

COVID 19 viruso plitimo Lietuvoje matematinis modelis.

Juozas Augutis, Justinas Dainauskas

Prieiga prie modelio atvira adresu:

<https://covid19.vdu.lt/>

Jei kyla klausimų, turite pastabų, pasiūlymų ar pastebėjimų, maloniai prašome kreiptis adresu:

juozas.augutis@vdu.lt arba tel.: +370 687 44 185

Ivadas. Žmonių užsikrėtimo virusu mastai ir dinamika priklauso nuo labai daugelio sąlygų, tokių kaip infekcijos inkubacinis laikotarpis, sirgimo laikas, infekcijos patekimo į šalį mechanizmas, šalies gyventojų skaičius, situacija aplinkinėse šalyse, žmonių mobilumo pobūdis ir t.t. Tačiau patys svarbiausi, nulemiantys pandemijos eigą yra du rodikliai. Pirmasis iš jų tai jau gerai žinomas infekcijos pernašos dažnis arba koeficientas R_0 . Jis parodo, kiek vidutiniškai per sirgimo laiką sergantysis gali užkrėsti kitų žmonių. Kitas rodiklis, arba jų grupė apibrėžia kovos prieš virusą efektyvumą. Esant pandemijai ir neturint vakcinės nuo konkretaus viruso, svarbiausia kovos priemonė su juo tampa karantinas. Nuo karantino griežtumo, jo sąlygų laikymosi priklauso infekcijos pernašos dažnio R_0 sumažėjimas. Kai pasiekama, kad jis būtų mažesnis už vienetą, pradeda mažėti ir sergančiųjų skaičius. Nuo šių rodiklių nustatymo priklauso ir infekcijos sklaidos prognozių tikslumas.

Viruso plitimo modeliavimas. Pasaulio mokslininkai, epidemiologai, matematikai, informatikai yra sukūrę nemažai virusų sklaidos modelių, tačiau kiekvienu konkrečiu atveju, kiekvienai virusų rūšiai, kiekvienai šaliai tuos modelius reikia pritaikyti prie esamos situacijos, juos patikrinti, testuoti ir nustatyti jų tikslumo ribas. Norint gauti kiek įmanoma tikslesnius modeliavimo rezultatus, dažnai naudojami skirtingais principais veikiantys modeliai, kad būtų galima palyginti ir geriau įvertinti gautus rezultatus. Neseniai VU matematikai pristatė modeliavimo rezultatus, gautus naudojant SEIR analitinį matematinį modelį.

Mes pateikiame rezultatus, gautus naudojant taip vadinamą imitacinį modeliavimo būdą. Jo idėja yra pabandyti atkurti (imituoti) infekcijos pernašos, infekuotų žmonių nustatymo ir kitus procesus, realiai vykstančius visuomenėje pandemijos metu. Kadangi visi šie reiškiniai turi atsitiktinį (stochastinį) charakterį, tai ir modeliavimas vykdomas naudojant atsitiktinių skaičių generatorius. Atlikus didelį skaičių modeliavimų galima nustatyti tikėtiniausias modeliavimo rezultatų vertes, apskaičiuoti įvairaus patikimumo intervalus, pateikti kitas statistines charakteristikas.

Pirmoji modelio dalis imituoja užsikrėtusių gyventojų skaičiaus kitimą. Procesas prasideda nuo atvykusių užsikrėtusių piliečių, kurie proceso pradžioje užkrečia kitus, o jie savo ruožtu perduoda infekciją toliau ir priklausomai nuo R_0 reikšmės tokių užsikrėtusių žmonių skaičius auga kiekvieną dieną. Be to dar atvyksta ir nauji užsikrėtę piliečiai. Tam tikru laiko momentu prasideda įtariamųjų testavimas dėl COVID 19 viruso. Lietuvoje vyrauja testavimas pagal simptomus ir epidemiologinius tyrimus. Labai svarbus rodiklis, koks sergančiųjų procentas pajaučia virusinei infekcijai būdingus

simptomus ir kreipiasi į šeimos, gydytoją, mobilų patikros punktą ar karščiavimo kliniką. Dėl šio rodiklio reikšmės yra daug prieštaringų nuomonių.

Tam tikru laiko momentu šalyje yra įvedamas karantinas. Apribojamas žmonių judėjimas, neleidžiama susiburti didesniam skaičiui žmonių vienoje vietoje, uždaromos įmonės, įstaigos, mokyklos, universitetai, paliekant tik gyvybiškai svarbias sveikatos apsaugos, maisto gamybos ir pristatymo, valstybės valdymo ir kai kurias kitas funkcijas. Piliečiai raginami laikytis specialių higienos ir bendravimo priemonių, dėvėti kaukes, respiratorius ir pirštines. Jei karantino sąlygų laikomasi, tai per tam tikrą laiką infekcijos pernašos koeficientas tampa mažesnis už vienetą ir pandemija ima slopti, taigi ir tikimybė kiekvieną dieną užkrėsti naujus piliečius mažėja.

Modelio rezultatai. Pagrindinis rodiklis, kurį reikėtų nustatyti, tai kiek žmonių konkrečią dieną yra užsikrėtę virusu. Tai nėra tas pats kaip suminis nustatytų infekuotų žmonių skaičius nuo pandemijos pradžios, kuris kiekvieną dieną skelbiamas spaudoje. Šis skaičius irgi svarbus, nes jis yra vienintelis tikrai žinomas skaičius ir jo pagalba galima patikslinti kitus modeliavimo rezultatus. Aišku svarbu žinoti, ir modelis tai pateikia, kiek naujai užsikrėtusių kiekvieną dieną galima tikėtis ir kiek kiekvieną dieną bus nustatoma infekuotų žmonių atliekant testavimus. Šiame modelyje atskirai nėra skaičiuojama sunkių ligonių ir galimų mirčių nuo viruso skaičius. Šie rodikliai gali būti gauti kaip tam tikras procentas nuo visų sergančiųjų skaičiaus. Modeliavimo parametrai arba pradiniai duomenys yra surinkti iš tarptautinių publikacijų ir Lietuvos oficialių institucijų viešai skelbiamų duomenų.

Pradiniai modelio duomenys.

Simuliacijos laikas (dienomis): 120

Pirminis sergančių skaičius pirmą simuliacijos dieną: 0

Užkrėtimo koeficientas prieš karantiną (kiek žmonių gali užkrėsti vienas sergantis per visą sirgimo laiką): 5

Užkrėtimo koeficientas pirmu (1) karantino etapu: 2.5

Užkrėtimo koeficientas antru (2) karantino etapu: 1.25

Užkrėtimo koeficientas trečiu (3) karantino etapu: 0.2

Užkrėtimo koeficientas ketvirtu (4) karantino etapu: 0.2

Kada prasideda karantinas (kelintą dieną nuo simuliacijos pradžios): 15

Kiek dienų trunka pirmas (1) karantino etapas: 9

Kiek dienų trunka antras (2) karantino etapas: 5

Kiek dienų trunka trečias (3) karantino etapas: 46

Sirgimo laikotarpis (po kiek dienų sergantis nebegali užkrėsti kitų): 31

Tikimybė, kad sergantis žmogus bus testuotas ir karantinuotas per visą sirgimo laikotarpį: 0.6

Tikimybė, kad testas bus išnaudotas ant sergančio žmogaus, o ne sveiko: 0.06

Pirmą (1) testavimo laikotarpį turimų testų kiekis: 100

Antrą (2) testavimo laikotarpį turimų testų kiekis: 600

Trečią (3) testavimo laikotarpį turimų testų kiekis: 1000

Ketvirtą (4) testavimo laikotarpį turimų testų kiekis: 4000

Kiek trunka pirmas (1) testavimo periodas (dienomis): 4

Kiek trunka antras (2) testavimo periodas (dienomis): 5

Kiek trunka trečias (3) testavimo periodas (dienomis): 7

Kiek sergančių atvyksta į šalį kiekvieną dieną: 20

Kiek dienų sergantys atvyksta į šalį (dienomis nuo simuliacijos pradžios): 20

Modeliavimo rezultatai

Visi modeliavimo rezultatai pateikiami viename lange, dvimatėje diagramoje. Horizontalioje ašyje atidedamos dienos nuo modeliavimo pradžios iki pabaigos. Vertikaliuoje ašyje atidedami kiekvienos dienos infekuotų, nustatytų iki tos dienos, naujai apsikrėtusių ir tą dieną nustatytų užsikrėtusių pacientų skaičiai.

DĖMESIO. Vertikaliuoje ašyje naudojama logaritminė skalė. Joje dideliems skaičiams skiriami santykinai mažesni atstumai nei mažiems. Tai leidžia viename grafike pavaizduoti didelius skaičius (virš tūkstančio) ir mažus skaičius (iki dešimt).

Raudona ištisinė kreivė rodo, kiek tą dieną šalyje tikėtina yra sergančių COVID -19 virusu. Asmenys, kurių liga prasidėjo prieš 31 dieną ir daugiau, į šį skaičių neįskaitomi.

Melsva ištisinė kreivė yra suminis nustatytų infekcijų skaičius iki kiekvienos dienos.

Mėlyna kreivė yra faktiškai nustatytų infekuotų žmonių suminiai skaičiai.

Raudonas stulpelis rodo kiekvieną dieną naujų užsikrėtusių žmonių skaičių.

Žalias stulpelis atitinkamai parodo, kiek kiekvieną dieną buvo nustatyta užsikrėtusių piliečių.



Modeliavimas pradedamas kovo 01 d. pirmąsias 20 dienų į Lietuvą grįžta iš užsienio piliečiai, tarp kurių, tikėtina iki 20 žmonių gali būti užsikrėtę COVID – 19 virusu. Pradžioje parvykę užsikrėtę

virusu piliečiai nėra griežtai izoliuojami ir todėl jų infekcijos pernašos koeficientas didelis, per sirgimo laikotarpį kiekvienas jų gali užkrėsti apie 5 kitus asmenis. Tokiu būdu iki karantino pradžios kovo 16 d. Lietuvoje gali būti apie 1000 žmonių, apsikrėtusių virusu.

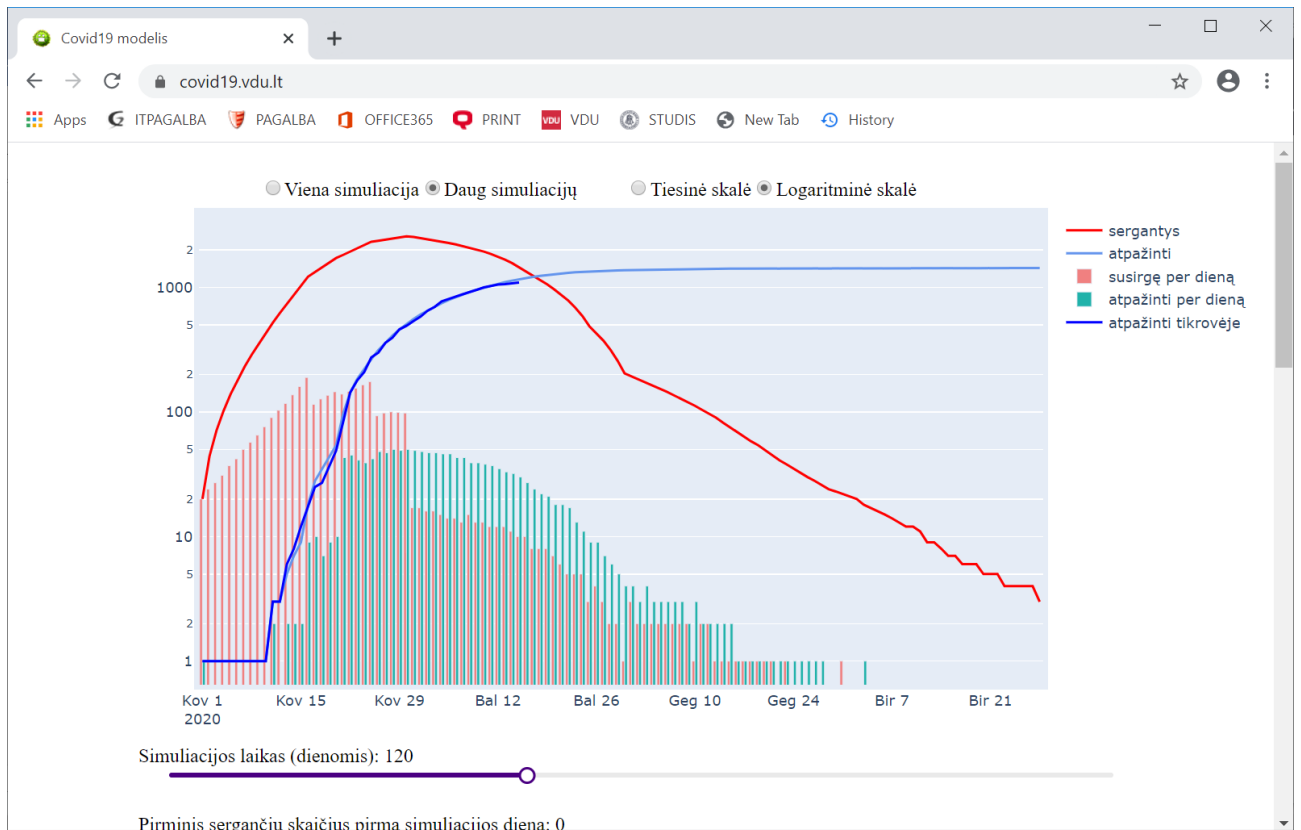
Iki karantino paskelbimo ir karantino pradžioje (iki 10 d.) tarp nustatytų sergančiųjų visi, arba didžioji jų dauguma yra atvykstantys iš užsienio. Tokie sergantys asmenys iš karto yra izoliuojami ir kitų užkrėsti praktiškai negali.

Prasidėjus karantinui ima mažėti infekcijos pernašos koeficientas, kuris per dvi pirmąsias savaites pasiekia mažesnę reikšmę už vienetą ir infekuotų žmonių skaičius Lietuvoje pradeda mažėti. Tikėtina, kad kovo 29 dieną bendras infekuotų žmonių skaičius Lietuvoje buvo pasiekęs maksimumą apie 2500 asmenų. Kiekvieną dieną užkrečiamų skaičius žmonių mažėja, ir gegužės viduryje šis procesas praktiškai sustoja. Tai vyksta su prielaida, kad dabar įvesto karantino sąlygos nėra ženkliai keičiamos 60 dienų nuo karantino paskelbimo.

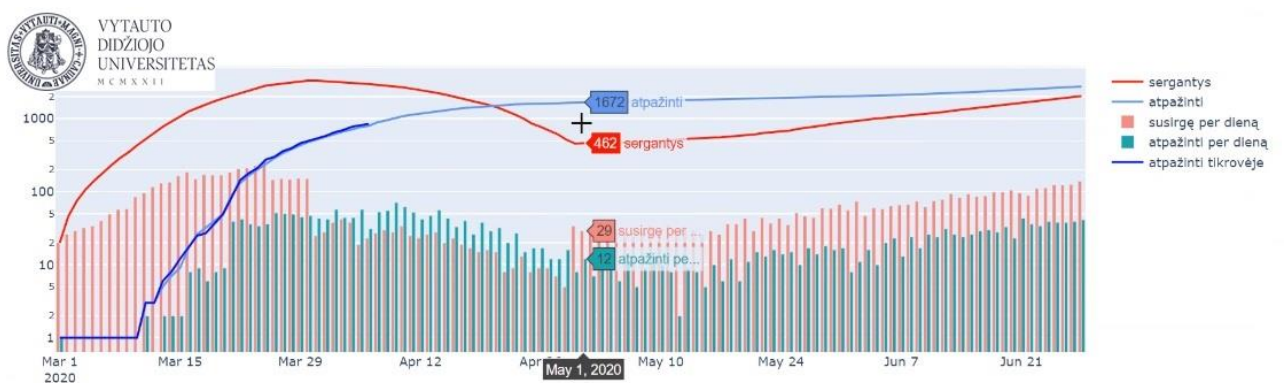
Nuo karantino pradžios pradeda didinti ir testavimų skaičius, kuris nuo 100 testų per parą per tris savaites padidinamas beveik iki 4000 testų per parą. Šio skaičiaus užtenka ištirti simptomų turintiems sergantiesiems, kurių yra apie 30% ir tiems, kurie pagal epidemiologinius tyrimus nukreipiami testavimui. Tokiu būdu tarp atpažintų infekuotų žmonių patenka ir dalis neturinčių ligos simptomų. Maždaug nuo balandžio vidurio nustatomų susirgimo atvejų skaičius pradeda mažėti ir gegužės antroje pusėje susirgusių praktiškai nebefiksuojame. Per visą pandemijos laikotarpį pagal modeliavimo rezultatus būtų nustatoma apie 1400 atvejų.

Modelio validacija. Modeliavimo rezultatai priklauso nuo to, kokie įvesties parametrai yra parenkami. Ypač svarbūs yra infekcijos pernašos koeficientai iki karantino ir karantino metu. Kadangi konkrečiai Lietuvai išsami statistika ir nuodugnūs tyrimai dar nėra neatlikti, tai Lietuvos atvejų statistika galima remtis tik dalinai. Nemaža informacijos dalis imama iš tarptautinių publikacijų ir ataskaitų. Modelio pritaikymui Lietuvos atvejui turime tik nustatytų užsikrėtusiųjų skaičius nuo kovo pradžios iki šios dienos. Dar turime paminėti, kad dalį šio laiko, testavimai buvo ribojami, todėl modelyje tenka atsižvelgti ir į šį faktorių. Kadangi Lietuvoje testavimus atliekame tik pagal ligos simptomus ir epidemiologinius tyrimus, tai tam, kad tokiu būdu būtų nustatoma maždaug po 40 - 60 atvejų per parą, bendras infekuotų žmonių skaičius turėtų siekti 2000 – 3000. Modeliavimo rezultatai tai ir rodo. Kiekvieną dieną nustatytų infekuotų piliečių skaičius neblogai koreliuoja su faktiniais duomenimis.

Modelio naudojimas. Modelis sukurtas kaip pagalbinė priemonė analizuojant ir priimant sprendimus, susijusius su COVID -19 pandemijos valdymu. Modelio parametrus galima keisti ir rezultatus matyti iš karto grafiniu ir skaitiniu pavidalais. Modelyje yra galimybė keisti karantino sąlygas. Pavyzdžiui dvigubai padidinus galimybes žmonėms bendrauti, vykdyti veiklas, naudotis viešuoju transportu ir pan. nuo balandžio 16 d. (infekcijos pernašos koeficientas būtų padidintas dvigubai nuo 0.2 iki 0.4) pandemijos pabaigos laikas pasislenka į birželio pradžią, padidėja infekuotų žmonių skaičius.



Jeigu gegužės 01d karantiną visai nutrauktume, pandemija vėl atsinaujintų.



Išvados.

Laikantis karantino sąlygų iki gegužės 15 d. COVID – 19 viruso sklidimas Lietuvoje gali būti sustabdytas ir toliau laikantis profilaktinių priemonių karantinas galėtų būti nutrauktas.

Sušvelninus karantino sąlygas balandžio viduryje, leidžiant padidinti žmonių kontaktų ne daugiau kaip dvigubai, pandemija būtų sustabdyta, tik jos pabaiga nusikeltų į gegužės pabaigą.

Daugiau atlaisvinus karantino sąlygas infekcijų skaičius Lietuvoje vėl pradėtų augti.

Prieiga prie modelio atvira adresu:

<https://covid19.vdu.lt/>

Jei kyla klausimų, turite pastabų, pasiūlymų ar pastebėjimų, maloniai prašome kreiptis adresu:

juozas.augutis@vdu.lt arba tel.: +370 687 44 185