauguma jų yra iš Kinijos ir Indijos. Kai kurie jų sugrįžo į gimtąsias šalis kurti visai naujų pramonės šakų.

PRADEDANTIESIEMS TINKAMOS DARBO VIETOS

Viena iš darbo vietų grupių, nukentėsiančių nuo perėjimo, yra pradedantieji tinkamos darbo vietos. Kiekvienas šimtmetis atnešė naujų technologijų, smarkiai iškreipusių ekonomiką ir žmonių gyvenimą. Pavyzdžiui, 1850 m. 65 % darbo jėgos Amerikoje dirbo žemės ūkyje. (Šiandien tik 2,4 %. Taip bus ir šį šimtmetį.)

XIX a. Jungtines Valstijas užplūdo naujos emigrantų bangos, o jos ekonomika augo pakankamai sparčiai, kad spėtų juos asimiliuoti. Pavyzdžiui, Niujorke imigrantai galėjo rasti darbo drabužių siuvimo šakoje ar apskritai lengvojoje pramonėje. Nepriklausomai nuo išsilavinimo, norintis sąžiningai dirbti darbininkas galėjo susirasti ką veikti besiplečiančioje ekonomikoje. Tai buvo tarsi transporterio juosta, traukianti imigrantus iš Europos getų bei lūšnynų ir perkeltanti į klestinčią vidurinę Amerikos klasę.

Ekonomistas Džeimsas Grantas (*James Grant*) sakė: „Ilga rankų ir protų migracija iš laukų į gamyklas, įstaigas ir klases reiškia produktyvumo didėjimą [...] Technologijos pažanga yra šiuolaikinės ekonomikos garantija. Tai galioja didžiąją dalį pastarųjų 200 m.“¹⁵

Šiandien daugelio tinkamų pradedantiesiems darbo vietų jau nebeliko. Negana to, pasikeitė ir visa ekonomikos kilmė. Kompanijos, ieškančios pigesnės darbo jėgos, daug tinkamų pradedantiesiems darbo vietų perkėlė į užsienį. Senosios fabrikų darbo vietos išnyko jau seniai.

Tačiau šiame reiškinyje daug kas atrodo labai ironiškai. Ilgą laiką daug žmonių reikalavo visiems vienodų darbo sąlygų – be favoritizmo ir diskriminacijos. Bet darbo vietas dabar galima perkelti kitur, eksportuoti mygtuko paspaudimu, o vienodos darbo sąlygos dabar apima ir Kiniją bei Indiją. Todėl pradedantiesiems tinkamas darbo vietas, kurios veikdavo kaip transporterio juostos, perkeliančios į vidurinę klasę, dabar galima perkelti kur tik nori. Tai labai palanku kitų šalių darbininkams, nes jie irgi gali naudotis lygiomis darbo sąlygomis, bet dėl to gali ištuštėti centrinės Jungtinių Valstijų miestų dalys.

Naudos iš to turi ir vartotojai. Esant globalinei konkurencijai prekės ir paslaugos tampa pigesnės, o jų paskirstymas efektyvesnis. Mėginimas remti pasenusias įmones ir per daug gerai apmokamas darbo vietas sukelia pasitenkinimo savimi, nusiramino nuotaikas, skatina švaistymą ir neveiksmingumą. Žlungančių pramonės šakų subsidijavimas tik pailgina to, kas neišvengiama, procesą, atideda žlugimo skausmą ir iš tikrųjų viską tik pablogina.

Ir čia esama ironijos. Daug gerai apmokamų paslaugų sektoriaus darbo vietų lieka neužimtų, nes trūksta kvalifikuotų kandidatų. Dažnai švietimo sistema neparengia tiek kvalifikuotų darbininkų, kiek reikėtų, todėl kompanijoms tenka verstis su prasčiau mokyta darbo jėga. Jos prašo tokios kvalifikacijos darbininkų, kurių švietimo sistema neretai iš viso nerengia. Net ekonomikai išgyvenant depresiją, yra darbo vietų, kurių neužpildo kvalifikuoti darbininkai.

Tačiau vienas dalykas yra aiškus. Popramoninėje ekonomikoje daug senųjų fizinio darbo vietų fabrikuose dingo visiems laikams. Daug metų ekonomistai vis svarstė, kaip „reindustrializuoti Ameriką“, kol pagaliau suprato, kad laiko nepasuksi atgal. Jungtinės Valstijos ir Europa jau prieš kelis dešimtmečius perėjo nuo didžiąja dalimi pramoninės ekonomikos prie paslaugų ekono-

mikos, ir šio istorinio poslinkio atgal neatsuksi. Industrializacijos klestėjimo metas praėjo visiems laikams.

Todėl, užuot mėginus jį sugrąžinti, reikia dėti pastangas orientuotis ir investuoti į tuos sektorius, kurie kuo labiau didina intelektualinį kapitalizmą. Tai bus vienas iš sunkiausių uždavinių vyriausybėms XXI a., ir jis neturės greitų ir lengvų sprendimų. Viena vertus, tai reiškia, jog reikia iš esmės pertvarkyti švietimo sistemą, kad darbininkai galėtų persikvalifikuoti, ir kad vidurinių mokyklų mokiniai, baigę mokyklą, netaptų bedarbiais.

Intelektinis kapitalizmas sukurs darbo vietų ne tik programinės įrangos kūrėjams ir mokslininkams, bet ir specialistams daugelio kitų veiklos sričių – tų, kuriose reikia kūrybiškumo, meninių sugebėjimų, novatoriškumo, lyderiavimo, mokėjimo analizuoti, taigi tiesiog išminties. Darbo jėga turi būti išsilavinusi, kad XXI a. iššūkius priimtų, o ne jų vengtų. Be kitko, reikia pertvarkyti mokymo programas, o mokytojus perkvalifikuoti taip, kad jie būtų reikalingi technologinei ateities visuomenei. (Gaila, Amerikoje neprarado aktualumo senas posakis: „Kurie moka dirbti – dirba, o kurie nemoka – moko kitus.“)

Masačusetso technologijos instituto ekonomistas L. Turovas yra pasakęs: „Sėkmė ar nesėkmė priklauso nuo to, ar šalis sėkmingai pereina prie ateities pramonės šakų, sukurtų žmogaus proto jėgomis, o ne nuo kokio nors jos konkretaus sektoriaus dydžio.“¹⁶

Vadinasi, reikia sukurti naują bangą novatoriškų verslininkų – tokių, kurie mokėtų iš technologinių naujovių sukurti naujas pramonės šakas ir naujus turtus. Reikia išlaisvinti žmonių energiją ir gyvybingumą. Jiems reikia leisti įnešti į rinką naujos lyderiavimo dvasios.

KAS LAIMI IR KAS PRALAIMI: ŠALYS

Deja, daugelis šalių neina šiuo keliu, jos pasikliauja tik prekiniu kapitalizmu. Tačiau vidutinės prekių kainos pastaruosius 150 m. mažėjo, vadinasi, jų ekonomika tolydžio trauksis, o pasaulis pro jas praeis.

Šis vyksmas nėra neišvengiamas. Pakanka pažvelgti į tokius pavyzdžius, kaip Vokietija ir Japonija 1945 m., kai jų gyventojai buvo prie bado slenksčio, miestai sugriauti, o vyriausybės sužlugusios. Tačiau per vienos kartos amžių jos sugebėjo išsiveržti į pirmaujančias pasaulio ekonomikas. O šių dienų Kinija:

8–10 % augimas, kai 500 m. trukusio ekonomikos smukimo kryptį pakeitė į priešingą. Kadaise iš Kinijos visi šaipėsi, vadindami „Azijos ligone,“ o ji jau per kitos kartos gyvenimą prisidės prie išsivysčiusių šalių.

Tos trys visuomenės išsiskiria tuo, kad visos buvo vientisos, piliečiai darbštūs ir gamino tokius gaminius, kuriuos visas pasaulis pirkto. Dėmesį jos sutelkė į švietimą, savo šalių ir jų gyventojų vieningumo stiprinimą ir ekonomikos plėtrą.

Jungtinės Karalystės ekonomistas ir žurnalistas H. Makrajus rašo: „Senieji augimo varikliai – žemė, kapitalas, gamtiniai ištekliai – jau nebesvarbūs.¹⁷ Žemė mažai svarbi dėl to, kad, padidėjus derlingumui, pramoniniame pasaulyje tapo įmanoma prigaminti kur kas daugiau maisto, negu reikia. Kapitalas jau nebesvarbus dėl to, kad už tam tikrą kainą jo pajamas generuojantiems projektams galima gauti beveik neribotais kiekiais [...] Tie kiekybiniai aktyvai, kurie padėjo šalims tradiciškai tapti turtingoms, užleido vietą kokybiniams dalykams, kuriuos apibendrinant galima apibūdinti kaip tose šalyse gyvenančių žmonių kokybę, organizuotumą, motyvaciją, savidrausmę. Tai matyti iš to, kaip didėja žmonių įgūdžių, kvalifikacijos svarba gamyboje, privataus sektoriaus paslaugose ir viešajame sektoriuje.“

Tačiau ne visos šalys eina šiuo keliu. Kai kurioms vadovauja nekompetentingi vadovai, jos yra taip susiskaidžiusios kultūriškai ir etniškai, kad nepajėgia normaliai funkcionuoti ir negamina tokių prekių, kurių reikėtų kitoms pasaulio šalims. Užuo investavusios į švietimą, investuoja į didžiules armijas ir ginklus, kad galėtų terorizuoti savo žmones ir išsaugoti savo privilegijas. Užuo investavusios į infrastruktūrą savo šalių industrializacijai spartinti, jos pasineria į korupciją ir pastangas išlikti valdžioje; šitaip susiformuoja kleptokratija, o ne meritokratija.

Deja, tos korumpuotos vyriausybės iššvaistė daug iš Vakarų gautos paramos, nors ji buvo ir nedidelė. Futurologai Alvinas ir Heidė Tofleriai (*Alvin, Heidi Toffler*) pažymi, kad 1950–2000 m. turtingosios šalys neturtingosioms skyrė pagalbos daugiau kaip už 1 trln. dol. Tačiau jie pažymi: „Pasaulio bankas sako, jog beveik 2,8 mlrd. žmonių (beveik pusė mūsų planetos gyventojų) vis dar gyvena gaudami iki 2 dol. per dieną. Iš jų apie 1,1 mlrd. gyvena visiškame skurde, yra priversti tenkintis mažiau kaip 1 dol. per dieną.“¹⁸

Žinoma, išsivysčiusios šalys galėtų padaryti kur kas daugiau besivystančių šalių vargams sumažinti, užuo prisidėjusios prie šios problemos sprendimo

tik tuščiais plepalais. Tačiau, nepaisant visko, didžiausią atsakomybę už savo šalių plėtrą galų gale turėtų prisiimti pačios besivystančios šalys, jų išmintinga vadovybė. Tebegalioja senas posakis: „Jei duosite man žuvį, būsiu sotus tą dieną. Jei išmokysite žvejoti – būsiu sotus visada.“ Taigi, užuot vien tik teikus pagalbą besivystančioms šalims, reikėtų imtis jų gyventojų švietimo ir padėti kurti naujas pramonės šakas, kad galėtų išsilaikyti pačios.

NAUDOJIMASIS MOKSLO PRANAŠUMAIS

Besivystančios šalys gali pasinaudoti informacinės revoliucijos pranašumais. Iš principo jos gali daugelyje sričių net aplenkti išsivysčiusias šalis. Pavyzdžiui, pastarosiose telefonų kompanijos yra priverstos prijungti prie savo tinklo visus namus bei ūkius; tai ilgas, nuobodus ir brangiai kainuojantis darbas. Besivystančiose šalyse to daryti nereikia, nes mobilieji telefonai gali gerai veikti ir ten, kur nėra jokių kelių ar infrastruktūros.

Besivystančios šalys turi ir tą pranašumą, kad joms nereikia atkurti sensančios infrastruktūros. Pavyzdžiui, Niujorko ir Londono metro sistemoms jau daugiau kaip po 100 m., ir jas verkiant reikia remontuoti. Tačiau šiandien susidėvėjusių sistemų remontas kainuos brangiau, nei kainuotų pastatyti. Kokia nors besivystanti šalis gali nuspręsti statyti naujutėlę metro sistemą pagal naujausią technologiją, taikydama naujausius metalurgijos, statybinės technikos ir technologijų pasiekimus. Naujutėlė metro sistema gali kainuoti kur kas mažiau, nei tokios sistemos kainavo prieš 100 m.

O Kinija sugebėjo pasimokyti iš visų klaidų, kurios Vakaruose buvo daromos statant didmiesčius beveik tuščioje vietoje. Todėl Pekino ir Šanchajaus statymas kainavo kelis kartus mažiau, negu kokio nors didmiesčio statymas Vakaruose. Šiandien Pekinas savo sparčiai gausėjantiems gyventojams aptarnauti stato vieną iš didžiausių ir moderniausių pasaulyje metro sistemų, remdamasis visa Vakaruose sukurta kompiuterine technologija.

Internetas besivystančioms šalims yra dar vienas būdas sutrumpinti kelią į ateitį, išvengiant Vakaruose padarytų klaidų, ypač mokslo srityje. Anksčiau besivystančių šalių mokslininkai buvo priversti pasikliauti primityviomis pašto sistemomis, pristatančiomis mokslo žurnalus tik po kelių mėnesių ar net metų. Žurnalai buvo brangūs ir labai specializuoti, tad juos pajėgė įsigyti tik

didžiausios bibliotekos. Bendradarbiauti su Vakarų mokslininkais – beveik neįmanoma. Norint patekti į kokį nors Vakarų universitetą dirbti, vadovaujant kokiam nors garsiam mokslininkui, reikėjo būti turtingam ar to labai siekti. Dabar ir visai nežinomas mokslininkas gali gauti mokslines publikacijas mažiau kaip per sekundę, kai jos buvo įdėtos internete, beveik iš bet kokios pasaulio vietos ir nemokamai. Be to, internetu galima bendradarbiauti ir su tais Vakarų mokslininkais, su kuriais niekada neteko susitikti.

ATEITIS PRIKLAUSO INICIATYVIEMS

Ateitis yra plačiai atverta. Kaip jau minėjome, ateinančiais dešimtmečiais Sicilio slėnis gali tapti atsilikusiu, merdėjančiu regionu, kai silicio amžius praeis, ir estafetę perims kita novatoriška kryptis. Kurios šalys ateityje pirmaus? Šaltojo karo laikais supervalstybės buvo tos šalys, kurios turėjo karinę įtaką visam pasauliui. Tačiau, subyrėjus Sovietų Sąjungai, tapo aišku, kad ateityje iškils tos, kurios kurs savo ekonomiką, savo ruožtu priklausančią nuo mokslo ir technologijų puoselėjimo.

Tad kas gi ateityje taps lyderiais? Šalys, tikrai suvokiančios šį faktą. Pavyzdžiui, Jungtinės Valstijos tebėra pirmos mokslo ir technologijų srityje, nors JAV studentai dažnai būna tarp atsilikėlių, kai vertinamos gamtos mokslų ir matematikos žinios. Sakykime, 1991 m. darytas žinių patikrinimas parodė, kad trylikamečiai Jungtinių Valstijų mokiniai užėmė tik 15 vietą pagal matematikos ir 14 pagal gamtos mokslų žinias, nedaug tepranokdami Jordanijos mokinius, kurie buvo 18 abiejose kategorijose. Vėliau kasmet kartoti žinių patikrinimai tokius prastus įvertinimus tik patvirtino. (Taip pat reikėtų pabrėžti: įvertinimas apytikriai atitinka ir tai, kiek dienų per metus mokiniai mokosi. Pirmąją vietą užėmusioje Kinijoje mokiniai per metus mokosi vidutiniškai 251 dieną, o Jungtinėse Valstijose tik 178.)

Atrodo tikras stebuklas, kad, nepaisant tokių nepalankių skaičių, Jungtinės Valstijos ir toliau užima aukštą vietą pasaulyje mokslo ir technologijų srityse. Tačiau tai stebina tik tol, kol suvokiame, kiek daug JAV mokslo ateina iš kitų šalių „nutekėjus protams“. Jungtinės Valstijos turi slaptą ginklą – vadinamąją *H1B* vizą, dar vadinamą *genijų vizą*. Ją gali gauti tie, kurie turi ypatingų gabumų, išteklių ar mokslo žinių. Jos gavėjai nuolat papildo JAV mokslininkų

gretas. Tarkime, apie 50 % dirbančių Silicio slėnyje yra gimę ne Jungtinėse Valstijose – daugelis jų iš Taivano ar Indijos. Šalyje 50 % turinčių mokslinių filosofijos daktaro laipsnį fizikos srityje yra gimę ne Amerikoje. Niujorko miesto universitete šis procentas artėja prie 100.

Kai kurie Kongreso nariai bandė panaikinti *H1B* vizą, nes, jų nuomone, ji atima darbo vietas iš amerikiečių. Tačiau jie nesupranta, kokia ta visa svarbi. Paprastai nėra pakankamos kvalifikacijos amerikiečių dirbti aukščiausio lygio darbus Silicio slėnyje, todėl tokių darbuotojų ten dažnai trūksta.

Šis faktas išryškėjo, kai buvęs Vokietijos kancleris Gerhardas Šröderis (*Gerhard Schroeder*) bandė įteisinti panašų imigracijos įstatymą ir Vokietijoje, tačiau nepavyko: priešininkai įrodinėjo, jog tai atims darbo vietas iš savo šalyje gimusių vokiečių. Ir šiuo atveju siūlymo kritikai nesuprato, kad dažnai neatsiranda vokiečių, tinkančių dirbti tokio aukšto lygio darbą, ir tų pareigų niekas taip ir neina. Imigrantai, turintys *H1B* visas, ne atima darbo vietas, o sukuria visai naujas pramonės šakas.

Tačiau *H1B* visa yra tik laikina priemonė. Jungtinės Valstijos negali visą laiką verstis tik užsienio mokslininkais, tuo labiau, kad daugelis, gerėjant ekonominėms sąlygoms, pradeda grįžti į Kiniją ir Indiją. Todėl protų nutekėjimas nėra tvarus dalykas. Vadinasi, Jungtinės Valstijos galų gale bus priverstos iš esmės pertvarkyti savo archajišką sklerotinę švietimo sistemą. Šiuo metu blogai parengti vidurinių mokyklų abiturientai užplūsta darbo rinką ir universitetus, atsiranda sangrūdos. Darbdaviai nepalauja skųstis, kad jiems prisireikia dar bent metų, kol išmoko naujokus tiek, kad išminktų normaliai dirbti. O universitetai yra priversti rengti pagalbinius kursus stojantiesiems – ištaisyti prastos vidurinio mokslo sistemos paliktas spragas.

Visa laimė, kad mūsų universitetai ir verslo įmonės užsiima pagirtinu darbu – vidurinio mokslo sistemos padarytos žalos taisymu, tačiau tai vis tiek yra didelis laiko ir gabumų švaistymas. Kad Jungtinės Valstijos ir ateityje išliktų konkurencingos, reikia esminių pradinio ir vidurinio mokslo pokyčių.

Atvirai kalbant, Jungtinės Valstijos tebeturi reikšmingų pranašumų. Kartą lankiausi pobūvyje, kurį surengė Amerikos gamtos muziejus Niujorke, ir susipažinau su biotechnologijų srityje dirbančiu verslininku iš Belgijos. Paklausiau, kodėl paliko savo šalį, nes Belgija juk turi stiprią biotechnologijų pramonę. Jis atsakė: Europoje antro šanso dažnai nebūna. Kadangi žmonės

ten pažįsta ir tave, ir tavo šeimą, tai kiekviena klaida gali būti lemtinga. Tavo klaidos seks, kad ir kur bėgtum nuo jų. O Jungtinėse Valstijose visą laiką išlieka galimybė keistis, pradėti iš naujo. Tavo praeitis žmonėms čia nerūpi, jiems svarbu tik tai, kuo gali būti naudingas dabar, šiandien. Pasak jo, tai žmogų atgaivina, ir tai irgi yra viena iš priežasčių, kodėl mokslininkai iš Europos keliai į Ameriką.

SINGAPŪRO PAMOKA

Vakaruose yra posakis: „Kuris ratas girgžda, tą ir tepa.“ Rytuose populiariesnis kitas posakis: „Kuri vinis labiau išlindusi, ta ir gauna plaktuku per galvą.“ Savo prasme tie du posakiai yra visiškos priešingybės, tačiau jie atskleidžia kai kuriuos esminius Vakarų ir Rytų mąstysenos bruožus.

Azijoje mokiniai ir studentai dažnai gauna kur kas geresnius pažymius negu jų antrininkai Vakaruose. Tačiau daugelis jų žinių yra knyginės, išmoktos mintinai, kuris leidžia pasiekti tik tam tikrą lygį. Norint pasiekti aukštesnį lygį mokslo ir technologijų srityse, reikia kūrybiškumo, vaizduotės, novatoriškumo – savybių, kurių Rytų sistema nelavina. Todėl nors Kinija galų gale gali pasivyti Vakarus, gamindama pigias fabrikinės prekių, sukurtų Vakaruose, kopijas, keliais dešimtmečiais ji atsiliks nuo Vakarų kūrybiniame naujų gaminių ir naujų strategijų procese.

Kartą kalbėjau Saudo Arabijoje surengtoje konferencijoje. Joje kitas pagrindinis pranešėjas buvo Li Kuan Ju (*Lee Kuan Yew*), 1959–1990 m. buvęs Singapūro ministras pirmininkas. Tarp besivystančių šalių jis yra tarsi kokia roko žvaigždė, nes daug prisidėjo prie modernios Singapūro valstybės, kuri mokslo srityje yra viena iš pirmaujančių pasaulyje, kūrimo. Singapūras iš tikrųjų yra penktoji pagal turtingumą šalis pasaulyje, skaičiuojant pagal BVP dydį, tenkantį vienam žmogui. Visi ištempė ausis, kad nepraleistų nė vieno šio legendinio žmogaus žodžio.

Jis prisiminė ankstyvojo pokario laikus, kai Singapūras buvo laikomas antraeilu uostu, labiausiai garsėjančiu tik piratais, kontrabanda, girtais jūreiviais ir kitokiomis prastos reputacijos veiklomis. Tačiau jis su vienminčiais svajojo apie laikus, kai tas mažytis uostas galės varžytis su Vakarais. Singapūras neturėjo jokių reikšmingesnių gamtos išteklių, jo didžiausias turtas buvo savi

žmonės, darbštūs, bet neaukštos kvalifikacijos. Jo grupė ėmėsi įstabaus darbo, siekdama per vienos kartos gyvenimą šią Dievo ir žmonių pamirštą šalį paversti tikra mokslo jėgaine. Tai bene vienas iš įdomiausių socialinės inžinerijos atvejų žmonijos istorijoje.

Jis ir jo komanda pradėjo sistemingą šalies revoliucinį pertvarkymą, pirmenybę teikdami mokslui bei švietimui ir daugiausia dėmesio skirdami aukštosioms technologijoms. Vos per kelis dešimtmečius Singapūras išsiugdė daugybę aukštos kvalifikacijos technikos specialistų, ir tai leido šaliai tapti viena iš didžiausių elektronikos, chemikalų ir biomedicininės įrangos eksportuotojų. 2006 m. jai teko 10 % pasaulinės kompiuterių integrinių grandynų gamybos.

Jis sakė, kad, modernizuojant šalį, teko susidurti su daugeliu problemų. Socialinei tvarkai palaikyti buvo įvesti labai griežti įstatymai, už įstatymo ribų paskelbta daug dalykų – nuo spaudymo gatvėse (už tai baudžiant išplakimu rykštėmis) iki prekybos narkotikais (baudžiama mirtimi). Tačiau taip pat pažymėjo ir vieną svarbų dalyką: aukščiausio lygio mokslininkai labai norėjo apsilankyti Singapūre, tačiau pasiliko tik vienas kitas.

Vėliau priežastį išsiaiškino: Singapūre nebuvo kultūrinės veiklos ir renginių, galinčių juos sulaukyti. Tada jam kilo kita idėja: sąmoningai skatinti visus šiuolaikinės šalies kultūrinius atributus (baleto trupes, simfoninius orkestrus ir t. t.), kad geriausi mokslininkai įleistų šaknis Singapūre. Ir beveik iš karto šalyje ėmė kurtis kultūrinės organizacijos, pradėti organizuoti įvairūs kultūriniai renginiai mokslo elitui šalyje išlaikyti.

Paskui jis atkreipė dėmesį, kad Singapūro vaikai tik aklai kartoja savo mokytojų žodžius, nemeta iššūkio tradicinei išminčiai, nekuria naujų idėjų ir suprato: Rytai visada vilksis paskui Vakarų, kol ugdys mokslininkus, gebančius tik kopijuoti. Todėl padarė ir švietimo perversmą: kūrybiški mokiniai ir studentai buvo išskiriami, jiems leidžiama siekti savo svajonių jiems priimtinausiu greičiu. Suprasdamas, kad tokius žmones, kaip Bilas Geitsas (*Bill Gates*) ar Stivas Džobsas (*Steve Jobs*), slogi Singapūro švietimo sistema sužlugdytų, prašė mokytojų sistemingai ieškoti būsimų genijų, kurie galėtų savo mokslinė vaizduote atgaivinti šalies ekonomiką.

Singapūro pamoka tinka ne visiems. Juk tai mažas miestas-valstybė, kuriame keli svajotojai galėjo užsiimti valdomu šalies kūrimu. Be to, ne kiekvie-

nam priimtina gauti rykščių už tai, kad nuspjovė gatvėje. Tačiau tai parodo, ką įmanoma padaryti, norint sistemingai išsiveržti į pirmąsias informacinės revoliucijos gretas.

IŠŠŪKIS ATEIČIAI

Kartą teko šiek tiek laiko praleisti Prinstono universiteto Pažangiųjų studijų institute ir pietauti su F. Daisonu. Jis pradėjo dalytis prisiminimais apie savo ilgą karjerą moksle, paskui užsiminė apie vieną nerimą keliantį faktą. Prieš karą, kai jis buvo dar tik universiteto studentas Jungtinėje Karalystėje, pastebėjo, kad gambiausi jauni žmonės nesisuka nuo tikslųjų mokslų – fizikos ir chemijos – ir renkasi pelningą karjerą finansų ir bankininkystės srityje. Anksčiau kūrė turta, statydama elektrines ir chemijos gamyklas bei kurdamas naujas elektromechanines mašinas, o ateinanti karta užsiims masažavimu ir kitų žmonių pinigų tvarkymu. Jis apgailestavo, kad Britų imperijoje yra nuosmukio požymių, ir sakė – Anglija nepajėgs išsaugoti pasaulinės valstybės statuso, jei jos mokslo bazė pradės byrėti.

Vėliau pasakė tai, kas patraukė mano dėmesį.

Jis teigė, jog tai mato antrą kartą gyvenime: protingiausios Prinstono universiteto galvos jau nebeužsiima sunkiomis fizikos ir matematikos problemomis, o daro karjerą, pavyzdžiui, investicinėje bankininkystėje. Jo nuomone, nuosmukio ženklų galima laikyti ir tai, kad visuomenės lyderiai jau nebegali palaikyti išradimų ir technologijų, kurios jų visuomenę iškėlė į tokias aukštumas.

Tai ir yra mūsų iššūkis ateičiai.

AŠTUNTAS SKYRIUS

ŽMONIJOS ATEITIS

PLANETINĖ CIVILIZACIJA

Dabarties žmonės gyvena labiausiai neįprastuose trijuose ar keturiuose žmonijos istorijos šimtmečiuose.

– Džulianas Saimenas (*Julian Simon*)

Kai nėra svajonės, tauta praranda savitvardą...

– Patarlių knyga 29, 18

Mitologijoje dievai gyveno nuostabioje dangaus puikybėje, toli nuo paprastų nereikšmingų mirtingųjų reikalų. Senovės graikų dievai linksmai lakstė po dangišką Olimpo kalno apylinkes, o senovės skandinavų dievai, kovoję dėl garbės ir amžinosios šlovės, puotavo šventose Valhalos – dievo Odino rūmų – menėse kartu su kritusių karių dvasiomis. Tačiau jei mums likimo lemta šio šimtmečio pabaigoje pasiekti dievų galią, tai kaipgi mūsų civilizacija atrodys 2100 m.? Kur technologinės naujos atves mūsų civilizaciją?

Čia aprašytos technologinės revoliucijos lemia vieną dalyką – sukurti planetinę civilizaciją. Šis perėjimas yra bene didžiausias žmonijos istorijoje. Tiesą sakant, šiandien gyvenantys žmonės yra patys svarbiausi iš visų, kada nors vaikščiojusių po mūsų planetą, nes nuo jų priklauso, ar pasieksime šį tikslą, ar nugrimsime į chaosą. Nuo to laiko, kai maždaug prieš 100 000 m. atsiradome

Afrikoje, šioje Žemėje pasikeitė apie 5000 žmonių kartų, o tolesnį mūsų likimą galutinai nulems tos, kurios gyvens šį šimtmetį.

Jei tik nebus kokios nors gamtinės katastrofos ar pražūtingo beprotiško mūsų pačių poelgio, neišvengiamai įžengsime į kolektyvinės istorijos etapą. Aiškiausiai tai galima pamatyti analizuojant energijos istoriją.

CIVILIZACIJŲ KLASIFIKAVIMAS

Rašydami istoriją, profesionalūs istorikai ją vertina, remdamiesi žmonių patirtimi ir daromomis beprotybėmis, kitaip sakant, atsižvelgdami į karalių ir karalienių žygių, socialinių judėjimų atsiradimų ir idėjų plitimą. Fizikai, priešingai, istoriją vertina visai kitaip.

Fizikai viską, net ir žmonių civilizacijas, skirsto pagal jų suvartojamos energijos kiekį. Iš žmonijos istorijos matyti, kad daug tūkstančių metų disponavome tik $\frac{1}{5}$ arklio galios dydžio energija, tik mūsų plikų rankų jėga. Buvome klajokliai, gyvenome mažomis gentimis, ieškojome maisto atšiaurioje, priešiškoje aplinkoje. Daugybę metų nesiskyrėme nuo vilkų.

Nebuvo jokių rašytinių dokumentų, tik iš kartos į kartą perduodamos istorijos, pasakojamos prie laužo. Gyvenimas – trumpas ir gyvuliškas, vidutinė gyvenimo trukmė neviršijo 18–20 m. Visą žmonių turtą sudarė tik tai, ką galėjo panešti. Didžiąją gyvenimo dalį kamavo alkis, o po mirties nelikdavo jokių pėdsakų, kad kažkada gyveno.

Tačiau prieš 10 000 m. įvyko nuostabus dalykas, davęs impulsą mūsų civilizacijai: baigėsi ledynmetis. Dėl dar nesuprantamų priežasčių tūkstančius metų trukęs apledėjimas pasibaigė. Tai atvėrė kelią žemės ūkiui. Netrukus prijaukinti arkliai ir jaučiai, ir dėl to mūsų energija padidėjo iki vieno arklio galios. Dabar žmogus jau turėjo tiek energijos, kad pakako įdirbti kelis hektarus žemės ir gauti pakankamai perteklinės energijos sparčiai gausėjantiems gyventojams išlaikyti. Atsiradus naminiams gyvuliams, neberekėjo pasikliauti daugiausia tik laukinių žvėrių medžiokle, miškuose ir lygumose pradėjo kurtis pirmieji nuolatiniai kaimai ir miestai.

Revoliucinio žemės ūkio perversmo sukurtas perteklinis turtas skatino naujus būdus išradingai tam turtui saugoti ir didinti. Buvo kuriama matematika ir raštas jam apskaičiuoti, prisireikė kalendorių sekti, kada sėti ir pjauti;

pertekliui registruoti ir apmokestinti – raštininkų ir apskaitininkų. Perteklinis turtas galų gale lėmė didelių armijų, karalysčių, imperijų, vergovės ir senovės civilizacijų atsiradimą.

Kitas revoliucinis perversmas – pramonės revoliucija – įvyko maždaug prieš 300 metų. Staiga žmogaus sukauptas turtas tapo ne tik jo rankų ir turimo arklio darbo rezultatas, bet ir mašinų, kurios, masiškai gamindamos, gali sukurti pasakiškus turtus, darbo rezultatas.

Garo energija varė galingas mašinas ir lokomotyvus, todėl turtas buvo kuriamas ne tik laukuose, bet ir fabrikuose, dirbtuvėse, šachtose. Valstiečiai nuo vis pasikartojančio bado ir alinamų lauko darbų ėmė bėgti į miestus, ir atsirado pramonės darbininkų klasė. Kalvius ir rąčius ilgainiui pakeitė automobilių gamyklų darbininkai. Atsiradus vidaus degimo varikliui, buvo galima disponuoti šimtais arklio galių. Pradėjo ilgėti ir gyvenimo trukmė, 1900 m. Jungtinėse Valstijose ji pasiekė 49 metus.

O šiuo metu mus jau yra užliejusi trečioji banga, kai turtą kuria informacija. Šalių turtas matuojamas elektronais, kurie laksto aplink pasaulį šviesolaidiniais kableliais ir dirbtiniais Žemės palydovais, mirga Volstrito bei kitų finansinių tvirtovių kompiuterių ekranuose. Mokslo ir komercijos žinios, pramogų medžiaga keliauja šviesos greičiu, ir bet kur bet kada galime naudotis neribota informacija.

I, II IR III TIPO CIVILIZACIJOS

Kaip šis eksponentinis energijos vartojimo augimas tęsis ateinančiais šimtmečiais ir ateinančių tūkstantmetį? Fizikai, analizuodami civilizacijas, klasifikuoja jas pagal suvartojamos energijos kiekį. Taip jas klasifikuoti pirmasis pradėjo 1964 m. rusų astrofizikas Nikolajus Kardašovas (*Николай Кардашов*), kuris naktiniame danguje ieškojo signalų iš toliau už mus pažengusių kosmoso civilizacijų.

Jo netenkinio gana miglotas ir neapibrėžtas nežemiškųjų civilizacijų pavadinimas, todėl įvedė kiekybinį mastelį astronomų darbui koordinuoti. Mokslininkas suprato, kad nežemiškosios civilizacijos gali skirtis kultūra, visuomenėmis, valdymo būdu ir t. t., tačiau yra vienas dalykas, kuriam visos turi paklusti – fizikos dėsniai. O žiūrint iš Žemės jose yra vienas dalykas, kurį

galima stebėti ir matuoti bei pagal kurį civilizacijos klasifikuoti – jų suvartojamos energijos kiekis.

Tad jis pasiūlė tris teorinius civilizacijų tipus. I tipo civilizacija yra planetinė, ji vartoja tik tą Saulės energijos dalį, kuri pasiekia jos planetą; galia apie 10^{17} W. II tipo civilizacija – žvaigždinė, ji suvartoja visą Saulės skleidžiamą apie 10^{27} W galios energiją. III tipo civilizacija, galaktinė, suvartoja milijardų žvaigždžių energiją, jos bendra galia apie 10^{37} W.

Šios klasifikacijos pranašumas tas, kad leidžia kiekybiškai įvertinti energetinį kiekvienos civilizacijos pajėgumą, užuot darius miglotus ir neapgalvotus apibendrinimus. Kadangi žinome dangaus kūnų išskiriamą energijos kiekį, tai, nuskaitydami dangų, galime nustatyti konkrečius skaitmeninius įvertinimus.

Pagal energetinę galią vienas civilizacijos tipas nuo kito skiriasi 10 mlrd. kartų. III tipo civilizacija suvartoja 10 mlrd. kartų daugiau energijos negu II tipo civilizacija (nes galaktikoje yra apie 10 mlrd. ar daugiau žvaigždžių), o ši savo ruožtu suvartoja 10 mlrd. kartų daugiau energijos negu I tipo civilizacija.

Pagal šią klasifikaciją mūsų civilizacija yra 0 tipo. Mūsų net negalima klasifikuoti pagal šį mastelį, nes energiją gauname iš negyvų augalų – naftos ir akmens anglių. (K. Saganas, apibendrindamas klasifikaciją, bandė tiksliau įvertinti mūsų vietą pagal šį kosminį mastelį. Pagal jo apskaičiavimus išeitų, kad esame 0,7 tipo civilizacija.)

Pagal šį mastelį galima klasifikuoti ir įvairias civilizacijas, vaizduojamas mokslinės fantastikos kūriniuose. Tipiška I tipo civilizacija pavaizduota filmuose *Buck Rogers* ir „Flešas Gordonas“ bei serialuose, ji išnaudojo visus savo planetos energijos išteklis, nes valdė, taigi galėjo savo nuožiūra valdyti ar kaitalioti orus, pajungti uraganų energiją ar statyti miestus vandenynuose. Nors gyventojai raketomis skrajoja po dangų, tačiau energijos suvartojimas iš esmės apsiriboja jų planetos ištekliais.

Prie II tipo civilizacijos priskirtina serialo „Žvaigždžių kelias“ Jungtinė planetų federacija (neturinti variklio, leidžiančio judėti greičiu, didesniu už šviesos greitį), kolonizavusi apie 100 artimiausių žvaigždžių. Jų technologijos geba manipuluoti visa žvaigždės skleidžiama energija.

III tipo civilizacija – imperija iš sagos „Žvaigždžių karai“, o gal ir *Borg* iš serialo „Žvaigždžių kelias“. Jos abi jau kolonizavo dideles galaktikos dalis su milijardais žvaigždžių sistemų. Jų gyventojai gali kiek tik nori trankytis po galaktikos erdves.

(Nors N. Kardašovo klasifikacijoje remiamasi planetų, žvaigždžių ir galaktikų masteliais, reikėtų paminėti ir IV tipo civilizacijos galimybę; ji naudotųsi užgalaktiniais energijos šaltiniais. Vienintelis žinomas energijos šaltinis už mūsų galaktikos ribų yra tamsioji energija, sudaranti 73 % žinomos Visatos medžiagos ir energijos, o visos žvaigždės ir galaktikos sudaro tik 4 % Visatos. Galimas kandidatas į IV tipo civilizaciją – panašus į dievą *Q* seriale „Žvaigždžių kelias“, nes jo galia yra užgalaktinė.)

Šią klasifikaciją galima taikyti apskaičiavimams, kada galėtume pasiekti kiekvieną civilizacijos tipą. Sakykime, mūsų pasaulio civilizacija auga 1 % BVP per metus. Tai gana pagrįsta prielaida, jei įvertinsime augimo vidurkį per kelis pastaruosius šimtmečius. Pagal šią prielaidą, pereiti iš vienos civilizacijos į kitą reikėtų apie 2500 m. Jei augimo greitis padidėtų iki 2 % per metus, laikas sutrumpėtų iki 1200 m.

Galima apskaičiuoti, kiek laiko prisireiks mūsų planetai pasiekti I tipo civilizaciją. Nepaisant ekonominės recesijos ir plėtros laikotarpių, pakilimų ir nuosmukių, matematiniai apskaičiavimai rodo, kad I tipo civilizacijos lygį pasieksime maždaug per 100 m., esant dabartiniam vidutiniam mūsų ekonomikos augimo greičiui.

PERĖJIMAS IŠ 0 Į I TIPĄ

Perėjimo iš 0 tipo į I tipą įrodymų matome, atsivertę kokį nors laikraštį. Daugelis antraščių rodo, kaip tiesiog akyse gimsta I tipo civilizacija, matyti jos gimdymo kančios.

- Internetas yra I tipo civilizacijos planetinės telefono sistemos pradžia. Pirmą kartą istorijoje žmogus iš vieno žemyno gali lengvai be jokių apribojimų keisti informacija su bet kuo kitu, esančiu kitame žemyne. Jau dabar daug žmonių jaučiasi turį daugiau bendro su kuo nors, esančiu kitame pasaulio krašte, negu su šalia gyvenančiu kaimynu. Šis procesas spartės šalims tiesiant vis daugiau šviesolaidinių kabelių ir leidžiant daugiau ryšių palydovų. Jis yra nesustabdomas. Net jei Jungtinių Valstijų prezidentas bandytų uždrausti internetą, sukeltų tik juoką. Šiuo metu pasaulyje yra jau beveik 1 mlrd. asmeninių kompiuterių, ir beveik ¼ žmonijos bent kartą yra naudojęsi internetu.

- Keletas kalbų su anglų kalba priešakyje ir įkandin jos einančia kinų kalba sparčiai tampa būsimosios I tipo civilizacijos kalbomis. Pavyzdžiui, Pasauliniame žiniatinklyje 29 % lankytojų registruojasi anglų kalba, 22 % kinų, 8 % ispanų, po 5 % japonų ir prancūzų kalbomis. Anglų kalba jau tapo, galima sakyti, visos planetos kalba mokslo, verslo ir pramogų srityse. Ji yra pirmoji tarp antrųjų žmonių mokamų kalbų visoje planetoje. Kur keliaučiau, visur susiduriu su žargoninėmis anglų kalbos atmainomis. Sakykime, kokiame nors susitikime Azijoje dalyvaujantys vietnamiečiai, japonai ir kinai renkasi anglų kalbą. Šiuo metu mūsų planetoje kalbama 6000 kalbų, bet ateinančiais dešimtmėčiais 90 % jų turėtų išnykti – taip mano Maiklas E. Krausas (*Michael E. Krauss*), anksčiau dirbęs Aliaskos universiteto Vietinių kalbų centre. Ši vyksmą spartina telekomunikacijų revoliucija: net atokiausiuose Žemės kampeliuose gyvenantys žmonės susiduria su anglų kalba. Tai spartins ir ekonominį vystymąsi, nes jų visuomenės labiau integruojasi į pasaulio ekonomiką; dėl to kyla jų gyvenimo lygis ir ekonominis aktyvumas. Yra apgailestaujančių, kad kai kuriomis senomis kalbomis jau nebekalbama. Tačiau, kita vertus, kompiuterinė revoliucija garantuos, kad tos kalbos nedings. Kalbantys tomis kalbomis savo kalbas ir kultūrą perkels į internetą, kur jos išliks amžiams.
- Esame planetinės ekonomikos atsiradimo liudininkai. Europos Sąjungos ir kitų prekybos blokų iškilimas reiškia I tipo ekonomiką. Istorija rodo, kad Europos tautos tūkstančius metų kariavo su kaimynais. Net ir žlugusią Romos imperiją sudariusios gentys toliau vaidijosi tarpusavyje, kol galiausiai tapo besivaidijančiomis Europos valstybėmis. Šiandien buvusios aršios varžovės staiga susivienijo ir sudarė Europos Sąjungą, sukaupusią planetoje daugiausia turto. Jos staigiai atmetė tarpusavio konkurenciją, kuria taip garsėjo, kad pajėgtų varžytis su ekonomine galybe šalių, sudariusių Šiaurės Amerikos laisvosios prekybos sutartį (ŠALPS). Ateityje įsikurs ir daugiau ekonominių blokų, nes šalys supras: nepajėgs išlikti konkurencingos, jei neprisidės prie pelningų prekybinių blokų. Akivaizdžius to įrodymus matome analizuodami didžiąją 2008 m. recesiją. Per kelias dienas šio sukrėtimo bangos, sklindančios iš Vols-

trito, nusirito per Londono, Tokijo, Honkongo ir Singapūro finansų institucijas. Šiandien jau nebeįmanoma suprasti kokios nors šalies ekonomikos, nesupratus viso pasaulio ekonomikos tendencijų.

- Matome planetinės vidurinės klasės iškilimą. Šimtai milijonų Kinijos, Indijos ir kitų šalių žmonių papildo jos gretas, ir tai, ko gero, yra didžiausias socialinis perversmas per pastaruosius 50 m. Tie žmonės žino mūsų planetą veikiančias kultūros, švietimo ir ekonomikos tendencijas. Šioms planetinėms vidurinėms klasėms yra svarbiausia ne karai, religija, griežtos moralės normos, o politinis bei socialinis stabilumas ir vartojimo prekės.

Ideologinės ir gentinės aistros, kurios galbūt kamavo jų protėvius, jiems mažai ką reiškia, jei jų tikslas dabar – namas priemiestyje ir du automobiliai. Protėviai galbūt svajojo apie dieną, kai sūnus išleis į karą, o dabar labiausiai rūpi, kaip juos įtaisyti į gerą koledžą. Tie, kurie su pavydu stebi kitų žmonių iškilimą, galvoja, kada gi ateis ir jų eilė. Keničis Ohmajis (*Kenichi Ohmae*), buvęs *McKinsey & Company* kompanijos vyresnysis partneris, rašo: „Žmonės neišvengiamai pradės dairytis aplink ir klausinėti, kodėl negali turėti to, ką turi kiti. Ne mažiau svarbu ir tai, kad jie pradės klausinėti, kodėl negalėjo to turėti praeityje.“¹

- Ekonomika, o ne ginklai yra naujasis kriterijus nustatyti, kurią valstybę galima priskirti prie supervalstybių. Europos Sąjungos ir ŠALPS iškilimas pabrėžia svarbų dalyką: pasibaigus Šaltajam karui, tapo aišku, kad didžiosios šalys gali išlaikyti savo viešpataujančią padėtį daugiausia tik dėl ekonominės galios. Kariauti branduolinius karus yra per daug pavojinga, todėl šalių likimą nulems daugiausia ekonominė galia.

Vienas iš Sovietų Sąjungos žlugimo veiksnių buvo ekonomikos įtampa, sukelta karinio lenktyniavimo su Jungtinėmis Valstijomis. (Prezidento Ronaldo Reigano (*Ronald Reagan*) patarėjai kartą sakė, kad Jungtinės Valstijos pasirinko strategiją nusmukdyti Rusiją, t. y. JAV karines išlaidas padidinti tiek, kad rusai, kurių ekonomikos apimtis nesiekė nė pusės Jungtinių Valstijų ekonomikos apimtys, būtų priversti badu marinti savo žmones, norėdami neatsilikti nuo Jungtinių

Valstijų.) Aišku, ateityje bet kokia supervalstybė galės išlaikyti savo statusą, tik turėdama ekonominę galią, kurios šaltinis savo ruožtu yra mokslas ir technologija.

- Atsiranda planetinė kultūra. Ji remiasi jaunimo kultūra (rokenrolu ir jaunimo mada), filmais (populiariausia Holivudo produkcija), aukštąja mada (prabangos prekėmis) ir maistu (masinės rinkos greitojo maisto tinklais). Kad ir kur nuvyksime, visur rasime tų pačių kultūros tendencijų muzikos, meno ir mados srityse įrodymų. Pavyzdžiui, Holivudas, įvertindamas galbūt populiaraus filmo sėkmę, atsižvelgia į globalinį jo patrauklumą. Filmai bendrakultūrinėmis temomis (veiksmo ar romantinių meilės istorijų), prikimšti pasaulinio garso įžymybių, Holivudui uždirba daug pinigų; tai irgi yra pasaulinės kultūros atsiradimo įrodymas.

Tai pamatėme po Antrojo pasaulinio karo, kai pirmą kartą žmonijos istorijoje visa jaunų žmonių karta turėjo pakankamai pajamų pakeisti vyraujančiai kultūrai. Anksčiau vaikai vos paūgėję būdavo varomi į laukus dirbti kartu su tėvais. (Dėl to ir atsirado 3 mėn. mokinių atostogos vasarą. Viduramžiais vaikus vertė dirbti sunkius lauko darbus, vos tik sulaukdavo atitinkamo amžiaus.)

Tačiau, darantis geriau, staigaus gimstamumo padidėjimo tuoj po karo karta, užuot išėjusi į laukus, išėjo į gatves. Šiandien matome, kaip ši tendencija apima daugelį šalių, kai, ekonomikai plečiantis, jaunimas gauna nemažai pajamų, kuriomis gali disponuoti savo nuožiūra. Ilgainiui, kai dauguma pasaulio žmonių pereis į vidurinę klasę, didėjančios pajamos pasieks jų jaunimą, ir tai įtvirtins planetinę jaunimo kultūrą.

Rokenrolas, Holivudo filmai ir t. t. iš tiesų yra geriausi pavyzdžiai, kaip intelektinis kapitalizmas pakeičia prekinį kapitalizmą. Ateinančiais dešimtmečiais robotai dar nepajėgs kurti tarptautinę auditoriją jaudinančios muzikos ir filmų.

Tas pats vyksta ir mados pasaulyje, kur firminiai gaminiai užkariauja visą pasaulį. Aukštoji mada, anksčiau prieinama tik aristokratams ir labai turtingiems žmonėms, dabar sparčiai plinta visame pasaulyje, kai vis daugiau žmonių papildoma vidurinę klasę ir siekia patirti nors

šiek tiek turtuoliams prieinamos prabangos. Žodžiu, aukštoji mada jau nebėra vien tik privilegijuotam elitui prieinama sritis.

Tačiau planetinės kultūros atsiradimas nereiškia, kad vietinės kultūros ir papročiai visai išnyks. Ne, tik žmonės taps bikultūriniai. Viena vertus, jie saugos vietines kultūrines tradicijas (internetas yra garantija, kad regioniniai papročiai išliks amžiams). Pasaulio kultūrinė įvairovė klestės ir ateityje. Tiesą sakant, kai kurie mažai žinomi vietinių kultūrų bruožai per internetą gali tapti prieinami visam pasauliui, itin padidinant jais besidominčių skaičių. Kita vertus, žmonės gerai žinos kintančias tendencijas, veikiančias globalinę kultūrą.

Su kitos kultūros žmonėmis bendraujama per globalinę kultūrą. Taip jau atsitiko daugeliui mūsų planetos elito atstovų: jie savo šalyse kalba vietine kalba, laikosi vietinių papročių, bet kalba angliškai ir laikosi tarptautinių papročių, kai bendrauja su kitų šalių žmonėmis. Tai yra pavyzdys atsirandančiai I tipo civilizacijai. Vietinės kultūros ir toliau klestės šalia didesnės globalinės kultūros.

- Naujienos tampa planetinės. Esant palydovinei televizijai, mobiliems telefonams, internetui ir t. t., bet kuri šalis jau nebegali visiškai valdyti ir atrinkti žinių. Iš visų pasaulio kampelių plaukia filmuota medžiaga, ir cenzoriai nepajėgūs jos aprėpti. Kai tik kur nors kyla karas ar revoliucija, vaizdinė ir garsinė medžiaga apie tai akimirksniu pasklinda po visą pasaulį.

Didžiosioms šalims XIX a. buvo palyginti lengva primesti kitiems savo vertybes ir manipuluoti žiniomis. Tai dar įmanoma ir šiandien, bet dėl technologinės pažangos jau daug mažiau. Taip pat, visame pasaulyje išaugus išsilavinimo lygiui, pasaulio naujienomis domisi daug daugiau žmonių. Šių dienų politikai, galvodami apie savo veiksmų pasekmes, turi atsižvelgti ir į pasaulio visuomenės nuomonę.

- Sportas, praeityje buvęs svarbus, formuojant gentinį, vėliau ir nacionalinį tapatumą, dabar formuoja planetinį tapatumą. Planetiniame sporte ima vyrauti futbolas ir Olimpinės žaidynės. Pavyzdžiui, 2008 m. Olimpinės žaidynės buvo plačiai komentuojamos kaip viešas Kinijos pasirodymas – ji po šimtmečius trukusios atskirties norėjo užimti jai deramą kultūrinę vietą pasaulyje. Tai irgi yra Urvinio

žmogaus principo pavyzdys, nes sportas – žmonių tarpusavio santykių sritis, besibraunanti į aukštųjų technologijų pasaulį.

- Planetiniu mastu aptarinėjamos ir grėsmės aplinkai. Šalys supranta, kad jų keliama tarša nepaiso šalių sienų ir todėl gali sukelti tarptautinę krizę. Pirmą kartą tai pastebėjome, kai virš Pietų ašigalio ozono sluoksnyje atsivėrė didžiulė skylė. Kadangi ozono sluoksnis neleidžia Saulės skleidžiamai kenksmingai ultravioletinei ir rentgeno spinduliutei pasiekti Žemės paviršiaus, šalys susivienijo, siekdamos apriboti šaldytuvuose bei pramonės sistemose naudojamo freono gamybą ir vartojimą. 1987 m. buvo pasirašytas Monrealio Protokolas, sėkmingai sumažinęs ozoną eikvojančių cheminių medžiagų naudojimą. Pasiektos šios tarptautinės sėkmės, dauguma šalių 1997 m. pasirašė ir Kioto Protokolą, nukreiptą prieš globalinį atšilimą, kuris yra dar didesnė grėsmė mūsų planetos ateičiai.
- Turizmas yra viena iš sparčiausiai besivystančių planetos verslo šakų. Didžiąją žmonijos istorijos dalį buvo įprasta, kad žmonės nugyventų gyvenimą, nenutolę nuo gimimo vietos toliau nei kelis kilometrus. Neturintiems skrupulų valdovams buvo lengva manipuliuoti savo valdiniais, visai ar beveik visai nepalaikantiems ryšių su kitais žmonėmis. Šiandien jau visai pigiai galima apkeliauti visą pasaulį. Jaunuoliai su kuprinėmis, apsistojantys pigiose jaunimo turistų bazėse, išsibarsčiusiose visame pasaulyje, rytoj taps visuomenės lyderiais. Yra apgailestaujančių, kad turistai labai menkai tesuvokia lankomų šalių kultūrą, istoriją, politiką. Tačiau palyginkime su praeitimi, kai ryšių tarp nutolusių kultūrų beveik visai nebuvo, išskyrus nebent karus, kurių pasekmės dažnai būdavo tragiškos.
- Ir tarpžemyninių kelionių kainų mažėjimas stiprina įvairių tautų ryšius, platina demokratijos idealus, apsunkina karų kilimą. Vienas iš svarbiausių veiksnių, anksčiau didinusių priešišumą, kad tautos nesuprato viena kitos. Apskritai, tautoms daug sunkiau kariauti tarpusavyje, jei gerai pažįsta viena kitą.
- Tą naują tikrovę atskleidžia ir pasikeitęs karo pobūdis. Istorinė patirtis rodo, kad dvi demokratijos beveik niekada nekariauja viena su kita. Praeityje kone visi karai vyko tarp nedemokratinų šalių arba tarp de-

mokratinių ir nedemokratinių šalių. Apskritai karo karštligę gali lengvai sukurstyti demagogai, demonizuojantys priešą. Demokratinėje šalyje, kur gyvuoja energinga spauda, opozicinės partijos ir patenkinta savo gyvenimu vidurinė klasė, kilus karui, galinti netekti visko, palaikyti karo karštligę daug sunkiau. Ją didinti sunkiau ten, kur egzistuoja skeptiška spauda ir motinos, norinčios žinoti, kodėl jų vaikai turi eiti į karą.

Tačiau karų bus ir ateityje. Prūsijos karo teoretikas Karlas fon Klauzevicas (*Carl von Clausewitz*) sakė: „Karas yra ta pati politika, tik kitokiomis priemonėmis.“ Nors karų bus, demokratijai išplitus visame pasaulyje, jų pobūdis pasikeis.

(Dar viena priežastis, kodėl sukelti karus ir kariauti tapo sunkiau, yra ta, kad pasaulis tapo turtingesnis, ir žmonės turi daugiau ką prarasti. Politikos teoretikas Edvardas Lutvakas (*Edward Luttwak*) rašė: kariauti kur kas sunkiau dėl to, kad šeimos yra mažesnės. Praeityje vidutinė šeima turėjo apie dešimt vaikų; vyriausiasis iš jų paveldėdavo ūkį, jaunesnieji rinkdavosi dvasininko, kariškio karjerą ar ieškodavo laimės dar kur nors. Šiandien, kai šeimoje vidutiniškai yra tik 1,5 vaiko, jau nebėra vaikų pertekliaus, leidusio lengvai papildyti kariškių ar dvasininkų gretas. Todėl kariauti bus daug sunkiau, tai ypač pajus demokratinės šalys, kariaujančios su trečiojo pasaulio partizanais.)

- Nors valstybės ir susilpnės, bet 2100 m. dar gyvuos. Jų dar reikės priiminėti įstatymams bei spręsti vietinėms problemoms. Tačiau galia ir įtaka labai sumažės, kai ekonominio augimo varikliai taps regioniniai, vėliau ir globaliniai.

Tarkime, atsiradus kapitalizmui XVIII a. pabaigoje – XIX a. pradžioje, valstybėms reikėjo stiprinti bendrą valiutą, kalbą, mokesčių įstatymus ir teisės normas, susijusias su prekyba ir patentais. Feodaliniai įstatymai ir tradicijos, trukdantys plėtoti laisvąją prekybą, komerciją ir finansus, buvo greitai panaikinti nacionalinių vyriausybių.

Normaliu atveju šis procesas galėjo trukti apie 100 m., bet matome ir pagreitiną jo variantą, kai Otas fon Bismarkas (*Otto von Bismarck*), pravardžiuojamas geležiniu kancleriu, 1871 m. suformavo modernią Vokietijos valstybę. Tokiu pat būdu tas žygiavimas I tipo civilizacijos

link keičia paties kapitalizmo pobūdį, o ekonominė galia palaipsniui pereina iš nacionalinių vyriausybių į regionines sąjungas ir prekybos blokus.

Tai nebūtinai reiškia, kad atsiras pasaulinė vyriausybė. Planetinė civilizacija gali gyvuoti daugeliu būdų. Aišku, nacionalinės vyriausybės neteks santykinės valdžios, tačiau kas užpildys atsiradusią valdžios tuštumą, priklausys nuo daugelio istorinių, kultūrinių ir nacionalinių tendencijų, kurias numatyti sunku.

- Ligos bus valdomos visoje planetoje. Senovėje užkrečiamosios ligos iš tiesų nebuvo tokios pavojingos, nes gyventojų buvo labai mažai. Sakykime, neišgydomas *Ebola* virusas greičiausiai yra labai sena liga, bet per tūkstančius metų ją užsikrėsdavo tik keli kaimai. Tačiau spartus civilizacijos skverbimasis į anksčiau negyvenamas sritis ir didelių miestų atsiradimas reiškia, kad ligas, panašias į *Ebola* virusą, reikia stebėti labai atidžiai.

Kai gyventojų skaičius didžiausiuose miestuose pasiekė kelis šimtus tūkstančių ar net milijoną, ligos galėjo plisti labai greitai ir sukelti tikras epidemijas. Tai, kad juodasis maras išguldė bene pusę Europos gyventojų, yra pažangos rodiklis (nors tai skamba ironiškai), rodantis, kad gyventojų skaičius pasiekė kritinę masę, reikalingą epidemijoms kilti, ir keliai sujungė senuosius didmiesčius visame pasaulyje.

Todėl neseniai kilusi H_1N_1 gripo epidemija irgi rodo pažangą. Ši gripo atmaina, greičiausiai kilusi Meksiko mieste, reaktyviais lėktuvais buvo greitai išnešiotą po visą pasaulį. Dar svarbiau, kad pasaulio šalims pakako vos kelių mėnesių nustatyti viruso genomą ir kovoti su juo sukurti skiepą, prieinamą dešimtims milijonų žmonių.

TERORIZMAS IR DIKTATORIŲ REŽIMAI

Tačiau yra žmonių grupių, kurios instinktyviai priešinasi I tipo planetinės civilizacijos siekimo tendencijai, nes žino, kad ji bus pažangi, laisva, mokslinė, klestinti ir apsišvietusi. Tos jėgos gali gerai to nesuvokti ir nesugebėti aiškiai suformuluoti, bet iš tikrųjų kovoja su tendencija siekti I tipo civilizacijos. Štai jos:

- Teroristai islamistai, kurie mieliau grįžtų 1000 m. atgal, į XI a., užuot gyvenę XXI a. Jie nesugeba savo nepasitenkinimo suformuluoti šitokių būdu, bet, sprendžiant iš pareiškimų, norėtų gyventi teokratinėje santvarkoje, kad mokslas, asmeniniai santykiai ir politika priklausytų nuo griežtų religinių potvarkių. (Jie pamiršta, kad, žvelgiant iš istorinės perspektyvos, islamo civilizacijos didybė ir mokslinis bei technologinis meistriškumas priklausė tik nuo jos tolerancijos naujoms idėjoms. Teroristai nesupranta tikrųjų didingos islamo praeities šaltinių.)
- Diktatorių režimai, priklausantys nuo gebėjimo neleisti savo žmonėms sužinoti apie išorinio pasaulio turtingumą ir pažangą. Ryškus to pavyzdys – demonstracijos, apėmusios Iraną 2009 m., kai vyriausybė bandė nuslopinti demonstruotojų idėjas, o šie naudojo socialiniais tinklais pranešti apie save visam pasauliui.

Praeityje žmonės sakydavo, kad plunksna galingesnė už kardą. Ateityje už kardą bus galingesnė mikroschema.

Viena iš priežasčių, kodėl Šiaurės Korėjos, siaubingai nuskurdintos šalies, gyventojai nemaištauja, yra ta, kad jie neturi jokio ryšio su pasauliu ir mano: ir ten žmonės gyvena pusbadžiu. Neįtikėtinus sunkumus ištveria iš dalies ir dėl to, kad nesupranta, jog su likimu neprivalo taikstyti.

II TIPO CIVILIZACIJOS

Po tūkstančių metų pasiekusi II tipo civilizacijos statusą, visuomenė taps nemirtinga. Niekas iš mokslui žinomų dalykų negali sunaikinti II tipo civilizacijos. Kadangi ji jau seniai bus įvaldžiusi klimatą, ledynmečių bus galima išvengti ar juos pakeisti. Meteoritus ir kometas nukreipti į šalį. Net jei civilizacijos saulė taptų supernova, žmonės pabėgtų į kitą žvaigždžių sistemą, galbūt ir sutrukdytų savo žvaigždei sprogti. (Pavyzdžiui, jei jų saulė pavirstų raudonąja milžine, aplink savo planetą esančius asteroidus galbūt panaudotų laidynės efektui sukelti ir savo planetai nuo savo saulės atitolinti.)

Vienas iš būdų, kuriuo II tipo civilizacija galėtų panaudoti savo žvaigždės išspinduliuojamą energiją, – aplink ją sukurti didžiulę sferą, kuri sugertų jos skleidžiamą šviesą. Tokia sfera vadinama *Daisono*.

II tipo civilizacija greičiausiai bus taiki. Kadangi kosminės kelionės sunkios, ji turėtų daug šimtmečių išlikti I tipo civilizacija; to laiko turėtų pakakti panaikinti visiems jų visuomenės skirtingumams. Tuo metu, kai I tipo civilizacija pasieks II tipo civilizacijos statusą, gyventojai bus jau ne tik kolonizavę visą savo saulės sistemą, bet ir artimiausias žvaigždes, esančias greičiausiai ne toliau kaip už kelių šviesmečių. Jie vis dar bus apriboti šviesos greičio.

III TIPO CIVILIZACIJOS

Kai kokia nors civilizacija pasieks III tipo civilizacijos statusą, ji bus ištyrusi didžiąją savo galaktikos dalį. Patogiausias būdas aplankyti šimtus milijardų planetų yra išsiuntinėti save kopijuojančių robotų zondus po visą galaktiką. Dž. Noimano zondas yra robotas, padarantis neribotą skaičių savo kopijų. Jis nusileidžia kokiame nors palydove ir iš jo medžiagos pastato gamyklą, gaminančią tūkstančius savo paties kopijų. Kiekviena jų lekia į kitos tolimos žvaigždės sistemą ir ten daro tūkstančius kopijų.

Pradėję nuo vieno zondo, greitai sukursime sferą, sudarytą iš trilijonų save kopijuojančių zondu. Ji plėsis beveik šviesos greičiu ir visą Paukščių Tako galaktiką ištirs vos per 100 000 metų. Kadangi mūsų Visatos amžius 13,7 mlrd. m., tad yra sočiai laiko, per kurį tos civilizacijos galėjo iškilti (ir išnykti). (Toks greitas eksponentinis augimas būdingas ir mūsų kūno virusų plitimui.)

Tačiau yra dar viena galimybė. Tuo metu, kai kokia nors civilizacija pasieks III tipo civilizacijos statusą, jos gyventojai jau turės pakankamai energijos išteklių išbandyti „Planko energiją“ – 10^{19} mlrd. elektronvoltų; esant tokiai energijai, net erdvėlaikis tampa nestabilus.

(Planko energija yra kvadrilijoną kartų stipresnė už tą, kuri pasiekama didžiausiame atomų skaldymo įrenginyje – didžiajame hadronų greitintuve prie Ženevos. Tai energija, kuriai esant, pagaliau subyra ir Einšteino gravitacijos teorija. Teoriniai apskaičiavimai rodo, kad tokioje energijoje erdvėlaikis sutrūkinėja, atsiranda mažų vartų, galinčių vesti į kitas visatas ar į kitas erdvėlaikio vietas.)

Tokie didžiulei energijai panaudoti reikėtų milžiniškų neįsivaizduojamo masto mašinų, bet jei pavyktų tai padaryti, galbūt erdvėlaikyje būtų padaryta trumpiausių kelių, suspaudžiant erdvę arba prasmunkant pro „kurmio urvus“.

Darant prielaidą, kad tos civilizacijos gyventojai įveiks dideles teorines ir praktines kliūtis (pakankamos teigiamosios ir neigiamosios energijos pajungimas bei nestabilumų pašalinimas), galima įsivaizduoti, kad jie kolonizuos visą galaktiką.

Tai paskatino daugelį žmonių spėlioti, kodėl jie neapsilankė pas mus. „Kur jie?“ – klausia tokių hipotezių kritikai.

Vienas iš galimų atsakymų toks: jie galbūt jau lankėsi, tačiau esame per daug primityvūs, kad į mus atkreiptų dėmesį. Save kopijuojantys Dž. Noimano zondai būtų praktiškiausias būdas tirti mūsų galaktikai, ir jie turėtų būti nedideli – tik kelių centimetrų ilgio (tai leidžia padaryti revoliucinė technologijų pažanga). Ateiviai iš kosmoso gali būti aiškiai matomi, bet jų neatpažįstame, nes ieškome ne to, ko reikia, laukiame didžiulių erdvėlaivių. Tačiau toks zondas greičiausiai bus visai automatinis, iš dalies organinis, iš dalies elektroninis ir jame ateivių iš kosmoso apskritai nebus.

O kai galų gale susitiksime su ateiviais iš kosmoso, galbūt nustebsime, nes jie jau seniai gali būti pakeitę savo biologiją robotika, nanotechnologija ir biotechnologija.

Yra dar viena galimybė: jie jau susinaikino. Kaip minėjome, perėjimas iš 0 tipo civilizacijos į I tipo civilizaciją yra pats pavojingiausias, nes dar tebe-turime daug praeities laukiniškumo, fundamentalizmo, rasizmo ir kitų blogų dalykų. Gali būti, ateis laikas, kai, apsilankę kitose žvaigždėse, rasime 0 tipo civilizacijos, kuriai nepavyko pereiti į I tipo civilizaciją, požymių (nepavyko, pavyzdžiui, dėl to, kad jų atmosfera galėjo būti per karšta ar per daug radio-aktyvi gyvybei išlikti).

NEŽEMIŠKOJO INTELEKTO PAIEŠKA

Šiuo metu viso pasaulio žmonės tikrai nežino apie mūsų ėjimą I tipo planetinės civilizacijos link. Nėra kolektyvinio suvokimo, kad istorinis perėjimas vyksta. Jei surengtumėte apklausą, paaiškėtų: kai kurie žmonės galbūt miglotai kažką girdėjo apie globalizacijos procesą, tačiau sąmoningo suvokimo, kad einame prie konkretaus tikslo, tikrai nebūtų.

Tai staiga pasikeistų, jei kosmose rastume protingos gyvybės buvimo įrodymų. Tada suprastume savo technologinį lygį, palyginti su kosmine civilizacija. Mokslininkus ypač turėtų dominti, kokias technologijas ji yra įvaldžiusi.

Nors niekas negali būti tikras, kad taip ir bus, bet, atsižvelgiant į sparčią technologijų pažangą, greičiausiai dar šiame šimtetyje aptiksime kosmose toli pažengusią civilizaciją.

Tai įmanoma dėl dviejų tendencijų. Pirma, jau paleisti palydovai, specialiai suprojektuoti mažoms uolingoms planetoms už Saulės sistemos ribų ieškoti – *COROT* ir *Kepler*. Tikimasi, kad *Kepler* kosminė laboratorija kosmose aptiks iki 600 mažų panašių į Žemę planetų. Jas aptikus, tirti, ar iš jų nesklanda signalai, rodantys protingos gyvybės buvimą.

2001 m. milijardierius iš *Microsoft* kompanijos Polas Alinas (*Paul Allen*) pradėjo skirti lėšų (iki šiol paskyrė daugiau kaip 30 mln. dol.) greičiau išjudinti įstrigusiai Nežemiškojo intelekto paieškos (NIP) programai. Tai labai padidins radijo teleskopų, pastatytų prie Hat Kryko, į šiaurę nuo San Francisco, skaičių.

Pradėjęs veikti visu pajėgumu, P. Alino teleskopų komplektas turės 350 radijo teleskopų, ir tai bus pirmaujantis pasaulyje radijo teleskopų komplektas. Praeitieji astronomai, ieškodami protingų gyvybės formų, stebėjo tik truputį daugiau kaip 1000 žvaigždžių, o šiuo P. Alino teleskopų komplektu bus galima šį skaičių padidinti 1000 kartų, iki 1 000 000 žvaigždžių.

Nors mokslininkai jau beveik 50 m. veltui ieško toliau pažengusių civilizacijų signalų, tik du pastarojo meto įvykiai tapo taip reikalingu NIP programos paskatinimu. Daugelis astronomų mano, kad projektui buvo skirta per mažai pastangų ir per mažai išteklių. Dėl šios naujų išteklių ir naujų duomenų injekcijos NIP programa tampa rimtu moksliniu projektu.

Galima manyti, kad dar šį šimtmetį bus sugauta protingos civilizacijos signalų, ateinančių iš kosmoso. (Setas Šostakas (*Seth Shostak*), NIP instituto Kalifornijos įlankos rajone direktorius, man sakė, jog tikisi užmegzti ryšį su tokia civilizacija per 20 metų. Tai gal ir per daug optimistinė nuomonė, tačiau drąsiai galima sakyti, jog bus keista, jei šį šimtmetį neaptiksime signalų iš kitos kosmose esančios civilizacijos.)

Aptikti signalai iš toli pažengusios civilizacijos taptų vienu iš reikšmingiausių įvykių žmonijos istorijoje. Holivudo filmai mėgsta vaizduoti, kokia sumaištis kiltų, kai pranašai pradėtų skelbti, jog artėja pasaulio pabaiga, atsirastų daug beprotiškų religinių kultų ir t. t.

Tačiau tikrovė yra daug paprastesnė. Tikrai nereikės iš karto pulti į kraštutinumus, nes ta civilizacija gal net nežinos, kad klausomės jos pokalbių. Jei

ir sužinos, užmegzti su ja tiesioginį ryšį būtų sunku dėl milžiniško atstumo. Pirmą, gali prireikti kelių mėnesių ar net kelerių metų visiškai iššifruoti gautą informaciją ir nustatyti, kokiam N. Kardašovo klasifikacijos tipui galima civilizaciją priskirti, jei apskritai būtų įmanoma. Antra, tiesioginis bendravimas su ta civilizacija mažai tikėtinas, nes ji gal būtų už daugelio šviesmečių, per toli tiesioginiam ryšiui užmegzti. Taigi greičiausiai ją galėtume tik stebėti, o ne su ja kalbėtis. Bus statomi didžiuliai radijo siųstuvai žinioms šiai civilizacijai siųsti. Tačiau tikriausiai gali prabėgti keli šimtmečiai, kol bus įmanoma užmegzti dvipusį ryšį.

NAUJA KLASIFIKACIJA

N. Kardašovo klasifikacija pasirodė septintajame dešimtmetyje, kai fizikams labiausiai rūpėjo energijos gamyba. Tačiau, taip ryškiai išaugus kompiuterių galingumui, dėmesys nukrypo į informacijos revoliuciją, ir civilizacijos apdorojamų bitų skaičius tapo ne mažiau svarbus už jos gaminamos energijos kiekį.

Pavyzdžiui, galima įsivaizduoti civilizaciją planetoje, kur kompiuteriai neįmanomi dėl to, kad jos atmosfera laidai elektrai. Įjungus kokį elektros prietaisą, greitai įvyktų trumpasis jungimas, ir pasipiltų kibirkštys. Todėl čia būtų įmanomi tik patys paprasčiausi elektros prietaisai.

Didesnis elektros generatorius ar kompiuteris čia greitai perdegtų. Įmanoma įsivaizduoti, kad civilizacija laikui bėgant galėtų įvaldyti energijos gamybą iš iškastinio ar branduolinio kuro, bet visuomenė nepajėgtų apdoroti didelių informacijos kiekių. Jai būtų sunku sukurti internetą ar planetinę telekomunikacijų sistemą, ir tai būtų didelis ekonomikos ir mokslo pažangos stabdys. Nors civilizacija galėtų kilti N. Kardašovo klasifikacijos laipteliais, tačiau be kompiuterių tai vyktų labai lėtai ir skausmingai.

Todėl K. Saganas pasiūlė kitą skalę, grindžiamą informacijos apdorojimu. Jis sukūrė sistemą, kurioje abėcėlės raidės nuo A iki Z atitinka tam tikrus informacijos lygius. A civilizacijai priskiriama tokia, kuri apdoroja tik 1 mln. informacijos vienetų; tai atitinka civilizaciją, turinčią tik šnekamąją kalbą, bet neturinčią rašytinės kalbos. Jei surinksime į vieną daiktą visą senovės Graikijos, turėjusios klestinčią rašytinę kalbą ir literatūrą, informaciją, susidarys apie 1 mlrd. bitų informacijos ir ją bus galima priskirti C civilizacijai. Kildami skale, įvertinsime ir mūsų civilizacijos apdorojamą informacijos kiekį. Laikantis

šio principo, mus reikėtų priskirti H civilizacijai. Taigi pagal energijos suvartojimą ir informacijos apdorojimą mūsų civilizacija yra 0,7 H tipo.

Pastaraisiais metais atsirado dar vienas rūpestis – aplinkos tarša ir atliekos. Civilizacijai klasifikuoti negana remtis tik energija ir informacija. Tiesą sakant, kuo daugiau energijos civilizacija suvartoja ir kuo daugiau informacijos paskleidžia, tuo didesnė jos tarša ir atliekų kiekis. Tai ne tik akademinis klausimas, nes vien tik atliekos gali sugriauti I ar II tipo civilizacijas.

Pavyzdžiui, II tipo civilizacija suvartoja visą kokios nors žvaigždės skleidžiamą energiją. Sakykime, jos naudojamų mechanizmų efektyvumas yra 50 %; vadinasi, pusė suvartojamos energijos tampa atliekomis – šiluma. Tai gali būti pražūtinga, nes juk dėl to temperatūra planetoje gali pakilti tiek, kad pastaroji pradės lydytis! Išivaizduokime tokioje planetoje milijardus anglimis kūrenamų gamyklų, išmetančių didžiulius šilumos ir dujų kiekius; dėl to ji gali tiek įkaisti, kad gyvybė išnyks.

Tiesą sakant, F. Daisonas mėgino kosmose ieškoti II tipo civilizacijos objektų, skleidžiančių daugiausia infraraudonąją, o ne rentgeno ar regimosios šviesos spinduliuotę, nes ji, net ir norėdama nuslėpti savo buvimą nuo smalsių akių ir tam sukurdamą aplink save sferą, neišvengiamai gamintų tiek daug atliekamos šilumos, kad žėruotų infraraudonąją spinduliuotę. Todėl siūlė astronomams ieškoti žvaigždžių sistemų, kurios skleidžia daugiausia infraraudonąją spinduliuotę. (Tokių rasti nepavyko.)

Tačiau kelia nerimą, nes civilizacija, leidžianti nevaldomai didėti energijos suvartojimui, gali patirti savižudybę. Todėl matome – energijos ir informacijos nepakanka civilizacijai išlikti, kai ji kyla klasifikacijos skale. Reikia naujos skalės, kuri atsižvelgtų į efektyvumą, atliekamą šilumą ir aplinkos taršą. Tokia naujoji skalė remiasi kita sąvoka, vadinama entropija.

CIVILIZACIJŲ KLASIFIKAVIMAS PAGAL ENTROPIJĄ

Geriausiu atveju norėtume tokios civilizacijos, kurios energetinis ir informacinis pajėgumas didėtų išmintingai, todėl planetoje netaptų nepakeliamai karšta, ji nepaskęstų atliekose.

Tai gražiai pavaizduota Volto Disnėjaus (*Walt Disney*) filme „WALL-E. Šiuokšlių princo istorija“ (*Wall-E*): tolimoje ateityje taip užteršėme ir nusteke-

nome žemę, kad tą šiukšlyną palikome ir malonumų ieškome prabangiuose kruiziniuose erdvėlaiviuose, lakiojančiuose kosmose.

Štai čia svarbūs termodinamikos dėsniai. Pagal pirmąjį termodinamikos dėsį, už nieką nieko ir negausi, t. y. pietų už dyka nebūna. Kitaip sakant, bendras medžiagos ir energijos kiekis Visatoje yra pastovus. Tačiau, kaip jau matėme 3 skyriuje, įdomiausias antrasis termodinamikos dėsnis, jis galų gale gali nulemti toli pažengusios civilizacijos likimą. Paprasčiau sakant, pagal antrąjį termodinamikos dėsį, bendras entropijos (netvarkos, ar chaoso) kiekis visą laiką didėja. Taigi viskas turi praeiti, viskam lemta supūti, suirti, surūdyti, pasenti, subyrėti.

(Niekada nepamatysime, kad bendra entropija *mažėtų*, pavyzdžiui, kad kepami kiaušiniai iš keptuvės vėl sušoktų į lukštus. Cukraus grūdėliai, ištirpę kavos puoduکه, niekada neišsiskirs iš skysčio ir nesugrįš į šaukštelį. Tokio įvykio tikimybė be galo maža, todėl jam įvardyti nėra net atitinkamo žodžio nei anglų, nei kitomis kalbomis.)

Taigi jei ateities civilizacijos, artėdamos prie II ir III tipo civilizacijų, akylai gamins energiją, sukurs tiek daug atliekamos šilumos, kad pagrindinėje jų planetoje nebus įmanoma gyventi. Entropija kaip atliekama šiluma, chaosas ir teršalai jų civilizaciją iš esmės sunaikins. Panašiai pasakytina ir dėl informacijos: jei jos gamins informaciją, iškirsdamos ištisus miškus ir darydamos kalnus popierinių atliekų, paskęs informacijos atliekose.

Todėl reikia įvesti dar vieną skalę civilizacijoms klasifikuoti ir du naujus civilizacijų tipus. Pirmasis – „entropijos užkonservavimo“ civilizacija, naudojanti visas priemones atliekų ir šilumos pertekliui išvengti. Energijos poreikiams ir toliau augant eksponentiškai, supras, jog jos suvartojimas gali taip pakeisti planetos aplinką, kad gyventi bus nebeįmanoma. Toli pažengusios civilizacijos chaosas, arba entropija, didės, tai neišvengiama. Tačiau vietinė entropija jos planetoje gali ir mažėti, jei civilizacija naudos nanotechnologijas ir atsinaujinančiuosius energijos šaltinius naikinti atliekų kaupimuisi ir neefektyvumui.

Antroji civilizacija – „švaistymo entropijos“, neribojanti energijos vartojimo didėjimo. Jei ilgaiui pagrindinėje planetoje gyventi taptų nebeįmanoma, civilizacija imtų plėstis į kitas planetas. Tačiau plėstis, kuriant kolonijas kosmose, ribotų didelės išlaidos. Jei civilizacijos entropija augtų sparčiau už plėtimąsi į kitas planetas, ji susidurtų su katastrofa.

GAMTOS VALDOVŲ VIRTIMAS GAMTOS SAUGOTOJAIŠ

Kaip jau minėjome, senovėje buvome tik pasyvūs gamtos vyksmo stebėtojai. Nustebę žiūrėjome į paslaptinius dalykus. Šiandien esame panašūs į gamtos choreografus, gebančius tai čia, tai ten šiek tiek patobulinti gamtos jėgas. O iki 2100 m. tapsime jos valdovais, mintimis judinančiais daiktus, valdančiais gyvenimą ir mirtį, pasiekiančiais žvaigždes.

Bet, tapdami gamtos valdovais, turime ją ir saugoti. Jei neribosime entropijos didėjimo, mus neišvengiamai pražudys termodinamikos dėsniai. II tipo civilizacija suvartos visą jos žvaigždės spinduliuojamą energiją, todėl planetos paviršius labai įkais, jei tik leisime entropijai didėti kiek tik patinka. Jos didėjimą valdyti galima. Būdų yra.

Pavyzdžiui, muziejuje matydami didžiules XIX a. garo mašinas, milžiniškus jų katilus ir akmens anglių vagonus, suprantame, kokie jie buvo neefektyvūs, kaip švaistė energiją, išskyrė labai daug šilumos ir teršalų. Jei palyginsime su tyliai važiuojančiais elegantiškais elektriniais traukiniais, suprasime: šandien energiją naudojame daug geriau.

Milžiniškų anglimis kūrenamų elektrinių, išmetančių į aplinką didžiulius kiekius atliekamos šilumos ir teršalų, poreikį galima smarkiai sumažinti, jei žmonių buitiniai prietaisai energijos suvartos mažiau, nes bus mažesni, ir naudojami atsinaujinantys energijos šaltiniai. Nanotechnologija duoda galimybę toliau mažinti atliekamą šilumą, mechanizmus sumažinant iki atomų.

Taip pat, jei šiame šimtmete pavyks surasti kambario temperatūros superlaidininkų, bus galima visiškai pertvarkyti energijos poreikius. Labai sumažės atliekama šiluma, sukeliamą trinties, ir padidės mašinų efektyvumas. Kaip minėjome, didžioji dalis mūsų, ypač transporto, suvartojamos energijos skiriama įveikti trinčiai. Štai kodėl pilame benzina į automobilių kuro batus: jei nebūtų trinties, nuvažiuoti iš Kalifornijos į Njujorką energijos beveik nereikėtų. Galima įsivaizduoti, kad toli pažengusi civilizacija atliks kur kas daugiau darbų, suvartodama mažiau energijos, negu mes šiuo metu. Taigi entropijai, kurią gamina toli pažengusi civilizacija, galima nustatyti skaitmenines ribas.

PATS PAVOJINGIAUSIAS PERĖJIMAS

Perėjimas iš mūsų dabartinės 0 tipo civilizacijos į ateities I tipo civilizaciją yra bene reikšmingiausias perėjimas žmonijos istorijoje. Jis nulems, ar ir toliau klestėsime, ar žlugsimė dėl savo pačių beprotiškumo. Perėjimas nepaprastai pavojingas dėl to, kad vis dar turime daug barbariško laukiniškumo, būdingo vargingam kilimui iš gelmių. Prakrapštę ploną civilizacijos lako sluoksnėlį, rasime tebeveikiančias fundamentalizmo, sektantiškumo, rasizmo, netolerancijos ir kitas jėgas. Žmogaus prigimtis per pastaruosius 100 000 m. pasikeitė nedaug, tik dabar turime branduolinių, cheminių ir biologinių ginklų senoms sąskaitoms suvesti.

Perėję į I tipo civilizaciją, turėsime daug šimtmečių sureguliuoti savo skirtumus. Kaip matėme ankstesniuose skyriuose, kurti kolonijas kosmose ir ateityje bus labai brangu, todėl mažai tikėtina, kad didesnė žmonijos dalis persikeltų į Marsą ar į asteroidų žiedą. Kol naujų konstrukcijų raketos nesumažins jų kainos iš esmės, ar kol nebus sukurtas kosminis liftas, kosminės kelionės liks tik vyriaušybių ir turtuolių privilegija. Didžioji Žemės gyventojų dalis liks mūsų planetoje, jai pasiekus ir I tipo civilizacijos statusą. Net tapę I tipo civilizacija, turėsime dar daug šimtmečių darbuotis, reguliuodami savo skirtumus.

IŠMINTIES IEŠKOJIMAS

Gyvename labai įdomiais laikais. Mokslas ir technologija atveria pasaulius, apie kuriuos anksčiau galėjome tik svajoti. Žiūrėdamas į mokslo ateitį su visais iššūkiais ir pavojais, aš tikrai neprarandu vilties. Per ateinančius dešimtmečius apie gamtą sužinosime daugiau naujo – daug kartų daugiau, negu sužinojome per visą žmonijos istoriją iki šių dienų.

Tačiau taip buvo ne visada.

Prisiminkime Bendžamino Franklino (*Benjamin Franklin*), Amerikos paskutinio įžymaus mokslininko ir valstybės veikėjo, žodžius, kai jis prognozavo, ko laukti ne tik ateinančių šimtmetį, bet ir ateinančiais tūkstantmečiais. 1780 m. jis su apgailestavimu teigė, kad žmonės dažnai elgiasi kaip vilkai daugiausia dėl to, kad juos slegia sunki išgyvenimo atšiauriame mūsų pasaulyje našta.

Jis rašė:

„Neįmanoma įsivaizduoti, iki kokių aukštumų per 1000 m. gali pakilti žmogaus galia medžiagos atžvilgiu. Ko gero, išmoksime pasiekti, kad masyvūs kūnai netektų gravitacinės jėgos ir taptų visiškai lengvi, kad juos būtų galima lengvai gabenti. Žemės ūkyje galbūt pavyks sumažinti darbo sąnaudas, kartu padvigubinant produktyvumą. Gal užbėgsime už akių visoms ligoms, neišskiriant ir senatvės ligų, ar jas išgydyti. Savo amžių pailginsime tiek, kiek tik norėsime, gyvendami ilgiau nei bibliniai ilgaamžiai iki Pasaulinio tvano laikų.“²

Šias eilutes rašė tuo metu, kai valstiečiai, dirbdami žemę, vos sudurdavo galą su galu, kai jaučių traukiamais vežimais gendančius žemės ūkio produktus gabeno į turgus, kai epidemijos ir badavimas buvo gyvenimo kasdienybė, ir tik nedaugelis laimingųjų sulaukdavo daugiau kaip 40 metų (Londone 1750 m. $\frac{2}{3}$ vaikų mirdavo nesulaukę 5 m.). B. Franklinas gyveno tada, kai atrodė, jog nėra vilčių, kad ateis diena, kai pajėgsime išspręsti įsisenėjusias problemas. Arba, kaip Tomas Hobsas (*Thomas Hobbes*) rašė 1651 m., gyvenimas buvo „vienišas, skurdus, bjaurus, gyvuliškas ir trumpas“.

Tačiau šiandien, daug anksčiau, ne po 1000 m., kaip numatė B. Franklinas, jo pranašystės ima pildytis.

Tikėjimas, kad protas, mokslas ir intelektas kada nors mus išvaduos iš praeities priespaudos, rado atgarsį ir Markizo de Kondorsė (*Marquis de Condorcet*) 1795 m. veikale „Žmogaus proto pažangos istorinio vaizdo eskizas“ (*Esquisse d'un tableau historique des progrès de l'esprit humain*), kurį kai kas vadina tiksliausia iš visų paskelbtų ateities prognozių. Jo prognozių ratas labai platus, visos gana eretiškos, bet visos išsipildė.

Jis numatė, kad Naujojo pasaulio kolonijos iš Europos priespaudos ilgainiui išsivaduos ir tada sparčiai žengs pirmyn, naudodamosi jos technologijomis. Teigė: vergija išnyks visur. Žemės ūkio našumas labai išaugs, pagerės ir produktų kokybė. Mokslas sparčiai tobulės ir žmonijai duos daug naudos. Būsime išvaduoti iš įprastų kasdieninių darbų ir turėsime daugiau laisvo laiko. Laikui bėgant, plačiai paplis gimdymų reguliavimas.

1795 m. atrodė – nėra jokių vilčių, kad prognozės išsipildys.

B. Franklinas ir M. de Kondorsė gyveno tuo metu, kai gyvenimas buvo trumpas ir žiaurus, o mokslas tebebuvo vaikystės stadijos. Vertindami tas prognozes, galime geriau įvertinti sparčią mokslo ir technologijų pažangą. Ji su-

kūrė pakankamai gerovės ir turto, kad milijardus žmonių būtų galima ištraukti iš praeities laukinio gyvenimo būdo. Vertindami B. Franklino ir Markizo de Kondorsė laikų pasaulį, galime daryti išvadą, kad iš visko, ką žmonija yra sukūrusi, svarbiausia – mokslas. Jis ištraukė mus iš primityvaus gyvenimo gelmių, ir atsidūrėme prie kelionių į žvaigždes slenksčio.

Tačiau mokslas nestovi vietoje. Kaip minėjome, 2100 m. jau turėsime mitologinių dievų, kuriuos kadaise garbinome ir kurių bijojome, galių. Be kitų dalykų, kompiuterinė revoliucija teiks gebėjimų mintimis manipuluoti medžiaga; technologinė revoliucija turėtų duoti galimybę gyvenimą kurti beveik pagal savo norą ir pailginti jo trukmę, o nanotechnologinė revoliucija gali suteikti gebėjimų keisti daiktų formą ir netgi juos kurti iš nieko. Visa tai galų gale gali lemti I tipo planetinės civilizacijos sukūrimą. Taigi dabartinė karta yra pati svarbiausia iš visų, kada nors gyvenusių Žemėje, nes nuo mūsų priklauso, ar pasieksime I tipo civilizaciją, ar nugarmėsime į bedugnę.

Tačiau mokslas pats savaime moraliniu atžvilgiu yra neutralus. Jį galima lyginti su dviašmeniu kalaviju. Viena kalavijo pusė gali būti nukreipta prieš skurdą, ligas, žmonių tamsumą, bet kita – prieš pačius žmones. Kaip bus naudojamas galingas kalavijas, priklauso nuo jį turinčių išminties.

A. Einšteinas sakė: „Mokslas gali nustatyti tik tai, kas yra, o ne kas turėtų būti, todėl negalima išsiversti be vertingumo nustatymų, kurie yra už mokslo ribų.“ Mokslas išsprendžia kai kurias problemas, bet tik tam, kad sukurtų kitas, tik jau aukštesnio lygio.

Per Pirmąjį ir Antrąjį pasaulinį karą matėme šiurkščiąją, griaujamąją mokslo galią. Pasaulis su siaubu stebėjo, kaip mokslas gali griauti ir niokoti lig tol neregėtų mastu, atsiradus nuodingosioms dujoms, kulkosvaidžiams, pradėjus masinius miestų bombardavimus, sukūrus atominę bombą. Pirmos XX a. pusės barbariškumas išlaisvino tokį smurtą, kad net sunku suprasti, kaip tai įmanoma.

Tačiau tas pats mokslas sudarė sąlygas žmonėms viską atstatyti, prikelti iš griuvėsių, milijardams žmonių sukurti dar tvirtesnę taiką ir dar didesnę klestėjimą. Taigi tikroji mokslo galia yra ta, kad jis suteikia galių, padidina galimybių įvairovę. Mokslas stiprina novatorišką, kūrybišką, tvarią žmonijos dvasią, bet kartu atskleidžia ir akivaizdžius trūkumus.

ATEITIES PAGRINDAS – IŠMINTIS

Taigi svarbiausia surasti išminties, būtinos mokslo kalavijui valdyti. Filosofas Immanuelis Kantas (*Immanuel Kant*) yra pasakęs: „Mokslas yra organizuotas žinojimas. Išmintis yra organizuotas gyvenimas.“³ Mano nuomone, išmintis yra gebėjimas nustatyti svarbiausias mūsų laikų problemas, jas išnagrinėti įvairiais požiūriais bei aspektais ir tada pasirinkti tą, kuris siekia kilnaus tikslo ar principo.

Mūsų visuomenėje rasti išminties sunku. A. Azimovas yra pasakęs: „Mūsų visuomenėje šiuo metu liūdniausia tai, kad mokslas įgyja naujų žinių greičiau, negu visuomenė įgyja išminties.“⁴ Ne taip, kaip informacijos, išminties negalima skleisti, platinti tinklaraščiu ar pokalbiais internete. Kadangi skęstame informacijos jūroje, brangiausias šiuolaikinės visuomenės turtas yra išmintis. Be išminties ir įžvalgų būsime be tikslo nešiojami informacijos jūroje, apimti tuštumo ir beprasmybės jausmo po to, kai neribotos informacijos naujumo jausmas nublanks.

Tačiau iš kur išminties paimti? Iš dalies ji ateina, demokratiškai diskutuojant gerai informuotiems, priešingas nuomones turintiems specialistams. Diskusijos dažnai būna netvarkingos, nemandagios, visada triukšmingos, bet iš to atsiranda tikrų įžvalgų. Mūsų visuomenėje diskusijos igauna demokratiinių svarstymų formą. V. Čerčilis yra pasakęs: „Demokratija yra pati blogiausia valdymo forma, išskyrus visas kitas, kurios kartkartėmis yra pabandomos.“⁵

Taigi demokratija nėra lengvas valdymo būdas. Ji reikalauja darbo ir pastangų. Džordžas Bernardas Šo (*George Bernard Shaw*) teigė: „Demokratija yra priemonė užtikrinti, kad būsime valdomi ne geriau, negu nusipelnėme.“⁶

Šiandien internetas, turintis trūkumų ir ydų, tampa demokratiinių laisvių saugotoju. Problemos, anksčiau aptarinėtos neviešai, dabar smulkiai analizuojamos ir kritiškai nagrinėjamos tūkstančiuose interneto tinklalapių.

Diktatoriai bijo interneto: juos baugina tai, kas atsitinka, kai jų valdiniai sukykla. Todėl šiandien G. Orvelo romane „1984“ aprašyto košmaro nebeliko, internetas iš terorizavimo priemonės virto demokratijos priemone.

Iš diskusijų kakofonijos atsiranda išminties. Tačiau pats patikimiausias būdas stiprinti energingas demokratines diskusijas yra švietimas, nes tik išsilavinęs elektoratas gali priimti teisingus sprendimus dėl technologijų, kurios nulems civilizacijos likimą. Galų gale žmonės patys nuspręs, koku mastu naudoti technologiją ir kuria kryptimi ją reikėtų plėtoti, tačiau išmintingai priiminėti tokius sprendimus gali tik išsilavinęs elektoratas.

ŽMONIJOS ATEITIS

Deja, daugelis apgailėtina mažai težino apie didžiulius iššūkius, mūsų laukiančius ateityje. Kaip kurti naujas pramonės šakas, kurios turėtų pakeisti senąsias? Kaip rengti jaunus žmones ateities darbo rinkai? Iki kokios ribos turėtume taikyti genų inžineriją žmonėms? Kaip galima pataisyti irstančią, blogai veikiančią švietimo sistemą, kad ji atitiktų ateities iššūkius? Kaip pasipriešinti globaliniam atšilimui ir branduolinio ginklo plitimui?

Demokratijai yra svarbiausia turėti išsilavinusį, gerai informuotą elektoratą, gebantį racionaliai ir nešališkai aptarinėti aktualias problemas. Šios knygos tikslas yra padėti pradėti diskusijas, kurios nulems tolesnę šio šimtmečio raidą.

ATEITIS KAIP PREKINIS TRAUKINYS

Apibendrinant reikėtų pasakyti, kad ateitį turime kurti patys. Nėra nieko nepajudinamo, nepakeičiamo. V. Šekspyras pjesėje „Julijus Cezaris“ (*Julius Caesar*) rašė: „Mielasis Brutai, kaltos ne mūsų žvaigždės, o mes patys...“ Arba, kaip kartą gal ir ne taip iškalbingai pasakė H. Fordas: „Istorija daugiau ar mažiau yra tik plepalai, to, kas vyko kažkada seniai, perpasakojimas. Mums to nereikia. Norime gyventi dabartyje, ir vienintelė istorija, kuri šio to verta, yra istorija, kurią kuriame šiandien.“⁷

Taigi ateitis yra kaip koks lekiantis bėgiais didžiulis prekinis traukinys, nukreipiantis mūsų kelią. Už šio traukinio slypi sunkus ir įtemptas tūkstančių mokslininkų darbas, jie savo laboratorijose kuria mūsų ateitį. Įsiklausykite, ką sako traukinio švilpimas: biotechnologija, dirbtinis intelektas, nanotechnologija, telekomunikacijos.

Tačiau yra tokių, kurie į tai reaguoja tokiais žodžiais: „Oi, aš tam per senas. Tų dalykų jau nebeišmoksiu. Geriau jau atsigulsiu, ir tegul tas traukinys mane pervažiuoja.“ Tačiau jauni, energingi ir ambicingi žmonės turėtų sakyti taip: „Į traukinį pasodinkite mane! Jis yra mano ateitis, mano likimas. Pasodinkite į mašinisto sėdynę!“

Tikėkimės, šio šimtmečio žmonės mokslo kalaviju naudosis išmintingai ir su užuojauta.

O kad geriau suprastume, koks gali būti gyvenimas planetinėje civilizacijoje, praverstų mintyse pagyventi vieną dieną 2100 m. ir pasižiūrėti, kaip technologijos paveiks kasdieninį gyvenimą, karjerą, viltis ir svajones.

DEVINTAS SKYRIUS

VIENA 2100 M. DIENA

Nuo Aristotelio iki Tomo Akviniečio tobulumas reiškė išmintį, besiremiančią patirtimi ir tokiais tarpusavio santykiais, kai moraliai gyventi mokomasi iš teigiamų pavyzdžių. Siekime tobulo, tobulindami ne savo genus, o charakterį.

– Stivenas Poustas (*Steven Post*)

2100 SAUSIO 1, 6 VAL. 15 MIN. RYTO

Audringai sutikę Naujuosius metus, kietai miegate.

Staiga nušvinta sieninis ekranas. Jame pasirodo gerai pažįstamas draugiškas veidas. Tai Molė – taikomoji kompiuterio programa, kurią neseniai nusipirkote. Ji žvaliai praneša:

– Džonai, pabusk. Esi reikalingas darbovietėje. Asmeniškai. Svarbiu reikalu.

– Palauk, palauk, Mole! Ar tik nejuokauji? – suniurnate. – Juk šiandien Naujieji metai, ir man pagirios. Kas ten galėtų būti tokio svarbaus?

Pamažu išsirangote iš lovos ir nenoromis slenkate į vonią. Prausiantis šimtai paslėptų DNR ir baltyminių jutiklių veidrodyje, tualete ir praustuvėje tylo mis imasi savo darbo – analizuoja iškvepiamo oro ir kūno skysčių molekules, ieškodami net menkiausių kokios nors ligos požymių molekulinio lygmeniu.

Išeidami iš vonios kambario, apsivyniojate apie galvą kelis laidus, kurie leidžia telepatiniu būdu tvarkyti namus: mintimis pakelti kambarių temperatūrą, įjungti raminamą muziką, paprašyti virtuvėje esančio roboto virėjo

paruošti pusryčius ir išvirti kavos, liepti magnetiniam automobiliui išvažiuoti iš garažo ir būti pasirengusiam paaimti jus. Įėję į virtuvę, matote, kaip mechaninės roboto virėjo rankos kepa kiaušinieneę pagal jūsų mėgstamiausią receptą.

Tada užsidedate kontaktinius lėšius ir prisijungiate prie interneto. Mirkčiodami matote, kaip interneto vaizdai pasirodo akių tinklainėje. Gerdami karštą kavą, pradodate peržiūrinėti antraštes, mirgančias kontaktiniuose lėšiuose:

- Marse esantys forpostai reikalauja daugiau išteklių. Marso žiema sparčiai artėja. Jei kolonistai ketina užbaigti kitą kolonizavimo etapą, jiems reikia daugiau išteklių iš Žemės, kad išvertų labai šaltą orą. Planuojama pradėti pirmąjį Marso panašumo į Žemę didinimo etapą, keliant jo paviršiaus temperatūrą.
- Jau parengti paleisti pirmieji žvaigždėlaiviai. Milijonai smeigtuko galvutės dydžio nanorobotų bus paleisti iš bazės Mėnulyje, jie apskries aplink Jupiterį, naudodamiesi magnetiniu jo lauku, ir tada leisis artimiausios žvaigždės link. Tačiau praeis ne vieneri metai, kol keletas nanorobotų pasieks kelionės tikslą kitoje žvaigždžių sistemoje.
- Vietinis zoologijos sodas netrukus bus papildytas dar vienu išnykusiu gyvūnu. Šį kartą tai retas kardadantis tigras, atkurtas iš DNR, paimtos iš tundros amžiams užsikonservavusio jo egzemplioriaus. Kadangi Žemėje temperatūra kyla, randama vis daugiau išnykusių gyvūnų DNR, tad gyvūnus galima klonuoti ir jais papildyti viso pasaulio zoologijos sodus.
- Kosminis liftas, kuriuo daug metų buvo keliami į kosmosą kroviniai, dabar jau kelia ir ribotą skaičių turistų. Kosminių kelionių kaina pastaraisiais metais sumažėjo net 50 kartų, palyginti su tuo laiku, kai kosminis liftas dar tik pradėjo veikti.
- Seniausioms termobranduolinės sintezės elektrinėms jau beveik 50 metų. Artėja laikas kai kurias uždaryti ir statyti naujas.
- Mokslininkai atidžiai stebi naują virusą, lemiantį mirtį, staiga atkeliavusį iš Amazonės baseino. Atrodo, kol kas paplitęs tik mažoje teritorii-

joje, tačiau kaip su juo kovoti, dar nežinoma. Mokslininkai karštingai skuba nustatyti jo genomą, kad galėtų aptikti silpnąsias jo vietas ir rasti būdą kovoti.

Staiga dėmesį patraukia trumpa žinutė:

- Manhataną supančiose dambose netikėtai aptiktas didelis plyšys. Jei dambų nepavyks pataisyti, vanduo gali užlieti visą miestą, kaip atsitiko daugeliui kitų miestų.

„Ajajai, – sakote sau. – Tai štai kodėl buvau pažadintas ir iškviestas į darbovietę!“

Pusryčius pastumiate į šalį, apsirengiate ir lekiate pro duris. Automobilis, pats atvažiuavęs iš garažo, jau laukia. Telepatijos būdu liepiate jam kuo greičiau nuvežti į darbovietę. Magnetinis automobilis akimirksniu užmezga ryšį su internetu, globaliąja padėties nustatymo sistema ir milijardais mikroschemų, paslėptų kelio dangoje ir be perstojo stebinčių eismą.

Magnetinis automobilis be garso pajuda ir slysta magnetine pagalve, kurią sukuria superlaidi kelio danga. Staiga priekiniame automobilio stikle pasirodo Molės veidas:

– Džonai, naujausioje žinutėje iš tavo darbovietės sakoma, kad susitiktum su kitais posėdžių kambaryje. Be to, gauta vaizdo žinutė iš tavo sesers.

Automobiliui važiuojant pačiam, turite laiko peržiūrėti iš sesers atėjusią vaizdo žinutę, rankiniame laikrodyje pasirodo jos atvaizdas, ir pasigirsta žodžiai:

– Džonai, nepamiršk, kad ši savaitgalį švęsime Kevino gimimo dieną – jam jau šešeri. Žadėjai nupirkti naujausią robotą šunį. Beje, ar nieko nematai? Internetė žaisdama bridžą, susipažinau su kai kuo, kas tau galėtų patikti.

„Ajajai“, – sakote sau.

Jums patinka važinėti magnetiniu automobiliu. Nereikia jaudintis dėl kelio nelygumų ar duobių, nes automobilis kybo virš kelio. Bet geriausia, kad retai tereikia pasipildyti kuro baką, nes beveik nėra trinties, lėtinančios judėjimą. (Sunku net patikėti, galvojate patys sau, kad šio šimtmečio pradžioje buvo

ištikusi energijos krizė. Palinguojate galvą, suprasdami, kad didžioji energijos dalis buvo suvartojama tuščiai – įveikti trinčiai.)

Prisimenate, kada buvo atidarytas tas superlaidus greitkelis. Žiniasklaida liejo krokodilo ašaras, kad jau baigiasi taip gerai pažįstamas elektros amžius, ir įžengiame į naują magnetizmo amžių. Bet jums elektros amžiaus nė kiek netrūksta. Žiūrėdamas pro automobilio langą ir matydamas elegantiškus automobilius, sunkvežimius ir traukinius, lekiančius oru, suprantate: magnetizmas yra ne tik patogus keliavimo būdas, bet ir leidžia sutaupyti daug lėšų.

Magnetinis automobilis dabar važiuoja pro miesto sąvartyną. Matote, kad daugumą atliekų sudaro kompiuterių ir robotų dalys. Kai mikroschemos baisiai pigios, pigesnės už vandenį, pasenusios visame pasaulyje išgabenamos į miestų sąvartynus. Kalbama, kad reikėtų užkasti, jomis užpildyti tuščius karjerus.

DARBOVIETĖJE

Pagaliau pasiekiate darbovietės pastatą – centrinę didelės statybinės kompanijos buveinę. Įeidamas beveik nepastebite, kad lazeris tyliai patikrina akių rainelę – nustato tapatybę. Jau nebereikia jokių plastikinių tapatybės kortelių, nes tapatybę liudija kūnas.

Posėdžių kambarys beveik tuščias, prie stalo sėdi tik keli bendradarbiai. Bet tada jūsų kontaktiniuose lęsiuose aplink stalą pradeda greitai materializuotis erdviniai posėdžio dalyviai. Tie, kurie negalėjo atvykti, posėdyje dalyvauja holografiniu pavidalu.

Žvilgsniu permetate kambarį. Kontaktiniai lęšiai identifikuoja visus, sėdinčius prie stalo, parodo ir jų biografijas bei svarbiausius duomenis. Pastebite, kad čia yra ir gana didelių viršininkų. Mintimis į juos atkreipiate dėmesį.

Staiga krėsle materializuojasi jūsų viršininko atvaizdas.

– Ponai, – sako jis, – greičiausiai jau girdėjote, kad pro Manhataną supančias dambas pradėjo veržtis vanduo. Tai rimtas dalykas, bet laiku įsikišome, todėl pavojaus, kad jos sugrius, nėra. Deja, robotai, nusiūsti jų taisyti, su užduotimi nesusidorojo.

Staiga šviesos kambaryje pritemsta, ir jus iš visų pusių apsupa erdvinis povandeninės dambų dalies vaizdas. Visai pasineriate į vandenį, tiesiai prieš veidą iškyla labai įplyšusios dambos vaizdas.

Tam vaizdui sukantis, galite tiksliai matyti, pro kur vanduo pradėjo veržtis. Matote didelį keistą plyšį, patraukiantį dėmesį.

– Robotų šį kartą nepakanka, – toliau kalba viršininkas. – Tokio pobūdžio avarijoms jie nesuprogramuoti. Reikia siųsti patyrusius žmones, galinčius įvertinti padėtį ir priimti reikiamus sprendimus. Manau, nėra reikalo priminti: jei nepavyks likviduoti šios avarijos, Niujorką gali ištikti toks pat likimas, kaip ir kitus didmiesčius – atsidurti po vandeniu.

Visi sudreba iš baimės, nes gerai žino didžiuosius miestus, kuriuos teko palikti, kai jūros lygis pradėjo kilti. Nors atsinaujinantys energijos šaltiniai ir termobranduolinės sintezės energija jau prieš daug dešimtmečių išstūmė iškas-tinį kurą iš svarbiausio mūsų planetos energijos šaltinio pozicijų, žmonės dar tebekenčia nuo anglies dioksido, į atmosferą patekusio pirmoje šio šimtmečio pusėje.

Po ilgų diskusijų nusprendžiama siųsti žmonių valdomą robotų remonti-ninkų brigadą. Čia tenka įsikišti ir jums, nes dalyvavote konstruojant robotus. Kvalifikuoti specialistai uždaromi į specialius gaubtus, prie galvų pritaिसomi elektrodai. Dabar smegenų signalais jie galės palaikyti telepatinį ryšį su robo-tais. Būdami gaubtuose, specialistai gali matyti ir jausti viską, ką mato ir jaučia robotai. Tai beveik tas pats, kaip būti ten, tik kitu, superžmogaus, pavidalu.

Visai pagrįstai didžiuojatės savo kūriniais. Telepatiniu būdu valdomi ro-botai jau daug kartų parodė, ko yra verti. Bazę Mėnulyje daugiausia valdo žmonės, patogiai ir saugiai tūnantys gaubtuose, esančiuose Žemėje. Tačiau Mėnulį radijo signalas pasiekia maždaug per sekundę, vadinasi, žmones reikia mokyti prie šio vėlavimo prisiderinti.

(Norėtusi, kad robotai būtų naudojami ir Marso bazėje. Bet signalas iki Marso keliauja apie 20 min. ir tiek pat laiko atgal, tai buvo nuspręsta – ben-drauti su Marse esančiais robotais būtų per daug sunku. Deja, nepaisant pa-žangos, reguliuoti šviesos greičio dar nemokame.)

Tačiau šiame posėdyje vis neduoda ramybės vienas dalykas.

Pagaliau, sukaupęs visą drąsą, pertraukiate savo viršininką:

– Pone, man labai nesmagu sakyti, bet, žiūrint į dambos plyšį, kyla didelis įtarimas, jog jį galėjo padaryti vienas iš mūsų robotų.

Iš karto kambarįje nuvilnija garsus murmesys. Girdite, kaip pasipila prieštaravimai:

VIENA 2100 METŲ DIENA

– Mūsų pačių robotas? Negali būti! Nesąmonė! Dar niekada to nebuvo, – protestuoja posėdžio dalyviai.

Viršininkas nutildo auditoriją ir iškilmingai pareiškia:

– Taip ir maniau, kad kas nors iškels šią problemą, todėl leiskite pasakyti, jog tai labai svarbus dalykas, kurį reikia laikyti griežtoje paslapyje. Informacija neturi išeiti už šio kambario ribų, kol nepadarysime pareiškimo spaudai. Taip, tą plyšį padarė vienas iš robotų – jis staiga pasidarė nevaldomas.

Kambaryje kyla baisus triukšmas. Žmonės kraipo galvas: nesupranta, kaip galėjo atsitikti toks dalykas.

– Robotų reputacija buvo nepriekaištinga, – kalba viršininkas. – Nė menkiausios dėmelės. Nė vienas niekada nepadarė nė menkiausios žalos. Jų patikimumą užtikrinantis mechanizmas savo veiksmingumą patvirtino ne kartą ir ne du. Taigi ir vadovaujamės tokia reputacija. Tačiau, kaip žinote, naujausios kartos patobulinti robotai naudoja kvantinius kompiuterius, pačius galingiausius iš visų šiuo metu esančių, intelekto atžvilgiu artėjančių prie žmogaus – taip, prie žmogaus intelekto. Tačiau kvantinėje teorijoje visada yra labai maža, bet įmanoma tikimybė, kad įvyks kažkas negero. Taip ir atsitiko šįkart.

Susmunkate į kėdę, priblokštas naujienos.

VĖL NAMIE

Diena buvo labai ilga. Pirmiausia reikėjo surinkti robotų komandą dambai taisyti, tada padėti išjungti eksperimentinius robotus su kvantiniais kompiuteriais bent iki to laiko, kai ši problema bus išspręsta. Pagaliau grįžote namo nuvargę. Vos tik susmukote ant sofos, sieniniame ekrane pasirodė Molė.

– Džonai, tau svarbi žinia iš daktaro Brauno.

Iš daktaro Brauno? Ką gi tas robotas daktaras norėtų pasakyti?

– Įjunk jį man čia, sieniniame ekrane, – sakote Molei. „Daktaras Braunas“ pasirodo. Jis atrodo visai kaip gyvas, ir kartais net pamirštate, jog tai tik kompiuterio programa.

– Džonai, atleisk, kad sutrukdžiau, bet turiu atkreipti dėmesį į kelis dalykus. Prisimeni tą nelaimingą atsitikimą, slidinėjant praeitais metais, kai vos neužsimušei?

Argi galima pamiršti tokius dalykus? Dar ir dabar susigūžiate iš baimės, prisiminęs, kaip, slidinėdamas kairiojoje Alpių kalnų pusėje, įsirežėte į medžius. Kadangi sniego Alpėse beveik nebebuvo, teko rinktis nepažįstamą slidinėjimo kurortą dideliame aukštyje. Būdamas nepripratęs prie tos vietovės, lėkdamas šlaitu 64 km/h, atsitrenkėte į medžius. Kad jį kur!

Daktaras Braunas tęsia:

– Pagal mano turimus duomenis, praradai sąmonę, patyrei smegenų sukrėtimą, buvo sužalota daug vidaus organų, ir tik drabužiai išgelbėjo gyvybę.

Nors buvai be sąmonės, drabužiai automatiškai iškviatė greitąją medicinę pagalbą, pateikė medicininę istoriją ir nurodė tikslią tavo buvimo vietą. Vėliau ligoninėje robotai atliko mikrochirurgines operacijas: sustabdė kraujavimą, susiuvo smulkutes trūkusias kraujagysles ir aplopė kitas pažeistas vietas.

– Skrandis, kepenys ir žarnos buvo sužaloti nepataisomai, – primena daktaras Braunas. – Visa laimė, kad suspėjome laiku užauginti naują tų organų kompleksą.

Staiga ir pats pasijuntate iš dalies kaip robotas, nes didelę kūno dalį sudaro organai, užauginti organizmo audinių fabrike.

– Žinai, Džonai, mano turimi duomenys rodo ir tai, kad sužalotą ranką galėjai pakeisti mechanine. Naujausios konstrukcijos ranka robotas būtų bent penkis kartus stipresnė, bet tokį siūlymą atmetei.

– Taip, – atsakote. – Atrodo, tebesu pasenusių pažiūrų. Savas kūnas tebėra miesnis už metalą.

– Džonai, reikia atlikti eilinį naujų organų patikrinimą. Pasiimk tomografą ir lėtai pavedžiok per skrandžio sritį.

Nueinate į vonios kambarį, paimate mažą prietaisą, maždaug mobiliojo telefono dydžio, ir lėtai vedžiojate virš vidaus organų. Sieniniame ekrane pasirodo erdvinis vidaus organų vaizdas.

– Džonai, išanalizuosime tuos vaizdus ir nustatysime, kaip gyja kūnas. Beje, šį rytą DNR jutikliai, esantys tavo vonios kambaryje, kasoje aptiko vėžio ląstelių.

– Vėžys? – staiga išsitiesiate. Esate suglumintas. – Bet aš maniau, kad vėžys įveiktas prieš daug metų. Niekas net nebekalba apie jį. Tai kaip galėčiau sirgti?

– Tiesą sakant, mokslininkai vėžio taip ir neįveikė. Geriau sakykime – tik sudarė paliaubas. Mat yra per daug jo atmainų. Panašiai kaip ir peršalimo; jo

irgi dar neįveikėme – tik neleidžiame įsigalėti. Aš jau nurodžiau kai kurioms nanodalelėms vėžio ląsteles sunaikinti. Jų dar tik keli šimtai. Tai paprasta procedūra. Tačiau, to nepadarius, maždaug po 7 m. galėtum mirti, – dėsto bejausmiu balsu.

– Oi, taip palengvėjo, – sakote sau.

– Dabar vėžį aptinkame dar prieš kelerius metus iki navikui susidarant, – sako daktaras Braunas.

– Navikui? Kas tai yra?

– Tai toks senovinis žodis toli pažengusiai vėžio stadijai įvardyti. Baigia išnykti iš mūsų kalbos. Jų jau nebepasitaiko, – priduria daktaras.

Dabar prisimenate, kad dėl visų tų jaudinančių dalykų visai pamiršote, jog sesuo žadėjo su kažkuo supažindinti. Vėl skambinate Molei.

– Mole, šį savaitgalį neturiu ką veikti, tai ar nepaieškotum, su kuo galėčiau susitikti. Tu žinai, kokie žmonės man patinka.

– Taip, tai suprogramuota mano atmintyje. Lukterėk, tuoj panaršysiu internete.

Po minutės Molė pateikia trumpus apibūdinimus perspektyvių kandidatų, kurie, kaip ir aš, sėdi priešais sieninius ekranus ir pageidauja to paties, kaip ir aš.

Peržiūrėję kandidatų sąrašėlį, išsirenkate vieną kandidatę – labiausiai patikusią. Jos vardas Karena, ji atrodo kažkuo ypatinga.

– Mole, nusiųsk Karenai mandagią žinutę ir pasiteirauk, ar ji laisva šį savaitgalį. Ką tik atsidarė naujas restoranas, norėčiau nueiti.

Molė siunčia Karenai vaizdajuostę su trumpu jūsų apibūdinimu.

Tą vakarą nusprendžiate atsipalaiduoti. Pas jus ateina keli bendradarbiai išgerti alaus ir pasižiūrėti futbolo. Draugai galėtų stebėti žaidimą, būdami jūsų svetainėje holografinių atvaizdų pavidalu, tačiau palaikyti komandą smagiau dalijantis emocijomis asmeniškai. Nusišypsote pagalvoję, jog, ko gero, panašiai buvo ir prieš tūkstančius metų, kai ir urviniai žmonės jautė poreikį bendrauti.

Staiga visa svetainė nušvinta, ir susidaro įspūdis, kad esate futbolo aikštėje ties vidurio linija. Gynėjui nusiuntus kamuolį į priekį, stovite visai šalia jo. Aplink verda žaidimas.

Per pertrauką po pirmojo kėlinio su draugais aptarinėjate žaidėjus. Gurkšnodami alų ir traškindami kukurūzų spragėsius, karštai ginčijatės, kuris iš jų

daugiausiai dirba, labiausiai treniruojasi, turi geriausius trenerius ir geriausią genų terapeutą. Sutariate, kad jūsiškė komanda turi geriausią genetiką lygoje, galintį gauti geriausių genų, kokius tik galima gauti už pinigų.

Draugams išėjus, dar tebesate per daug susijaudinęs, kad galėtumėte eiti gulti.

– Mole, – sakote, – nors jau vėlu, vis tiek norėčiau sulošti pokerio partiją. Jaučiu – turėtų sektis. Turėtų būti nemiegančių Anglijoje, Kinijoje, Indijoje ar Rusijoje, kurie panorėtų sulošti keletą partijų tuoj pat.

– Tai visai nesunku, – atsako Molė. Sieniniame ekrane pasirodo keletas daug žadančių veidų. Kai svetainėje materializuojasi erdviniai visų lošėjų atvaizdai, mėgaujantės mintimi, kad galėsite išbandyti, kuris iš jų geriausiai blefuoja. Ar ne keista, sakote pats sau, kad geriau pažįstate kai kuriuos žmones, esančius tolimose šalyse, už tūkstančių kilometrų, negu šalia gyvenančius kaimynus. Šalių sienos šiais laikais jau mažai ką reiškia.

Pagaliau, kai ruošiatės eiti gulti, Molė vėl pertraukia mintis, pasirodydama vonios kambario veidrodyje.

– Džonai, Karena priėmė pakvietimą. Šiam savaitgaliui jau viskas paruošta. Užsakysiu dvi vietas naujajame restorane. Ar nenorėtum paskaityti, ką ji rašo apie save? O gal nori, kad panašyčiau internete ir patikrinčiau, ar tai teisybė? Ne paslaptis – žmonės kartais, kaip čia pasakius, nelabai tiksliai rašo apie save.

– Ne, nereikia, – atsakote. – Tegu tai bus šio savaitgalio staigmena.

Palošęs pokerį, vėl pasijuntate laimingas.

SAVAITGALIS

Štai ir savaitgalis. Laikas eiti apsipirkti ir nupirkti dovanėlę Kevinui.

– Mole, parodyk ekrane parduotuvių rajoną.

Sieniniame ekrane staiga pasirodo parduotuvių rajonas. Mojuojate rankomis ir pirštais, o sieniniame ekrane matyti, kaip keliaujate po šį rajoną. Ta virtuali kelionė tęsiasi tol, kol pasiekiate žaislų parduotuvės vaizdą. Jie tikrai turi tiksliai tokį robotą šuniuką, kokio reikia. Telepatiniu būdu užsakote automobilį, kad nuvežtų į parduotuvių rajoną. (Ši žaislą galėtumėte užsakyti ir internetu. Taip pat galėtumėte elektroniniu paštu atsisiųsti to žaislo brėžinius

ir pasigaminti iš programuojamosios medžiagos. Tačiau retkarčiais vis tiek ne pro šalį išlįsti iš namų apsipirkti.)

Važiuodamas magnetiniu automobiliu, žiūrite pro langą ir matote vaikštinėjančius žmones, nes diena labai graži. Matote ir pačių įvairiausių robotų: šunų vedžiotoją, kontoros darbuotoją, sekretorių, kambarinių gyvulėlių. Susidaro įspūdis, kad visus pavojingus, pasikartojančius darbus ar tuos, kuriems pakanka tik sąveikauti su žmonėmis, atlieka robotai.

Tiesą sakant, robotai dabar yra didelis verslas. Visur matote skelbimus, siūlančius robotų taisymo, aptarnavimo, tobulinimo ar gaminimo paslaugas. Visų besidarbuojančių robotų srityje laukia šviesi ateitis. Robotų verslas dabar didesnis už praėjusio šimtmečio automobilių pramonę. Be to, suprantate, kad dauguma robotų yra nematomi, jie tyliai taiso miesto infrastruktūrą ir teikia svarbiausias paslaugas.

Žaislų parduotuvėje prie įėjimo sutinka robotas darbuotojas.

– Gal padėti? – klausia.

– Taip, norėčiau nusipirkti robotą šuniuką.

Peržiūrite naujausius robotus šuniukus. „Stebėtis reikia, ko tik jie nemo-ka“, – sakote pats sau. Moka žaisti, bėgti, atnešti ką nors, žodžiu, daryti viską, ką tik šunys sugeba. Viską, tik ne padaryti balutę ant kilimo. „Ar tik ne dėl to tėvai taip noriai juos perka vaikams?“ – pagalvojate.

Tada sakote robotui darbuotojui:

– Noriu nupirkti robotą šuniuką savo 6 m. sūnėnui. Jis labai protingas ir savarankiškas vaikas, tik kartais per daug baikštus ir tylus. Koks šuo jam galėtų padėti išlįsti iš kiauto?

Robotas atsako:

– Atleiskite, pone, tokiems patarimams nesu suprogramuotas. Gal kartais domina kosminės tematikos žaislai?

Pamiršote, jog robotai, nors ir universalūs, turės nueiti dar ilgą kelią, kol pradės suprasti žmonių elgesį.

Tada einate į vyrų drabužių parduotuvę. Jei norite padaryti gerą įspūdį tai, kuriai paskyrėte pasimatymą, reikia pakeisti padėvėtus drabužius. Pasimatuojate keletą kostiumų. Visi labai stilingi, tik ne to dydžio. Koks nusivylimas! Bet tada išsiimate kredito kortelę, kurioje yra visi tikslūs erdviniai matmenys. Jie įvedami į kompiuterį, gamykloje sukerpamas naujas

kostiumas, ir netrukus jis bus pristatytas į namus su garantija, kad kuo puikiau tiktų.

Galiausiai einate į prekybos centrą. Peržiūrite mikroschemas, paslėptas plastikiniame kiekvienos prekės apvalkale, ir savo kontaktiniuose lęšiuose palyginate kainas, norėdami išsiaiškinti, kurioje parduotuvėje produktai pigiausi ir geriausi. Nebereikia spėlioti, kur kainos žemiausios.

PASIMATYMAS

Visą savaitę jo laukėte. Ruošdamasis susitikti su Karena, esate nustebęs, kad ir vėl jaučiatės kaip koks mokinukas. Nusprendžiate: jei po pietų restorane pasikviesite namo, reikėtų rimtai pertvarkyti apšiurusius baldus. Laimei, dauguma virtuvės ir svetainės baldų yra padaryti iš programuojamosios medžiagos.

– Mole, – sakote, – ar negalėtum parodyti naujausių virtuvės ir svetainės baldų katalogo? Noriu perprogramuoti baldus, nes jie atrodo seni.

Netrukus sieniniame ekrane sumirga naujausių modelių baldų atvaizdai.

– Mole, įrašyk į kompiuterį štai tuos virtuvės baldus, tą sofą, tą stalą, o paskui įdiek.

Kol rengiatės pasimatymui, Molė įrašo į kompiuterį baldų brėžinius ir įdiegia nurodytus baldus. Virtuvės baldai, svetainės sofa ir stalas ima irti, virsta beformė mase, tada pradeda įgauti naujas formas. Po valandos butas atrodo visai naujas. (Neseniai internete naršydami po nekilnojamojo turto skyrių, pastebėjote, kad namai iš programuojamosios medžiagos darosi labai madingi. Tiesą sakant, ir jūsų statybinė kompanija turi išskirtinių planų pastatyti dykumoje ištisą miestą vien tik iš programuojamosios medžiagos. Tik paspaudei mygtuką – ir taukšt pataukšt naujas miestas!)

Tačiau atrodo, kad butas vis dar pilkokas ir nuobodus. Pamojate ranka, ir sienų apmušalų spalvos ir piešiniai akimirksniu pasikeičia. „Turėti išmaniųjų sienų apmušalus kur kas geriau, negu perdažinėti sienas“, – pagalvojate.

Važiuodami į pasimatymą, pakeliui nuperkate gėlių ir pagaliau pasiimate Kareną. Esate maloniai nustebintas – kažkas iš karto patiko.

Pietaujant sužinote, kad Karena yra dailininkė. Ji juokauja: turint tokią specialybę, jai tektų skursti, gyventi pusbadžiu, pusvelčiui pardavinėjant gatvėje savo paveikslus. Tačiau iš tikrųjų ji – turinti didelį pasisekimą interneto

dizainerė. Tiesą sakant, turi savo kompaniją. Susidaro įspūdis, kad visi dabar nori pačių naujausių interneto svetainių modelių, todėl kūrybinio meno produkcijos paklausa labai didelė.

Ji pirštais padaro ore kelis judesius, ir prieš akis išnyra keli piešiniai.

– Štai keli iš mano naujausių kūrinių, – su pasididžiavimu sako.

Papasakojate apie save:

– Žinote, o aš esu inžinierius. Visą dieną dirbu su robotais. Kai kurie iš jų gana tobuli, bet vis tiek kartais gali pasielgti labai kvailai. O kaip jūsų srityje? Ar robotai braunasi ir į ją?

– Oi ne, ką jūs! – nesutinka ir pasako, kad tenka dirbti tik su kūrybiškais žmonėmis, ir jos srityje didžiausia vertybe laikoma vaizduotė, kurios stokoja net ir patys tobuliausi robotai.

– Gal aš ir senamadiška, bet mano srityje robotai naudojami tik kopijavimo ir kanceliariniams darbams, – su pasididžiavimu sako. – Norėčiau sulaukti dienos, kai robotai išmoks kažką tikrai originalaus, pavyzdžiui, papasakoti anekdotą, parašyti romaną ar sukurti simfoniją.

„To dar nėra, bet nereiškia, kad nebus niekada“, – pagalvoję.

Jai kalbant, kyla klausimas, kiek metų jai galėtų būti. Kadangi senėjimą medikai sulėtino jau prieš daug metų, dabar žmonės gali būti kokio tik nori amžiaus. Jos tinklalapyje apie amžių nėra nė žodžio. O iš pažiūros duotum ne daugiau kaip 25 metus.

Nuvežęs namo, atsiduodate tuščioms svajonėms. Kaip atrodytų gyvenimas su tokia moterimi, kaip ji? Tačiau vienas dalykas kelia nerimą. Jis graužia jau visą dieną.

Atsisėdate priešais sieninį ekraną ir sakote:

– Mole, pakviesk daktarą Brauną.

Staiga pajuntate dėkingumą robotams gydytojams už tai, kad su jais galima susisiekti bet kuriuo paros metu. Be to, jie niekada nesiskundžia ir ne-niurzgia. Tam nesuprogramuoti.

Sieniniame ekrane tuoj pat pasirodo daktaro Brauno atvaizdas.

– Kas nors negero, sūneli? – tėvišku tonu klausia.

– Daktare, noriu užduoti vieną klausimą, kuris pastaruoju metu neduoda ramybės.

– Kas gi?

– Daktare, kaip manote, kiek aš gyvensiu?

– Domina tikėtina tavo gyvenimo trukmė? Tiesą sakant, to nežinome. Tavo duomenų bazė rodo, kad esi 72 m., tačiau organų biologija maždaug tokia, kaip trisdešimtmečio. Esi iš pirmosios kartos tų, kurie buvo genetiškai perprogramuoti gyventi ilgiau. Nusprendei senėjimą sustabdyti ties 30 m. Iš tavo kartos žmonių kol kas mirė per mažai, kad turėtume pakankamai duomenų tyrimams. Taigi nėra būdo sužinoti, kiek ilgai gyvensi.

– Manote, kad gyvensiu ir gyvensiu? – klausiate.

– Ir būsi nemirtingas? – susiraukia daktaras Braunus. – Ne, taip nemanau. Yra didelis skirtumas tarp nemirtingumo ir gyvenimo taip ilgai, kad kol kas dar nepavyko išmatuoti, kaip ilgai.

– Bet jei nesenstu, – paprieštaraujate, – tai tada turėčiau žinoti, kada... – sustojate, nebaigęs sakinio. – Na, gerai... Matote, susipažinau su kai kuo. Man ji labai patiko, ir jei norėčiau gyventi kartu, tai kaip turėčiau savo gyvenimo stadijas suderinti su jos stadijomis? Jei mano kartos žmonės dar nemiršta, tai kaip tada sužinoti, kada vesti, susilaukti vaikų, planuoti išeiti į pensiją? Kaip man planuoti gyvenimo etapus?

– Neturiu atsakymo į tokį klausimą. Matote, žmonių giminė šiuo metu tam tikru atžvilgiu panaši į bandomąsias jūrų kiaulytes, – atsako daktaras Braunus. – Atleisk, Džonai, bet tu kol kas esi dar neištirtoje teritorijoje.

KELI TOLESNI MĖNESIAI

Keli tolesni mėnesiai jums ir Karenai yra nuostabi staigmena. Ją pasiimate į virtualiosios tikrovės kambarį, ir labai smagu gyventi kvailą įsivaizduojamą gyvenimą, tarytum ir vėl sugrįžti į vaikystę. Įeinatė į tuščią salę. Į jūsų kontaktinius lęšius nukreipiama programinė virtualiojo pasaulio įranga, ir vaizdas akimirksniu pakinta. Vienoje programoje bėgate nuo dinosauro, tačiau kur tik pasisukate, iš krūmų vis išlenda kitas dinosauros. Kitoje programoje kovojate su ateiviais iš kosmoso ar piratais, bandančiais užgrobti jūsų laivą. Trečioje programoje nusprendžiate virsti gyvūnais ir štai kaip du ereliai sklandote aukštai ore. Ketvirtoje šildotės saulutėje romantiškoje Pietų jūros saloje arba šokate mėnulio šviesoje, klausydamiesi tylios muzikos.

Po kiek laiko judviem kyla noras išbandyti kažką naujo. Užuoat gyvenus įsivaizduojamą gyvenimą, nusprendžiate grįžti į tikrą. Taigi nutariate atostogas praleisti kartu – apvažiuoti Europą.

Sakote sieniniam ekranui:

– Mole, mudu su Karena nusprendėme atostogas praleisti Europoje. Tikroje erdvėje. Paieškok tinkamiausių lėktuvų reisų, viešbučių ir viso kito. Paruošk sąrašėlį kultūrinių renginių, kurie galėtų mus dominti. Tu žinai mūsų skonius.

Per kelias minutes Molė sudaro išsamų kelionės planą.

Vėliau, vaikštinėdami po Romos Forumo griuvėsius, savo kontaktiniuose lėšiuose matote iškylančius Romos imperijos laikų vaizdus. Eidami pro kolonų liekanas, akmenis ir kitas nuolaužas, žiūrite, kokia kadaise galėjo būti Romos imperija savo šlovės viršūnėje.

O koks malonumas vaikščioti po parduotuves ir derėtis vietinėse parduotuvėlėse italų kalba. Aiškiai matote, kaip po žmogumi, su kuriuo kalbatės, pasirodo jo žodžių vertimas. Nebereikia jokios turistinės literatūros, griozdiškų žemėlapių. Kontaktiniuose lėšiuose yra visa reikalinga informacija.

Naktį žiūrėdami į dangų virš Romos, kontaktiniuose lėšiuose aiškiai matote žvaigždes, sudarančias žvaigždynus. Žvalgydamiesi po dangų, matote puikius Saturno žiedų vaizdus, skrajojančias kometas, nuostabiai gražius dujų debesis, sprogtančias žvaigždes.

Vieną dieną Karena pagaliau atskleidžia paslaptį – pasako savo tikrąjį amžių. Ji jau 61 m. Tačiau tai jau nebeatrodo labai svarbu.

– Klausyk, Karena, ar jautiesi laimingesnė dėl to, kad dabar gyvename taip ilgai?

– O kaipgi! Žinai, mano senelė gyveno tada, kai moterys ištekėdavo, kurdavo šeimas, ir tai galėjo trukdyti joms daryti karjerą. O man patinka jausti, kad tris kartus patyriau reinkarnaciją, turėjau tris karjeras ir niekada nesižvalgiau atgal, į praeitį. Iš pradžių dirbau gide keliose šalyse, keliavau po pasaulį. Tai buvo nuostabus gyvenimas. Turizmas yra didžiulė verslo šaka, kurioje labai daug darbo vietų. Tačiau vėliau užsigeidžiau reikšmingesnio darbo ir tapau advokate. Gyniau teisme man svarbius žmones ir bylas. O galiausiai nusprendžiau leisti pasireikšti savo meniniams gabumams ir įkūriau internetinę dizaino kompaniją. Ir žinai ką? Didžiuojuosi, galėdama pasakyti, kad niekada

nenaudojau jokio roboto. Juk joks robotas negali būti asmeninis gidas, negali laimėti bylos teisme, negali sukurti puikaus meno kūrinio.

„Laikas, parodys, ar tikrai negali“, – pagalvojate.

– Ar neplanuoja ketvirtos karjeros? – paklausiu.

– Jei pasitaikys kas nors geresnio... – šypsosi.

– Karena, – pagaliau sakote, – jei nustojome senti, tai kaip dabar sužinoti, kada geriausias laikas, pavyzdžiui, kurti šeimą, gimdyti vaikus ir auginti? Biologinis laikrodis jau prieš kelis dešimtmečius nustojo veikti. Taigi man kilo mintis, ar ne laikas surimtėti ir kurti šeimą.

– Turi galvoje vaikus? – truputį nustebusi klausia Karena. – Apie tai niekada rimtai negalvojau. Tai yra negalvojau lig šiol. Viskas priklauso nuo to, ar pasimaišys tinkamas vyras, – sako, valiūkiškai šypsodamasi.

Kiek vėliau aptarinėjate vedybas, kokį vardą pasirinksite vaikui, kokių genų jam pageidautumėte.

Prieinate prie sieninio ekrano ir sakote:

– Mole, ar negalėtum surasti naujausio vyriausybės patvirtintų genų sąrašo?

Sąrašė matote įvairius genus, nulemiančius plaukų, akių spalvą, ūgį, kūno sudėjimą ir netgi kai kuriuos asmenybės bruožus – tai, kas dabar siūloma žmonėms. Atrodo, sąrašas kasmet ilgėja. Taip pat matote ir ilgą paveldimų ligų, kurias įmanoma išgydyti, sąrašą. Kadangi jūsų šeimoje jau kelis šimtmečius sukiojasi cistinė fibrozė, lengviau atsidūstate, kad jau nebereikia dėl jos išgyventi.

Peržiūrėdami patvirtintų genų sąrašą, jaučiatės taip, tarsi būtumėte ne tikrai būsimasis tėvas, bet ir tarsi koks dievas, kuriantis vaiką pagal savo atvaizdą.

Tada Molė pasako:

– Yra programa, galinti išanalizuoti kūdikio DNR ir gana tiksliai numatyti, koks bus veidas, kūno forma, asmenybės bruožai. Ar nenorite, kad pasiųščiau tą programą, ir galėtumėte pasižiūrėti, kaip jūsų vaikas galėtų atrodyti ateityje?

– Ne, – atsakote. – Yra dalykų, kuriuos reikėtų palikti paslapyje.

PO METŲ

Nors Karena dabar laukiasi, bet gydytojai sako, kad jai visai nepavojinga kilti kosmoso liftu, kuris ką tik tapo prieinamas ir turistams.

Jūs prisipažįstate Karenai:

– Žinai, vaikystėje visada norėjau pakilti į kosmosą. Kaip koks astronautas. Bet kartą pagalvojau, kad reikės atsisėsti ant milijonų litrų lakaus raketinio kuro, galinčio sprogti nuo mažiausios kibirkštėlės, ir mano troškimas leistis į kosmines keliones pradėjo mažėti. Tačiau kosminis liftas – visai kitas reikalas. Švarus, saugus, jokių problemų. Tokiu tik keliauk ir norėk.

Ilipęs su Karena į kosminį liftą, matote, kaip operatorius nuspaudžia mygtuką, panašų į paprasto lifto kilimo mygtuką. Nenustembate, kad liftas sustojo prie universalinės parduotuvės moterų trikotažo skyriaus. Tačiau jaučiate, kaip kylate į kosmosą. Greitai kylant, juntamas pagreitis. Aukštimačio skalėje mirga skaičiai: „16, 32, 48 km...“

Matote, kaip lifto išorėje vaizdas kinta kas sekundę. Štai už lango matyti purūs debesėliai. Tolydžio dangaus spalva iš mėlynos pereina į purpurinę ir visiškai juoda, ir pagaliau išvystate, kaip visu savo grožiu apsupa žvaigždės. Pradedate skirti niekada anksčiau nematytus žvaigždynus, liepsnojančius tolumoje. Žvaigždės nemirga kaip Žemėje, o ryškiai šviečia, kaip ir prieš milijardus metų.

Liftas pamažu sustoja apie 160 km nuo Žemės paviršiaus aukštyje. Iš kosmoso atsiveria nuostabus vaizdas, kokį anksčiau matėte tik paveiksluose.

Žiūrėdami žemyn, staiga išvystate Žemę visai kitokią. Matote vandenynus, žemynus, didmiesčių šviesas, sklindančias į kosmoso platybes.

Iš kosmoso Žemė atrodo tokia romi, kad net sunku patikėti, jog žmonės kadaise liejo kraują, kariaudami dėl kažkokių absurdiškų valstybių sienų. Valsstybių dar tebėra, bet šiandien, kai žinios visur plinta akimirksniu, jos atrodo kažkokios keistos ir ne tokios svarbios.

Karena padeda galvą jums ant peties, ir pradedate suprasti, kad esate naujos planetinės civilizacijos gimimo liudininkas. O jūsų vaikas bus vienas iš pirmųjų naujos civilizacijos piliečių.

Tada išsitraukiate iš kišenės seną nušiurusią knygą ir skaitote Karenai prieš daugiau kaip 100 m. mirusio žmogaus žodžius. Jie primena, kokie iššūkiai laukia žmonijos, kol ji pasieks planetinę civilizaciją.

Mahatma Gandis (*Mahatma Gandhi*) kadaise rašė:

Smurto šaknys:

*Turtas be darbo,
Malonumai be sąžinės,
Žinojimas be charakterio,
Prekyba be moralumo,
Mokslas be humaniškumo.
Garbinimas be pasiaukojimo,
Politika be principų.¹*

APIE AUTORIŲ

MICHIO KAKU yra Niujorko miesto universiteto teorinės fizikos profesorius. Jis taip pat yra ir vienas iš stygų lauko teorijos kūrėjų bei kelių labai populiarių ir plačiai pripažintų knygų apie mokslą autorius; tarp jų yra ir knygos „Hipererdvė“ (*Hyperspace*) bei „To, kas neįmanoma, fizika“ (*Physics of Impossible*), sudariusios *Science Channel* kanalo televizijos laidos *Sci Fi Science: Physics of Impossible* pagrindą. Jis yra ir dviejų radijo programų (*Explorations* ir *Science Fantastic*), kurias retransliuoja daugiau kaip 140 radijo stočių, vedėjas.

ILIISTRACIJOS

53 p.: Jeffrey L. Wardo.

57 p.: Jeffrey L. Wardo

70 p.: Danielio Mihailescu / *AFP*

71 p.: Miguelio Alvarezo / *AFP*

95 p. viršuje: profesoriui Yann LeCunui maloniai leidus

142 p. apačioje kairėje: profesoriui Ashutosh Saxenai maloniai leidus

203 p. apačioje dešinėje: Jasono Kempino / *WireImage*

260 p.: Bruno Vincento / *Getty Images*

261 p.: Jeffrey L. Wardo

271 p.: Jeffrey L. Wardo

300 p.: *AFP* / *Getty Images*

308 p.: Jeffrey L. Wardo

REKOMENDUOJAMA LITERATŪRA

- Archer, David. *The Long Thaw: How Humans Are Changing the Next 100,000 Years of Earth's Climate*. Princeton, NJ: Princeton University Press, 2009.
- Bezold, Clement, ed. *2020 Visions: Health Care Information Standards and Technologies*. Rockville, MD: United States Pharmacopeial Convention, 1993.
- Brockman, Max, ed. *What's Next? Dispatches on the Future of Science*. New York: Vintage, 2009.
- Broderick, Damien. *The Spike: How Our Lives Are Being Transformed by Rapidly Advancing Technologies*. New York: Forge, 2001.
- Broderick, Damien, ed. *Year Million: Science at the Far Edge of Knowledge*. New York: Atlas, 2008.
- Brooks, Rodney A. *Flesh and Machines: How Robots Will Change Us*. New York: Vintage, 2003.
- Brown, Lester. *Plan B 4.0: Mobilizing to Save Civilization*. New York: Norton, 2009.
- Canton, James. *The Extreme Future: The Top Trends That Will Reshape the World for the Next 5, 10, and 20 Years*. New York: Dutton, 2006.
- Coates, Joseph F., John B. Mahaffie, and Andy Hines. *2025: Scenarios of U.S. and Global Society Reshaped by Science and Technology*. Greensboro, NC: Oakhill Press, 1997.
- Cornish, Edward, ed. *Futuring: The Exploration of the Future*. Bethesda, MD: World Future Society, 2004.
- Crevier, Daniel. *AI: The Tumultuous History of the Search for Artificial Intelligence*. New York: Basic Books, 1993.
- Davies, Paul. *The Eerie Silence: Renewing Our Search for Alien Intelligence*. Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 2010.
- Denning, Peter J., ed. *The Invisible Future: The Seamless Integration of Technology into Everyday Life*. New York: McGraw Hill, 2002.
- Denning, Peter J., and Robert M. Metcalfe. *Beyond Calculation: The Next Fifty Years of Computing*. New York: Copernicus, 1997.
- Dertouzos, Michael. *What Will Be: How the New World of Information Will Change Our Lives*. New York: HarperCollins, 1997.
- Didsbury, Howard F., Jr., ed. *Frontiers of the 21st Century: Prelude to the New Millennium*. Bethesda, MD: World Future Society, 1999.
- Dyson, Freeman J. *The Sun, the Genome, and the Internet: Tools of Scientific Revolutions*. New York: Oxford University Press, 1999.

- Foundation for the Future. *Future of Planet Earth: Seminar Proceedings*. Bellevue, WA: Foundation for the Future, 2009; www.futurefoundation.org/publications/index.htm.
- Friedman, George. *The Next 100 Years: A Forecast for the 21st Century*. New York: Doubleday, 2009.
- Hanson, William. *The Edge of Medicine: The Technology That Will Change Our Lives*. New York: Palgrave Macmillan, 2008.
- Kaku, Michio. *Visions: How Science Will Revolutionize the 21st Century*. New York: Anchor, 1998.
- Kurzweil, Ray. *The Singularity Is Near: When Humans Transcend Biology*. New York: Viking, 2005.
- McElheny, Victor K. *Drawing the Map of Life: Inside the Human Genome Project*. New York: Basic Books, 2010.
- McRae, Hamish. *The World in 2020: Power, Culture, and Prosperity*. Cambridge, MA: Harvard Business School, 1995.
- Mulhall, Douglas. *Our Molecular Future: How Nanotechnology, Robotics, Genetics, and Artificial Intelligence Will Transform Our World*. Amherst, NY: Prometheus, 2002.
- Petersen, John L. *The Road to 2015: Profiles of the Future*. Corte Madera, CA: Waite Group, 1994.
- Pickover, Clifford A., ed. *Visions of the Future: Art, Technology and Computing in the Twenty-first Century*. New York: St. Martin's Press, 1994.
- Rhodes, Richard, ed. *Visions of Technology: A Century of Vital Debate About Machines, Systems, and the Human World*. New York: Simon & Schuster, 1999.
- Ridley, Matt. *The Rational Optimist: How Prosperity Evolves*. New York: HarperCollins, 2010.
- Rose, Steven. *The Future of the Brain: The Promise and Perils of Tomorrow's Neuroscience*. New York: Oxford University Press, 2005.
- Seife, Charles. *Sun in a Bottle: The Strange History of Fusion and the Science of Wishful Thinking*. New York: Viking Penguin, 2008.
- Stock, Gregory. *Redesigning Humans: Choosing Our Genes, Changing Our Future*. Boston: Houghton Mifflin, 2003.
- Thurow, Lester C. *The Future of Capitalism: How Today's Economic Forces Shape Tomorrow's World*. New York: William Morrow, 1996.
- Toffler, Alvin, and Heidi Toffler. *Revolutionary Wealth*. New York: Knopf, 2006.
- van der Duin, Patrick. *Knowing Tomorrow? How Science Deals with the Future*. Delft, Netherlands: Eburon, 2007.
- Vinge, Vernor. *Rainbows End*. New York: Tor, 2006.
- Watson, Richard. *Future Files: The 5 Trends That Will Shape the Next 50 Years*. London: Nicholas Brealey, 2008.
- Weiner, Jonathan. *Long for This World: The Strange Science of Immortality*. New York: HarperCollins, 2010.

PASTABOS

(Autorių pavardės susietos su knygomis, esančiomis Rekomenduojamos literatūros sąrašė)

ĮVADAS

- 1 *"In his newspapers of January 1, 1900"*: Rhodes, pp. 29–30.
- 2 *"It will be as common for the citizen"*: www.learner.org/workshops/primarysources/corporations/docs/.
- 3 *"Everything that can be invented"*: citata iš Canton, p. 247.
- 4 *"Who the hell wants to hear actors talk?"*: citata iš Canton, p. 247.
- 5 *"I think there is a world market"*: citata iš Canton, p. 247.
- 6 *"It is now definitely established"*: Cornish, p. 149. Taip pat žiūrėti: "The Facts that Got Away," *New York Times*, November 14, 2001.

PIRMAS SKYRIUS. KOMPIUTERIO ATEITIS

- 1 *"Where a calculator like the ENIAC"*: *Popular Mechanics*, citata iš Kurzweil, p. 56. Taip pat žiūrėti: Andrew Hamilton, "Brains That Click," *Popular Mechanics*, March 1940, p. 258.
- 2 *"Technology [is] the knack"*: Rhodes, p. 206.
- 3 *"Those components will eventually include"*: Babak A. Parvie, "Augmented Reality in a Contact Lens," *IEEE Spectrum*, September 2009, www.spectrum.ieee.org/biomedical/bionics/augmented-reality-in-a-contact-lens/0.
- 4 *"There's some physiological evidence"*: Gary Stix, "Jacking into the Brain—Is the Brain the Ultimate Computer Interface?" *Scientific American*, November 2008, pp. 56–61.
- 5 *"It's like being an astronomer"*: Jeff Wise, "Thought Police: How Brain Scans Could Invade Your Private Life," *Popular Mechanics*, October 15, 2007, www.popularmechanics.com/science/health/neuroscience/4226614.
- 6 *"possible to identify, from a large set of completely novel natural images"*: *New Scientist*, October 15, 2008, issue 2678.
- 7 *"Can we tap into the thoughts of others"*: David Baltimore, "How Biology Became Information Science," in Denning, pp. 53–54.
- 8 *"I am told"*: Ibid., p. 54.
- 9 *"Perhaps something like the Star Trek tricorder"*: Bernhard Blümich, "The Incredible Shrinking Scanner: MRI- like Machine Becomes Portable," *Scientific American*, November 2008, p. 68.

ANTRAS SKYRIUS. DIRBTINIO INTELEKTO ATEITIS

- 1 "Scientists Worry Machines May Outsmart Man": John Markoff, *New York Times*, July 25, 2009, p. A1, www.nytimes.com/2009/07/26/science/26robot.html?scp=1&sq=Scientists Worry Machines May Outsmart Man&st=cse.
- 2 "Technologists are providing": Ibid.
- 3 "just at the stage where they're robust": Kaku, p. 75.
- 4 "Machines will be capable, within twenty years": Crevier, p. 109.
- 5 "It's as though a group of people": Paul W. Abrahams, "A World Without Work," in Denning and Metcalfe, p. 136.
- 6 "Today, you can buy chess programs for \$49": Richard Strozzi Heckler, "Somatics in Cyberspace," in Denning, p. 281.
- 7 "To this day, AI programs": Sheffeld et al., p. 30.
- 8 "100 million things, about the number a typical person knows": Kurzweil, p. 267.
- 9 In 2006, it was estimated that there were 950,000 industrial robots: *World Robotics 2007*, IFR Statistical Department (Frankfurt: International Federation of Robotics, 2007).
- 10 "Discovering how the brain works": Fred Hapgood, "Reverse Engineering the Brain," *Technology Review*, July 11, 2006, www.technologyreview.com/read_article.aspx?id=17111.
- 11 He was in a semiconscious state for several weeks: John M. Harlow, M.D., "Passage of an Iron Rod Through the Head," *Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences* 11, May 1999, pp. 281–83, www.neuro.psychiatryonline.org/cgi/content/full/11/2/281.
- 12 "It is not impossible to build a human brain": Jonathan Fildes, "Artificial Brain '10 Years Away,'" BBC News, July 22, 2009, <http://news.bbc.co.uk/2/hi/8164060.stm>.
- 13 "It's not a question of years": Jason Palmer, "Simulated Brain Closer to Thought," BBC News, April 22, 2009, <http://news.bbc.co.uk/2/hi/sci/tech/8012496.stm>.
- 14 "This is a Hubble Telescope of the mind . . . it's inevitable": Douglas Fox, "IBM Reveals the Biggest Artificial Brain of All Time," *Popular Mechanics*, December 18, 2009, www.popularmechanics.com/technology/engineering/extreme-machines/4337190.
- 15 "After we solve this": Sally Adey, "Reverse Engineering the Brain," *IEEE Spectrum*, June 2008, <http://spectrum.ieee.org/biomedical/ethics/reverse-engineering-the-brain/0>.
- 16 "Within thirty years": Vernor Vinge, "What Is the Singularity?" straipsnis pristatytas *VISION-21 Symposium*, remtame *NASA Lewis Research Center* ir *Ohio Aerospace Institute*, March 30–31, 1993. Šiek tiek pakeista versija pasirodė *Whole Earth Review*, Winter 1993, <http://mindstalk.net/vinge/vinge-sing.html>.
- 17 "I'd be very surprised if anything remotely like this happened": Tom Abate, "Smarter Than Thou? Stanford Conference Ponders a Brave New World with Machines More Powerful Than Their Creators," *San Francisco Chronicle*, May 12, 2006, http://articles.sfgate.com/2006-05-12/business/17293318_1_ray-kurzweil-machines-artificial-ntelligence.
- 18 "If you could blow the brain up": Kurzweil, p. 376.
- 19 *Philosopher David Chalmers has even catalogued*: <http://consc.net/mindpapers.com>.
- 20 "life may seem pointless if we are fated": Sheffeld, p. 38.
- 21 "One conversation centered": Kurzweil, p. 10.
- 22 "It's not going to be an invasion": Abate, *San Francisco Chronicle*, May 12, 2006.
- 23 "intelligent design for the IQ 140 people": Brian O'Keefe, "The Smartest (or the Nuttiest) Futurist on Earth," *Fortune*, May 2, 2007, http://money.cnn.com/magazines/fortune/fortune_archive/2007/05/14/100008848/.
- 24 "It's as if you took a lot of good food": Greg Ross, "An Interview with Douglas R. Hofstadter," *American Scientist*, January 2007, www.americanscientist.org/bookshelf/pub/douglas-r-hofstadter.

- 25 “*will evolve into socially intelligent beings*”: P. W. Singer, “Gaming the Robot Revolution,” *Slate*, May 21, 2009, www.slate.com/id/2218834/.
- 26 “*When I was a kid*”: Rodney A. Brooks, “Making Living Systems,” in John Brockman, ed., *Science at the Edge: Conversations with the Leading Scientific Thinkers of Today* (New York: Sterling, 2008), p. 250.
- 27 “*My prediction is that by the year 2100*”: Rodney A. Brooks, “Flesh and Machines,” in Denning, p. 63.
- 28 “*At Little League games*”: Pam Belluck, “Burst of Technology Helps Blind to See,” *New York Times*, September 27, 2009, p. A1, [www.nytimes.com/2009/09/27/health/research/27eye.html?_r=1&scp=1&sq=burst of technology&st=cse](http://www.nytimes.com/2009/09/27/health/research/27eye.html?_r=1&scp=1&sq=burst%20of%20technology&st=cse).
- 29 “*It’s great. I have a feeling*”: BBC-TV, October 18, 2009.
- 30 “*Over the next ten to twenty years . . . wireless Internet*”: Rodney A. Brooks “The Merger of Flesh and Machines,” in John Brockman, ed., *The Next Fifty Years* (New York: Vintage, 2002), p. 189.
- 31 “*Fifty years from now . . . Darwinian evolution*”: Ibid., pp. 191–192.
- 32 “*When I try to think of what I might gain*”: Stock, p. 23.

TRČIAS SKYRIUS. MEDICINOS ATEITIS

- 1 “*Biology is today an information science*” David Baltimore, “How Biology Became an Information Science,” Denning, p. 43.
- 2 “*You have to have a strong stomach*” Nicholas Wade, “Cost of Decoding a Genome Is Lowered,” *New York Times*, August 10, 2009, p. D3, www.nytimes.com/2009/08/11/science/11gene.html.
- 3 “*Embryonic stem cells represent*”: Jeanne Lenzer, “Have We Entered the Stem Cell Era?” *Discover*, November 2009, p. 33, http://discovermagazine.com/2009/nov/14-have-we-entered-the-stem-cell-era/article_view?b_start:int=1&-C=.
- 4 “*It’s gorgeous*”: Ibid.
- 5 “*By 2001, there were more than 500*”: Stock, p. 5.
- 6 “*But there have been setbacks*”: Ibid., p. 36.
- 7 “*What we are seeing today*”: Kate Kelland, “Gene Maps to Transform Scientists’ Work on Cancer,” Reuters, December 18, 2009.
- 8 “*Cancer is an army of cells*”: David Baltimore, “How Biology Became an Information Science,” in Denning, p. 54.
- 9 “*Homo sapiens, the first truly free species*”: Kurzweil, p. 195.
- 10 “*Although many genes are likely to be involved in the evolution*”: Stock, p. 108.
- 11 “*It’s as if they remember*”: Jonah Lehrer, “Small, Furry . . . and Smart?” *Nature* 461 (October 2009): 864.
- 12 “*The obstacles to his understanding*”: Ibid.
- 13 “*In fact, scientists believe that there has to be a balance*”: Jonah Lehrer, “Smart Mice,” *The Frontal Cortex*, October 15, 2009, http://scienceblogs.com/cortex/2009/10/smart_mice.php.
- 14 “*We all know that good-looking people do well*”: Sheffeld et al., p. 107.
- 15 “*There is nothing in biology yet found that indicates the inevitability of death*”: Kurzweil, p. 320.
- 16 “*If something like age-1 exists in humans*”: Kaku, p. 211.
- 17 “*Finally, in 2009, the long-awaited results came in*”: Nicholas Wade, “Tests Begin on Drugs That May Slow Aging,” *New York Times*, August 17, 2009, p. D4, www.nytimes.com/2009/08/18/science/18aging.html?ref=caloric_restriction.

- 18 *Scientists have found that sirtuin activators*: Nicholas Wade, "Quest for a Long Life Gains Scientific Respect," *New York Times*, September 29, 2009, p. D4, www.nytimes.com/2009/09/29/science/29aging.html?ref=caloric_restriction.
- 19 *His colleague Sinclair, in fact, admits that he*: Nicholas Wade, "Scientists Find Clues to Aging in a Red Wine Ingredient's Role in Activating a Protein," *New York Times*, November 26, 2008, p. A30, www.nytimes.com/2008/11/27/health/27aging.html?scp=6&sq=sinclair%20resveratrol&st=cse.
- 20 *"In five or six or seven years"*: Wade, "Quest for a Long Life," *New York Times*, September 28, 2009, p. D4, www.nytimes.com/2009/09/29/science/29aging.html?ref=caloric_restriction.
- 21 *"Such interventions may become commonplace"*: Kurzweil, p. 253.
- 22 *"Gradually, our agonizing"*: Stock, p. 88.
- 23 *In 2002, with the best demographic data*: Ciara Curtin, "Fact or Fiction?: Living People Outnumber the Dead," *Scientific American*, March 2007.
- 24 *Every year, 79 million*: Brown, p. 5.
- 25 *"I believe that by 2050"*: Richard Dawkins, *A Devil's Chaplain: Reflections on Hope, Lies, Science, and Love* (New York: Houghton Mifflin Harcourt, 2004), p. 113.
- 26 *Even more interesting is the HAR1 region of the genome*: Katherine S. Pollard, "What Makes Us Human?" *Scientific American*, May 2009, p. 44.
- 27 *This cell would then be reprogrammed to revert*: Nicholas Wade, "Scientists in Germany Draft Neanderthal Genome," *New York Times*, February 12, 2009, p. A12, www.nytimes.com/2009/02/13/science/13neanderthal.html?scp=3&sq=neanderthal&st=cse.
- 28 *"Are you going to put them in Harvard"*: Ibid.
- 29 *"will doubtless raise"*: Dawkins, p. 114.
- 30 *"A year ago I would have said"*: Kate Wong, "Scientists Sequence Half the Woolly Mammoth's Genome," *Scientific American*, January 2009, p. 26, www.scientificamerican.com/article.cfm?id=woolly-mammoth-genome-sequenced.
- 31 *"Traditional Darwinian evolution now produces"*: Stock, p. 183.

KETVIRTAS SKYRIUS. NANOTECHNOLOGIJA

- 1 *"The grandest dream of nanotechnology"*: Carl T. Hall, "Brave New Nano- World Lies Ahead," *San Francisco Chronicle*, July 19, 1999, http://articles.sfgate.com/1999-07-19/news/17694442_1_atom-molecules-nanotech.
- 2 *"Eventually, the goal is not just to make computers"*: Ibid.
- 3 *"Nanotechnology has the potential"*: quoted in Kurzweil, p. 226.
- 4 *The key to these nanoparticles is their size*: James R. Heath, Mark E. Davis, and Leroy Hood, "Nanomedicine—Revolutionizing the Fight Against Cancer," *Scientific American*, February 2009, p. 44.
- 5 *"Because the self- assembly doesn't require"*: Emily Singer, "Stealthy Nanoparticles Attack Cancer Cells," *Technology Review*, November 4, 2009, www.technologyreview.com/business/23855/.
- 6 *"It's basically like putting"*: "Special Gold Nanoparticles Show Promise for 'Cooking' Cancer Cells," www.eurekalert.org/pub_releases/2009-03/acs-sgn030909.php.
- 7 *Yet another way to steer a molecular machine*: Thomas E. Mallouk and Ayusman Sen, "How to Build Nanotech Motors," *Scientific American*, May 2009, p. 72.
- 8 *"Today, it takes a room filled with computers"*: Katherine Harmon, "Could a Microchip Help to Diagnose Cancer in Minutes," *Scientific American* blog post, September 28,

PASTABOS

- 2009, <http://www.scientificamerican.com/blog/post.cfm?id=could-a-microchip-help-to-diagnose-2009-09-28>.
- 9 *The question—When will Moore’s law collapse?—sends shudders*: *Electronic News*, September 18, 2007, www.edn.com/article/CA647968.
 - 10 *“We see that for at least the next fifteen to twenty”*: *Electronic News*, July 13, 2004. Taip pat žiūrėti: Kurzweil, p. 112, ir www.nanotech-now.com/news.cgi?story_id=04803.
 - 11 *“From the point of view of physics”*: Alexis Madrigal, “Scientist Builds World’s Smallest Transistor, Gordon Moore Sighs with Relief,” *Wired*, www.wired.com/wiredscience/2008/04/scientists-built/.
 - 12 *“It’s about the smallest”*: Ibid.
 - 13 *“By 2050, we will surely have found ways to achieve”*: Vint Cerf, “One Is Glad to Be of Service,” in Denning, p. 229.
 - 14 *“Think of a mobile device”*: Sharon Gaudin, “Intel Sees Future with Shape-shifting Robots, Wireless Power,” *Computerworld*, August 22, 2008, www.computerworld.com/s/article/9113301/Intel_sees_future_with_shape_shifting_robots_wireless_power?taxonomyId=12&pageNumber=2.
 - 15 *“Sometime over the next forty years”*: Ibid.
 - 16 *“Why not?”*: Ibid.
 - 17 *“Much like you can’t make a boy and a girl fall in love”*: Rudy Baum, “Nanotechnology: Drexler and Smalley Make the Case for and Against ‘Molecular Assemblers,’” *Chemical & Engineering News* 81, December 1, 2003, pp. 37–42, <http://pubs.acs.org/cen/coverstory/8148/8148counterpoint.html>.
 - 18 *“If a self-assembler ever does become possible”*: BBC/Discovery Channel, *Visions of the Future*, Part II, 2007.
 - 19 *“Nanotechnology will thrive, much as photolithography thrives”*: Rodney A. Brooks, “Flesh and Machines,” in Denning, p. 63.

PENKTAS SKYRIUS. ENERGIJOS ATEITIS

- 1 *the world consumes about 14 trillion watts of power*: Kurzweil, p. 242.
- 2 *U.S. oil reserves were being depleted so rapidly*: www.mkinghubbert.com/speech/prediction.
- 3 *“Food and pollution are not”*: Sheffeld, p. 179.
- 4 *China will soon surpass the United States in wind power*: www.gwec.net/index.php?id=125.
- 5 *“All the geniuses here at General Motors”*: Tad Friend, “Plugged In,” *The New Yorker*, August 24, 2009, pp. 50–59.
- 6 *“You put your hand over the exhaust pipe”*: “GM Convinced the Future Is in Fuel Cells,” CBS News, September 11, 2009, www.cbsnews.com/stories/2009/09/11/tech/main5302610.shtml?tag=mncol;lst;6.
- 7 *The plant will occupy 200 acres*: Business Wire, www.businesswire.com/portal/ge/index. Taip pat žiūrėti: www.swampfox.ws/node/26502.
- 8 *Greenland’s ice shelves shrank by twenty-four square miles*: Brown, p. 63.
- 9 *Large chunks of Antarctica’s ice, which have been stable*: Brown, p. 64.
- 10 *According to scientists at the University of Colorado*: Brown, p. 65.
- 11 *In 1900, the world consumed 150 million*: Brown, pp. 56–57.
- 12 *“Envision Pakistan, India, and China”*: Peter Schwartz and Doug Randall, “An Abrupt Climate Change Scenario and Its Implications for United States National Security,” Global Business Network, October 2003, p. 18. PDF preinamas www.gbn.com/search.php?topn

- avSearch=envison+pakistan%2C+india&cx=0&y=0.
- 13 *countries bound by the London Convention*: Cornelia Dean, "Experts Ponder the Hazards of Using Technology to Save the Planet," *New York Times*, August 12, 2008, p. F4, www.nytimes.com/2008/08/12/health/12iht-ethics.3.15212327.html?_r=1&scp=10&sq=planktos&st=cse.
 - 14 *The liquefied gas will be injected*: Matthew L. Wald, "Refitted to Bury Emissions, Plant Draws Attention," *New York Times*, September 29, 2009, p. A19, www.nytimes.com/2009/09/22/science/earth/22coal.html?ref=american_electric_power_company.
 - 15 "We view the genome as the software. . . . There are think this field": J. Craig Venter, citata iš *Oil and Repair, Hydrogen, Nuclear Fuel, Renewable and Green* editors of Scientific American (Guilford, Conn.: 2007), 220–221. From Venter's presentation "Synthetic Genomics" Synthetic Biology (SB2.0), Berkeley, California, 2006. Prieinamas http://webcast.berkeley.edu/event_15766.
 - 16 "carbon bank": Freeman J. Carbon Dioxide in the Atmosphere? *Energy* 2 (1977): 235 *An 8-ounce glass of* 158.
 - 17 "I know what the Lapp, citata iš "Perón's Atom," *Time*, April 2, 1951, www.time.com/time/magazine/article/0,9171,814503,00.html.
 - 18 "Less than 239 "Even if Wayt Gibbs, "Plan B for Energy: 8 Revolutionary *Scientific American*, September 2006; perspausdinta April pril 2, 2009, www.scientificamerican.com/article.cfm?id=plan-b-for-energy-8-ideas.
 - 19 "A decade ago": Ibid.
 - 20 *If the pellet is irregular by more than 50 nanometers*: Seife, p. 211.
 - 21 *it will weigh 23,000 tons . . . ten times the amount of energy*: ITER, www.iter.org/factsfigures.
 - 22 *The ITER is still just a science project*: Gibbs, "Plan B," *Scientific American*, September 2006.
 - 23 "SSP offers a truly sustainable": Editors of Scientific American, *Oil and the Future of Energy*, p. 217.
 - 24 Ben Bova, writing in the Washington Post: Ben Bova, "To the Next President" (originaliai pavadintas "An Energy Fix Written in the Stars," guest editorial, *Washington Post*, October 12, 2008), www.nss.org/settlement/ssp/bova.htm.
 - 25 "It sounds like a science fiction cartoon": *International Herald Tribune*, September 2, 2009, p. 14. Taip pat žiūrėti: Shigeru Sato ir Yuji Okada, "Mitsubishi, IHI to Join \$21 Bln Space Solar Project," August 31, 2009; www.bloomberg.com/apps/news?pid=newsarchive&sid=aJ529lsdk9HI.
 - 26 "These expenses": Shigeru Sato and Yuji Okada, "Mitsubishi, IHI to Join \$21 Bln Space Solar Project," Bloomberg, August 31, 2009, www.bloomberg.com/apps/news?pid=newsarchive&sid=aJ529lsdk9HI.

ŠEŠTAS SKYRIUS. KOSMINIŲ KELIONIŲ ATEITIS

- 1 *One possibility is the Europa Ice Clipper Mission*: http://science.nasa.gov/science-news/science-at-nasa/1999/ast02feb99_1/.
- 2 *One game changer has been the discovery of ancient ice*: <http://lcross.arc.nasa.gov>.
- 3 "This is an uncertain market": *New York Times*, September 16, 2010, p. A3.
- 4 *Physicist Freeman Dyson has narrowed down some experimental technologies*: Dyson, pp. 88–99.
- 5 "For transmission lines": Katherine Bourzac, "Making Carbon Nanotubes into Long Fibers," *Technology Review*, November 10, 2009, www.technologyreview.com/energy/23921/.

PASTABOS

- 6 *Initially, the task was so difficult that no one won the prize*: BBC-TV, November 5, 2009.
- 7 *But finally, in May 2010, the Japan Aerospace Exploration Agency*: <http://en.wikipedia.org/wiki/Ikaros>.
- 8 *"For me, Orion . . . 2,000 bombs"*: Nicholas Dawidoff, "The Civil Heretic," *New York Times*, March 25, 2009, www.nytimes.com/2009/03/29/magazine/29Dyson-t.html?pagewanted=7&r=1.
- 9 *"The exploration of the solar system"*: Vint Cerf, "One Is Glad to Be of Service," in Denning, pp. 229–230.
- 10 *In 2007 and 2009, the Air Force released position papers detailing*: Scott A. Dickson, "Enabling Battlespace Persistent Surveillance: The Form, Function and Future of Smart Dust," April, 2007 (Blue Horizon Paper, Center for Strategy and Technology, Air War College).

SEPTINTAS SKYRIUS. TURTO ATEITIS

- 1 *"The great Islamic civilization went into decline when Muslim scholars"*: Umi Hani Sharani, "Muslims Almost Totally Dependent on Others, Says Mahathir," Muslim Institute, April 15, 2006, www.musliminstitute.com/article.php?id=499.
- 2 *"Heavens, no. It will be a hundred years"*: William J. Holstein, "To Gauge the Internet, Listen to the Steam Engine," *New York Times*, August 26, 2001, <http://www.nytimes.com/2001/08/26/business/26SVAL.html?scp=1&sq=%22to%20gauge%20the%20internet%22&st=cse>.
- 3 *"attribute 90 percent of income growth in England and the United States"*: Virginia Postrel, "Avoiding Previous Blunders," *New York Times*, January 1, 2004, www.nytimes.com/2004/01/01/business/01scene.html.
- 4 *"A century ago, railroad companies"*: Ibid.
- 5 *"In the 19th century"*: Thomas L. Friedman, "Green the Bailout," *New York Times*, September 28, 2008, p. WK11, www.nytimes.com/2008/09/28/opinion/28friedman.html.
- 6 *From 1900 to 1925, the number of automobile start-up companies*: Steve Lohr, "New Economy; Despite Its Epochal Name, the Clicks- and- Mortar Age May Be Quietly Assimilated," *New York Times*, October 8, 2001, www.nytimes.com/2001/10/08/business/new-economy-despite-its-epochal-name-clicks-mortar-age-may-be-quietly.html?scp=30&sq=automobile&st=nyt.
- 7 *"The early 21st century saw a boom"*: Ibid.
- 8 *"The do-it-yourself model"*: Charles Gasparino, "Merrill Lynch to Offer Online Trading," ZDNet News, June 1, 1999, www.zdnet.com/news/merrill-lynch-to-offer-online-trading/95883.
- 9 *"Rarely in history has the leader in an industry"*: Ibid.
- 10 *"In practice, the vast bulk of this 'information' "*: McRae, p. 175.
- 11 *"Today, knowledge and skills"*: Thurow, p. 68.
- 12 *"With everything else dropping out of the competitive equation"*: Thurow, p. 74.
- 13 *"in 1991 Britain became"*: McRae, p. 12.
- 14 *"After correcting for general inflation"*: Thurow, p. 67.
- 15 *"The prolonged migration"*: James Grant, "Sometimes the Economy Needs a Setback," *New York Times*, September 9, 2001, www.nytimes.com/2001/09/09/opinion/sometimes-the-economy-needs-a-setback.html.
- 16 *"Success or failure depends"*: Thurow, p. 72.
- 17 *"The old motors of growth"*: McRae, pp. 12–13.
- 18 *"we are told by the World Bank that nearly 2.8 billion people"*: Toffler, p. 288.

AŠTUNTAS SKYRIUS. ŽMONIJOS ATEITIS

- 1 *"People will inevitably start to look around them"*: Kenichi Ohmae, *The End of the Nation State: The Rise of Regional Economies* (Free Press, 1995), p. 45.
- 2 *"It is impossible to imagine the height to which may be carried"*: Benjamin Franklin, letter to Joseph Priestley, citata iš Cornish, p. 173.
- 3 *"Science is organized knowledge. Wisdom is organized life"*: http://www.brainyquote.com/quotes/authors/i/immanuel_kant_2.html.
- 4 *"The saddest aspect of society right now"*: http://www.brainyquote.com/quotes/topics/topic_science4.html.
- 5 *"Democracy is the worst form of government"*: <http://www.brainyquote.com/quotes/keywords/democracy.html>.
- 6 *"Democracy is a device that ensures we shall be governed"*: http://www.brainyquote.com/quotes/authors/g/george_berndard_shaw_2.html.
- 7 *"History is more or less bunk"*: citata iš Rhodes, p. 61.

DEVINTAS SKYRIUS. VIENA 2100 M. DIENA

- 1 *"The Roots of Violence"*: http://thinkexist.com/quotation/the_roots_of_violence-wealth_without_work/191301.html.

RODYKLĖ

A

Abrahamsas, Polas (*Paul Abrahams*)
83

adenozin-5'-trifosfatas 201

AIBO robotas 101

Alinas, Polis (*Paul Allen*) 294, 364

Andruzas, Deinė (*Dana Andrews*)
307

„Angelai ir demonai“ (*Angels and De-
mons*) (romanas) 308

anglies izoliavimas 251

anglies nanovamzdeliai 205, 206,
209, 299, 301

antimedžiaga 16, 307–310

Apofis, asteroidas 284, 285

Arcutanovas, Jurijus (*Юрий Ар-
танов*) 299

Armstrongas, Nilas (*Neil Armstrong*)
281

ASIMO robotas 80–82, 93, 95, 97,
127

ASPM genas 175

Atala, Antonis (*Anthony Atala*) 143

ateities prognozavimas 113

atgalinės sklaidos rentgeno spinduliai
60, 61

atliekų sąvartynas 239

atominės jėgos mikroskopas 195

audinių inžinerija (organų persodini-
mas) 136, 141, 142, 145, 169

Augustino komisijos ataskaita 283–
286

ausies sraigės implantai 126

automobiliai 18, 20, 41, 43, 81, 155,
227, 228, 234–237, 252, 270,
283, 355

automobiliai be vairuotojo 40–42,
80, 81, 84, 91

Avatar („Įsikūnijimas“) (filmas) 77,
127, 278, 332

Azimovas, Aizekas (*Isaac Asimov*)
119, 120, 281, 372

B

Back to the Future („Atgal į ateitį“) (filmas) 264, 270

Badilakas, Stivenas (*Stephen Badylak*)
146

Baklis, Viljamas F. (*William F. Buck-
ley*) 33

bakteriologinis karas 186, 188

Baltimoras, Deividas (*David Balti-
more*) 71, 134, 138, 153

Basardas, Robertas V. (*Robert W. Bus-
sard*) 306, 307

- Benfordas, Gregoris (*Gregory Benford*) 159
- besivystančios šalys 342, 343, 346
- Binigas, Gerdas (*Gerd Binnig*) 195
- Bioinformatika 140
- Birbaumeris, Nilsas (*Niels Birbaumer*) 67
- fon Bismarkas, Otas (*Otto von Bismarck*) 359
- biuras be popieriaus 26, 27, 185
- Blade Runner* („Bėgantis skustuvo ašmenimis“) (filmas) 119
- Blue Gene* kompiuteris 105, 106, 108
- Blumichas, Bernardas (*Bernhard Blümich*) 74
- Boeing Corporation* (kompanija) 295
- Boldvinas, Deividas E. (*David E. Baldwin*) 257
- Bova, Benas (*Ben Bova*) 227, 273
- Boys from Brazil, The* („Berniukai iš Brazilijos“) (filmas) 180
- BrainGate* įtaisas 9, 65, 66
- branduolinės atliekos 238, 239, 253, 257
- branduolinės jėgos (stiprioji ir silpnoji) 321
- branduolių skaldymas 253, 305
- Bransonas, Ričardas (*Richard Branson*) 294
- Braunas, Danas (*Dan Brown*) 308
- Braunas, Lesteris (*Lester Brown*) 172
- Brave New World* (*Huxley*) 182, 396
- Breneris, Sidnis (*Sidney Brenner*) 175
- Bruksas, Rodnis (*Rodney Brooks*) 121–123, 125, 126, 225
- Bryzyl, Sintija (*Cynthia Breazeal*) 100
- burbulai ir krachai 324
- būriavimosi strategija 311
- Bušas, Džordžas V. (*George W. Bush*) 283
- C**
- Chanas, A. K. (*A. Q. Khan*) 241
- Chan dinastija Kinijoje 160
- Chemoterapija 198
- Chevy Volt* 235
- chirurgija 96, 97, 159, 202
- Cienas, Džozefas (*Joseph Tsien*) 155
- Ciolkovskis, Konstantinas (Константин Циолковский) 299
- Constellation Program* 283, 286
- COROT* palydovas 276, 364
- CYC* projektas 88
- Č**
- Čalmersas, Deividas (*David Chalmers*) 111
- Čarlzas, Velso princas 222
- Čerčas, Džordžas (*George Church*) 177
- Čerčilis, Vinstonas (*Winston Churchill*) 15, 34, 372
- Čiprianis, Kristianas (*Christian Cipriani*) 238
- D**
- Daimandis, Piteris (*Peter Diamandis*) 297

RODYKLĖ

- Daisonas, Frymanas (*Freeman Dyson*) 252, 296, 297, 305, 348, 366
 Daisono sfera 361
 Damazijus, Antonijus (*Antonio Damasio*) 99
 Danehu, Džonas (*John Donoghue*) 65, 66
 darbo vietų rinka 239
 Da Vinci robotų sistema 96
Dawn kompiuteris 106, 107
 debesų kompiuterija 46, 323, 335
Deep Blue kompiuteris 84, 131
 Deivisas, Stivenas (*Stephen Davies*) 144
 didžiųjų imperijų iškilimas ir nuosmukis 317
 dinozaurų prikėlimas 174, 178
 dirbtinis regėjimas 123
 Djuelis, Čarlzas H. (*Charles H. Duell*) 21
 DNR kompiuteriai 212
 DNR mikroschemos 49, 92, 142, 153, 202, 204
 Dokinas, Ričardas (*Richard Dawkins*) 174, 176, 179
 „Doriano Grėjaus portretas“ (*The Picture of Dorian Gray*) 161
 draugiškas dirbtinis intelektas 118, 120, 121
 Dreksleris, Erikas (*Eric Drexler*) 218, 220
 dumblių žydėjimas 251
 Dynas, Tomas (*Thomas Dean*) 82
 Džangas, Dzin (*Jin Zhang*) 200
 Džangas, Pei (*Pei Zhang*) 315
 Džojus, Bilas (*Bill Joy*) 222
 Džonsonas, Lesas (*Les Johnson*) 303
 Džonsonas, Tomas (*Thomas Johnson*) 162
E
Ebola virusas 182
 Edisonas, Tomas (*Thomas Edison*) 23, 230, 232, 321, 322, 325, 330
 EEG technologijos 67, 68, 71, 72, 76
 Einšteinas, Albertas (*Albert Einstein*) 15, 23, 122, 132, 194, 232, 280, 306, 309, 362, 371
 Eizenhaueris, Dvaitas (*Dwight Eisenhower*) 22
 Ekenstamas, Robinas (*Robin Ekenstam*) 124, 125
 ekspertinės sistemos 91, 92
 Elbonas, Džonas (*John Elbon*) 295
 elektriniai automobiliai 230
 elektroencefalograma 67
 elektromagnetinis impulsas 211
 emociniai robotai 98, 99, 101
 entropija 161, 366
 estrogenas 162
 euristika 91, 92
 Europos iškilimo veiksnys 319
F
Fantastic Voyage („Fantastinė kelionė“) (filmas) 197
 Faradėjus, Maiklas (*Michael Faraday*)

- 23, 321
 Farnsvortas, Filas (*Philo Farnsworth*) 265
 Farokzadas, Omidas (*Omid Farokhzad*) 199
 Feinmenas, Ričardas (*Richard Feynman*) 189, 191, 192, 195
 Feodalizmas 223
Flash Gordon („Flešas Gordonas“) (serialas) 15, 352
 Fleišmanas, Martinas (*Martin Fleischmann*) 255, 256, 266
 fon Noimanas, Džonas (*John von Neumann*) 116, 131
Forbidden Planet („Uždraustoji planeta“) (filmas) 30, 77
 Fordas, Henris (*Henry Ford*) 230, 334, 373
 formos keitimo technologija 213
Fountains of Paradise, The (Clarke) 299
 Franklinas, Bendžaminas (*Benjamin Franklin*) 370
 Freitas, Robertas A. (*Robert A. Freitas Jr.*) 169
Frida (*Heinlein*) 299
 Frišas, Maksas (*Max Frisch*) 36
 Frydmanas, Džošua (*Joshua Freedman*) 68
 Frydmanas, Tomas (*Thomas Friedman*) 325
- G**
 Galilėjus, Galileo (*Galileo Galilei*) 278, 280
 Gandis, Mahatma (*Mahatma Gandhi*) 390
 Gardžinis, Paolas (*Paolo Gargini*) 206
 garo energija 18, 22, 235, 351
 Garo, Želis (*Joel Garreau*) 223
 Gasparinas, Čarlzas (*Charles Gasparino*) 328
 Geimas, Andrejus (*Андрей Гейм*) 209
 geležinkeliai 323
 genų terapija 148–150, 153, 154, 157, 170
 Gerišas, Haroldas (*Harold Gerrish*) 310
Ghost („Vaiduoklis“) (filmas) 193
 Gibsonas, Viljamas (*William Gibson*) 20
 Gilbertas, Danielis (*Daniel Gilbert*) 157
 Gilbertas, Valteris (*Walter Gilbert*) 142
 gimdymų reguliavimas 172, 370
 gitara, atominė 197
 Glazeris, Piteris (*Peter Glaser*) 272
 globalinis atšilimas 243, 247, 253
 Godardas, Robertas (*Robert Goddard*) 21, 296
 Goldšteinas, Setas (*Seth Goldstein*) 10, 216
Good Will Hunting („Gerasis Vilas Hantingas“) (filmas) 136
 Gordonas, Džonas Styliš
 grafenas 209, 210
 Grantas, Džeimsas (*James Grant*) 340

RODYKLĖ

Gravitacija (sunkio jėga) 262, 278, 288, 313
 gripo virusas 181, 186, 187
 gyventojų skaičiaus didėjimas 170–173
 Gvarentė, Leonardas P. (*Leonard P. Guarente*) 165

H

Hakslis, Oldas (*Aldous Huxley*) 182, 183
 Halėjaus kometa 291
 Hapgūdas, Fredas (*Fred Hapgood*) 102
 HAR genomo regionas 175, 176
 Hazeltainas, Viljamas (*William Hartseltine*) 167
 Hebo taisyklė 155
 Heifliko riba 169
 Heinleinas, Robertas (*Robert Heilein*) 299
 Hekleris, Ričardas (*Richard Heckler*) 85
 Hendriksas, Džonas (*John Hendricks*) 235
 Hercbergas, Abrahamas (*Abraham Hertzberg*) 297, 298
 Hobsas, Tomas (*Thomas Hobbes*) 370
 Hofertas, Martinas (*Martin Hoffert*) 273,
 Hofštateris, Daglas (*Douglas Hofstadter*) 111, 115, 118
 Hokingas, Stivenas (*Stephen Hawking*) 66
 hologramos 63, 64
 homunkulas 103,

Honey, I shrunk the Kids („Brangioji, aš sumažinau vaikus“) (filmas) 191
 Horvicas, Erikas (*Eric Horvitz*) 80
 Hubertas, M. Kingas (*M. King Hubert*) 228
 Hudas, Lerojus (*Leroy Hood*) 205
 Huseinas, Sadamas (*Saddam Hussein*) 241

I

IKAROS erdvėlaivis 305
 Ilgaamžiškumas 118, 163, 168
Incredible Shrinking Man, The (filmas) 191
 Ingolas, Džonas (*John J. Ingalls*) 21
 intelektinis kapitalizmas 336–339, 341, 356
 internetas 26–28, 35–38, 44, 50, 119, 127, 183, 323, 326, 336, 343, 353, 257, 272
I, Robot („Aš, robotas“) (filmas) 120
 įsikūnijimai 77, 126, 127
 iškastinis kuras 227–229, 231, 234, 237, 243, 245, 253, 263, 273, 278
 islamistai teroristai 361
 išmaniosios dulkės 311, 312
 išmetamieji kompiuteriai 45
 išmintis 18, 50, 91, 329, 331, 341, 369, 371, 372, 374
 išnykusių gyvybės formų prikėlimas 174, 178
 „Iš Žemės į Mėnulį“ (*De la terre a la lune*) (Vernas) 19

J

Jangas, Laris (*Larry Young*) 156, 157
 Jošida, Hirošis (*Hiroshi Yoshida*) 274
 Judkovskis, Eliazaras (*Eliezer Yudkowsky*) 120
 „Julijus Cezaris“ (*Julius Caesar*) (Šekspyras) 373
 Jungtinės Valstijos 42, 53, 54, 93, 137, 141, 146, 151, 183, 228, 229, 232, 233, 236–239, 250, 251, 254, 263, 272, 324
 juodligė 188
Jurassic Park („Juros periodo parkas“) (filmas) 174
 Jurgis III, Anglijos karalius 148

K

Kajus, Kendrikas (*Kendrick Kay*) 68, 69
 kalbos 177, 254
 kalorijų ribojimas 164, 165
 Kambelas, Džeisonas (*Jason Campbell*) 214
 Kambelas, E. Maiklas (*E. Michael Campbell*) 259
 Kameronas, Džeimsas (*James Cameron*) 278
 kamieninių ląstelių technologija 144
 Kantas, Imanuelis (*Immanuel Kant*) 372
 Kantonas, Džeimsas (*James Canton*) 227
 Kapitalizmas 223, 333–335, 337, 341, 356
 Kaporas, Mičas (*Mitch Kapor*) 118

Karas 18, 181, 186, 188, 281, 293, 357, 359
 Kardašovas, Nikolajus (*Николай Кардашов*) 351, 353, 365
 Kaso, Žamė (*Jamais Cascio*) 225
 Kasparovas, Garis (*Garry Kasparov*) 84
 kasybos darbai kituose pasauliuose 293
 „Kas yra gyvybė?“ (*What Is Life?*) (Šrėdingeris) 137
 katomai 214–217
 Keler, Helena (*Helen Keller*) 32
 Keli, Šana (*Shana Kelley*) 204
 Kenedis, Polas (*Paul Kennedy*) 319
 Kensukė, Kanekijas (*Kensuke Kaneiyo*) 273
 Keplerio misijos teleskopas 276
 Kerfas, Vintas (*Vint Cerf*) 212, 311
 Kinija 140, 160, 232, 249, 250, 263, 270, 318–320, 339, 340, 341, 343, 345, 346
KISMET robotas 100
 Klarkas, Artūras K. (*Arthur C. Clarke*) 299
 fon Klauzevicas, Karlas (*Carl von Clausewitz*) 359
 Kleinas, Ričardas (*Richard Klein*) 176, 177
 klonavimas 49, 146, 147, 148, 183
 Kolinzas, Fransis (*Francis Collins*) 148
 kometos 24, 288, 291, 292, 320, 361, 387
 kompiuteriai 23, 32, 36, 43, 45, 48,

RODYKLĖ

- 50, 64, 73–75, 86, 92, 102, 114,
140, 213, 266, 323, 338, 365, 379
- kompiuterinė animacija 332, 333
- kompiuterių pajėgumo augimas
(Mūro dėsnis) 33, 34, 36, 50, 51,
53, 54, 85, 130, 139, 191, 204,
206, 208, 230, 323
- kopijuokliai 217, 219, 221–226
- kosminės kelionės 185, 281, 282,
362, 369, 389
- kosminis liftas 298, 299–302, 369,
375
- kosmoso civilizacijos 351
- Krausas, Maiklas E. (*Michael E. Krauss*) 354
- Krikas, Fransis (*Francis Crick*) 137
- Krucenas, Polas (*Paul Crutzen*) 250
- krūties vėžys 162
- Kuekis, Filipas (*Philip Kuekes*) 190
- Kurcveilis, Rėjus (*Ray Kurzweil*)
116–118
- kuro elementų automobiliai 235–
237
- kvantinė teorija 23, 25, 54, 137,
138, 191, 193, 194, 207, 211,
256, 379
- kvantiniai kompiuteriai 210, 211
- kvantinių taškių kompiuteriai 212
- Kveikas, Stivenas R. (*Stephen R. Quake*) 139
- L**
- LAGR* 90, 91, 95
- Lagranžo taškai 284
- laikraščiai 15, 20, 255, 284, 331, 335
- Lanca, Robertas (*Robert Lanza*) 135,
136, 144, 174, 180
- Lapas, Ralfas (*Ralph Lapp*) 255
- Laser-Motive* grupė 302
- ląstelės telomerai 168, 169
- lazerinės varymo sistemos 296, 297,
303
- lazerinė termobranduolinė sintezė
227, 253, 254, 255–266, 292,
303, 306–308, 321, 375, 378
- lazerinis urano sodrinimas 241, 242
- Leibnicas, Gotfridas (*Gottfried Leibniz*) 111
- Lekunas, Janas (*Yann LeCun*) 90
- Lenas, Džėjus (*Jay Leno*) 103
- lietimo technologija 47
- ligų išvengimas 185
- Li Kuanas Ju (*Lee Kuan Yew*) 346
- Lylientalis, Devidas (*David Lilienthal*) 255
- Loidas, Setas (*Seth Lloyd*) 211
- lokomotyvas 22, 61, 122, 321, 323,
324, 325, 351
- Lucas, Robertas (*Robert Lutz*) 235
- Lurija, A. R. (Luria, A. R.) 158
- Lutvakas, Edvardas (*Edward Luttwak*) 359
- M**
- Maes, Pati (*Pattie Maes*) 60
- magnetinės levitacijos (magleviniai)
270
- magnetinio rezonanso tomografija
(MRT) 68, 321

- magnetinis laukas 73–77, 211, 222, 231, 257, 260–262, 268–270, 306
- maisto gamyba 171
- Makginis, Deivis (*Dave McGinnis*) 309
- Makrajus, Hamišas (*Hamish McRae*) 331, 342
- Maksvelis, Džeimsas Klarkas (*James Clerk Maxwell*) 23, 321
- Maltusas, Tomas (*Thomas Malthus*) 171
- Malukas, Tomas (*Thomas Mallouk*) 201
- mamutai 177, 178
- de Kondorsė, Markizas (*Marquis de Condorcet*) 370, 371
- Markramas, Anri (*Henry Markram*) 106
- Marsas 47, 91, 128, 185, 274, 277, 281–286, 288–293, 303, 309, 316, 317, 369, 375, 378
- Martelis, Silvenas (*Silvain Martel*) 201, 202
- Matrix* („Matrica“) filmai 110, 332
- medicina 137, 138, 319, 321
- melo detektoriai 72, 73
- Men in Black* („Vyrų juodais drabužiais“) (filmas) 194
- Merger of Flesh and Machines, The* (Brooks) 123
- Merrill Lynch* kompanija 328
- metano dujos 249, 291, 297
- miestai be gyventojų 28
- mikroelektromechaninės sistemos (*MEMS*) 196, 197
- Mileris, Vebas (*Webb Miller*) 177
- minčių skaitymas 67, 71, 72, 74
- Minskis, Marvinas (*Marvin Minsky*) 79
- Mirabas, Leikas (*Leik Mirabo*) 296
- Mišelis, Valteris (*Walter Mischel*) 113
- Moda, Darmendra (*Dharmendra Modha*) 106
- moduliniai robotai 94–96, 214
- Mohamadas, Mahatiras (*Mahathir Mohamad*) 318
- Moras, Tomas (*Thomas More*) 224
- Moravecas, Hansas (*Hans Moravec*) 88, 115, 128
- Morfut, Linda (*Linda Morfoot*) 124
- Mouzis, Edvardas (*Edward Moses*) 259
- MRI-MOUSE* 74, 75
- Mūras, Gordonas (*Gordon Moore*) 33
- Mūro dėsnis 33, 34, 36, 50, 51, 53, 54, 85, 130, 139, 191, 204, 206, 208, 230, 323
- Mysenbėkas, Geras (*Gero Miesenböck*) 104
- N**
- Nadžmabadis, Farokas (*Farrokh Najmabadi*) 257, 263
- nafta 227–234, 237, 239, 245, 252, 253, 301, 352
- nanoautomobiliai 200, 201
- nanobotai 217–220, 222, 223
- nanodalelės 141, 152, 196, 198–

RODYKLĖ

200, 203, 220, 312, 381
 nanomechanizmai mūsų kūnuose
 197, 202
 nanostrypeliai 201
 nanotechnologija 25, 31, 55, 141,
 169, 189–191, 193, 196, 198,
 200, 202, 205, 213, 217, 218,
 222, 225, 298, 300, 310, 311,
 314, 326, 363, 367, 368, 373
 nanožvaigždėlaiviai 313–315
 neandertalietis 176, 177
 nematomumas 55
 nervų tinklai 125, 143
 nešančiosios raketos 274, 286, 289,
 294, 296, 312
 nesvarumas 19, 288,
New York Times 21, 80, 254, 325
 Nikolelis, Migelis (*Miguel A. L. Ni-
 colelis*) 67
 Niksonas, Ričardas (*Richard Nixon*)
 151
 Niutonas, Izaokas 22, 132, 180, 262,
 282, 319–321
 fon Noimanas, Džonas (*John von
 Neumann*) 116, 131, 362, 363
 Novosiolovas, Konstantinas
 (Константин Новоселов) 209
 nusileidimas į asteroidą 283
 nuskaitantis tunelinis mikroskopas
 195
 Nykis, Nikolas (*Nikolas Neecke*) 58

O

Obama, Barakas (*Barack Obama*)
 239, 273, 283, 287, 289, 295
 Ohmajis, Keničis (*Kenichi Ohmae*)
 355
 Oldrinas, Bazas (*Buzz Aldrin*) 281,
 289
 O'Nilas, Džeradas (*Gerard O'Neill*)
 294
 optiniai kompiuteriai 212
 optogenetika 103, 104
Orion projektas 243, 286, 287, 305,
 306
 Orvelas, Džordžas (*George Orwell*)
 336, 372
 Otomanų imperija 318, 319

P

PAMELA palydovas 310
 panašių į Žemę planetų iešiklis 277
 Parvizas, Babakas (*Babak A. Parviz*)
 38–40
 „Paryžius XX amžiuje“ (Žiulis Ver-
 nas) 18
 Paskvalis, Matėjas (*Matteo Pasquali*)
 301
 Pasteras, Luji (*Louis Pasteur*) 189
 Pebas, Svantė (*Svante Pääbo*) 176
 Pekas, Meisonas (*Mason Peck*) 313
 Penfyldas, Vailderis (*Wilder Penfield*)
 103
 Peronas, Chuanas (*Juan Perón*) 254
 planetos už Saulės sistemos ribų 276
 Planko energija 362
 Podžis, Tomazas (*Tomaso Poggio*) 88
 Ponsas, Stenlis (*Stanley Pons*) 255,
 256, 266

popierius 36, 45, 32–324

Popular Mechanics (žurnalas) 34

Poustas, Stivenas (*Post Steven*) 374

Postrel, Virginija (*Virginia Postrel*) 325

pramogų verslas 26

Predator bepiločiai lėktuvai 35, 80, 81, 120, 312

Principia (Niutonas) 320

protezai 125

protingi robotai 83, 116, 119, 131

protų nutekėjimas 345

Purnelis, Džeris (*Jerry Pournelle*) 230

Pykas, Kimas (*Kim Peek*) 131

R

Rasputinas, Grigorijus (*Григорий Распутин*) 149

Ratanas, Bertas (*Burt Rutan*) 294

Ratneris, Džastinas (*Justin Rattner*) 215

Reiganas, Ronaldas (*Ronald Reagan*) 355

reliatyvumo teorija 23

resveratrolis 165–167

Richteris, Ronaldas (*Ronald Richter*) 254–256, 266

Roreris, Heinrichas (*Heinrich Rohrer*) 195

Rouzas, Maiklas (*Michael Rose*) 162

RP-6 mobilus robotas 93

Rubinas, Geris (*Gerry Rubin*) 108

Ryvas, Kristoferis (*Christopher Reeve*) 144

S

Saganas, Karlas (*Carl Sagan*) 275, 352, 365

Saimenis, Čarlzas (*Charles Simonyi*) 295, 349

Salivanas, Markas (*Mark Sullivan*) 20

sapnų fotografavimas 69

Sasmenas, Džeraldas (*Gerald Sussman*) 134

saulės burės 304–305

saulės energija 233, 234, 272, 273

Senas, Ajusmanas (*Ayusman Sen*) 201

senėjimas 160–163

SETI programa 13, 14

sieniniai ekranai 45

Silva, Alsinas (*Alcino Silva*) 158

Simonas, Džulianas (*Julian Simon*) 349

Simonas, Herbertas (*Herbert Simon*) 83

Singapūras 346, 347

singularumas 116–118

Sinkleris, Deividas (*David Sinclair*) 165–167

sirtuinai 165–166

skaitmeninė atskirtis 338

skystųjų kristalų monitoriai 38, 214

smegenų modeliavimas 104, 107, 108

Smitas, Vilas 120

sonogramos 183

sonoluminescencija 264

SpaceShip erdvėlaivis 294, 297

- STAIR robotas 89–91, 95
Star Trek („Žvaigždžių kelias“) (serialas) 22, 37, 47, 48, 61, 74, 76, 97–99, 202, 223, 310, 352, 353
 Star Wars saga 44, 61, 64, 76, 124, 310, 352
 Stefensas, Džonas (*John Steffens*) 328
 Stiuartas, Poteris (*Potter Stewart*) 329
 Stokas, Gregas (*Greg Stock*) 130, 170
 Stratonas, Maikas (*Mike Stratton*) 152
 sukonstruoti vaikai 154
 sunki kombinuoto imunodeficito liga (SKID) 150
 superlaidininkai 267–271
Surrogates („Svetimas kūnas“) (filmas) 77, 80, 126
 svaidyklinis paleidiklis 298
 sveikas protas 144, 192, 329, 331, 337
- Š**
 Šekspyras, Viljamas (*William Shakespeare*) 30
 Šenas, Veiminas (*Weimin Shen*) 94
 Šentagas, Džeromas (*Jerome Schentag*) 98
 Šiaurės Korėja 241, 361
 Šo, Džordžas Bernardas (*George Bernard Shaw*) 372
 Šopenhaueris, Artūras (*Arthur Schopenhauer*) 32
 Šostakas, Setas (*Seth Shostak*) 364
 Šrėdingeris, Ervinas (*Erwin Schrödinger*) 137
 Štormeris, Horstas (*Horst Stormer*) 189
 Šulc, Tania (*Tanja Schultz*) 62
 Šusteris, Stivenas (*Stephan C. Schuster*) 177
 Švablas, Maikas (*Mike Schwabl*) 236
 Švarcas, Piteris (*Peter Schwartz*) 249
 Švarcenegeris, Arnoldas (*Arnold Schwarzenegger*) 146, 213
 švietimas 173, 372
- T**
 Tarptautinis termobranduolinis eksperimentinis reaktorius 258
 Teiljarchanas, Ruisis (*Rusi Taleyarkhan*) 265
 Teiloras, Teodoras (*Theodore Taylor*) 243
 Teilor, Dorisė (*Doris Taylor*) 145
 teledalyvavimas 44
 telekinezė 76
The Terminator („Terminatorius“) (filmas) 39, 110, 213
 termobranduolinė sintezė 227, 253, 256, 257, 259, 263–267
Tesla Roadster 235
Things to Come (filmas) 180
 Tidmanas, Derekas (*Derek Tidman*) 298
Time Machine, The (Wells) 184
 Tiuringas, Alanas (*Alan Turing*) 85
 Tofleriai, Alvinas ir Heidė (*Alvin, Heidi Toffler*) 342
Total Recall „Viską prisiminti“ (fil-

ATEITIES FIZIKA

- mas) 69
Transformers: Revenge of the Fallen
 („Transformeriai: nugalėtųjų kerštas“) (filmas) 80
 tranzistoriai 23, 34, 35, 40, 45, 52,
 54, 64, 86, 128, 132, 191, 20–208
 tundra 249
 Turas, Džeimsas (*James Tour*) 201
 Turovas, Lesteris (*Lester Thurow*)
 317, 339, 343
Twister („Viesulas“) (filmas) 312
- U**
 ugnikalnių krateriai 279
 Ulamas, Stanislavas (*Stanislaw Ulam*)
 116
 ultracentrifugos 241, 242
 Urvinio žmogaus principas 27, 29,
 129, 185, 224, 226, 332, 358
 utopijos 224
- V**
 Vaildas, Oskaras (*Oscar Wilde*) 161
 Vanameikeris, Džonas (*John Wana-
 maker*) 21
 varymo saulės bure sistema 304
 Veizeris, Markas (*Mark Weiser*) 32, 33
 vėjo energija 231
 Herberto Džordžo Velso (*Herbert
 George Wells*) 180
 Venteris, Kreigas (*Craig Venter*) 252
 Vernas, Žiulis (*Jules Verne*) 18, 19
 Vestfalis, Kristofas (*Christoph Wes-
 tphal*) 167
 vėžys 150–152, 380
 vidurinė klasė 173, 359
 Viktorija, Anglijos karalienė 149
 Vilmutas, Janas (*Ian Wilmut*) 147
 Vilsonas, E. O. (*E. O. Wilson*) 154
 Vinčis, Leonardas da (*Leonardo da
 Vinci*) 19, 22
 Vindžis, Vernoras (*Vernor Vinge*) 111
Virgin Galactic erdvėlaivis 294
 Vornieris, Haris (*Harry M. Warner*) 21
 Votsonas, Džeimsas (*James Watson*)
 134, 137
 Votsonas, Tomas (*Thomas Watson*) 21
- Ž**
 ŽIV/AIDS 181, 182
 Žmogaus genomo projektas 108,
 109, 139
 žvaigždėlaiviai 16, 303, 375

Kaku, Michio

Ka-169 Ateities fizika : kaip mokslas 2100 m. keis žmonių likimą ir kasdienį mūsų gyvenimą / Michio Kaku ; iš anglų kalbos vertė Leonas Ramutis Tamošiūnas. – Vilnius : Eugrimas, 2013. – 416 p. : iliustr.

ISBN 978-609-437-211-7

Fizikos profesorius Michio Kaku savo knygoje „Ateities fizika“ pateikia ateinančio šimtmečio prognozę – koki pasaulį mūsų palikuonims sukurs nesustojanti technologinė pažanga. Remdamasis autoritetingų mokslininkų darbais ir mintimis, autorius supažindina su nanotechnologijomis, dirbtiniu intelektu ir kompiuterių mokslu paremtos ateities vizija. Realus mokslinis pagrindas fantastika laikytiems dalykams – kosminėms kelionėms ar robotams gydytojams – teikia galimybę tapti kasdienybe.

UDK 008.2:53

Michio Kaku

ATEITIES FIZIKA

KAIP MOKSLAS 2100 M. KEIS ŽMONIŲ LIKIMĄ
IR KASDIENĮ MŪSŲ GYVENIMĄ

Projekto vadovė *Vaiva Švagždienė*

Redaktorė *Ona Balkevičienė*

Mokslinė redaktorė *Regina Mudėnienė*

Maketuotojos *Jurgita Petrulytė* ir *Dovilė Kuliešienė*

Viršelio dailininkai *Jurgita Petrulytė* ir *Artūras Babušis*

Išleido

Leidykla „Eugrimas“, Kalvarijų g. 98-42, LT-08211 Vilnius
Tel./faks. (8 5) 273 39 55, el. p. info@eugrimas.lt, www.eugrimas.lt

Spausdino

UAB „BALTO print“, Utenos g. 41a, LT-08217 Vilnius