



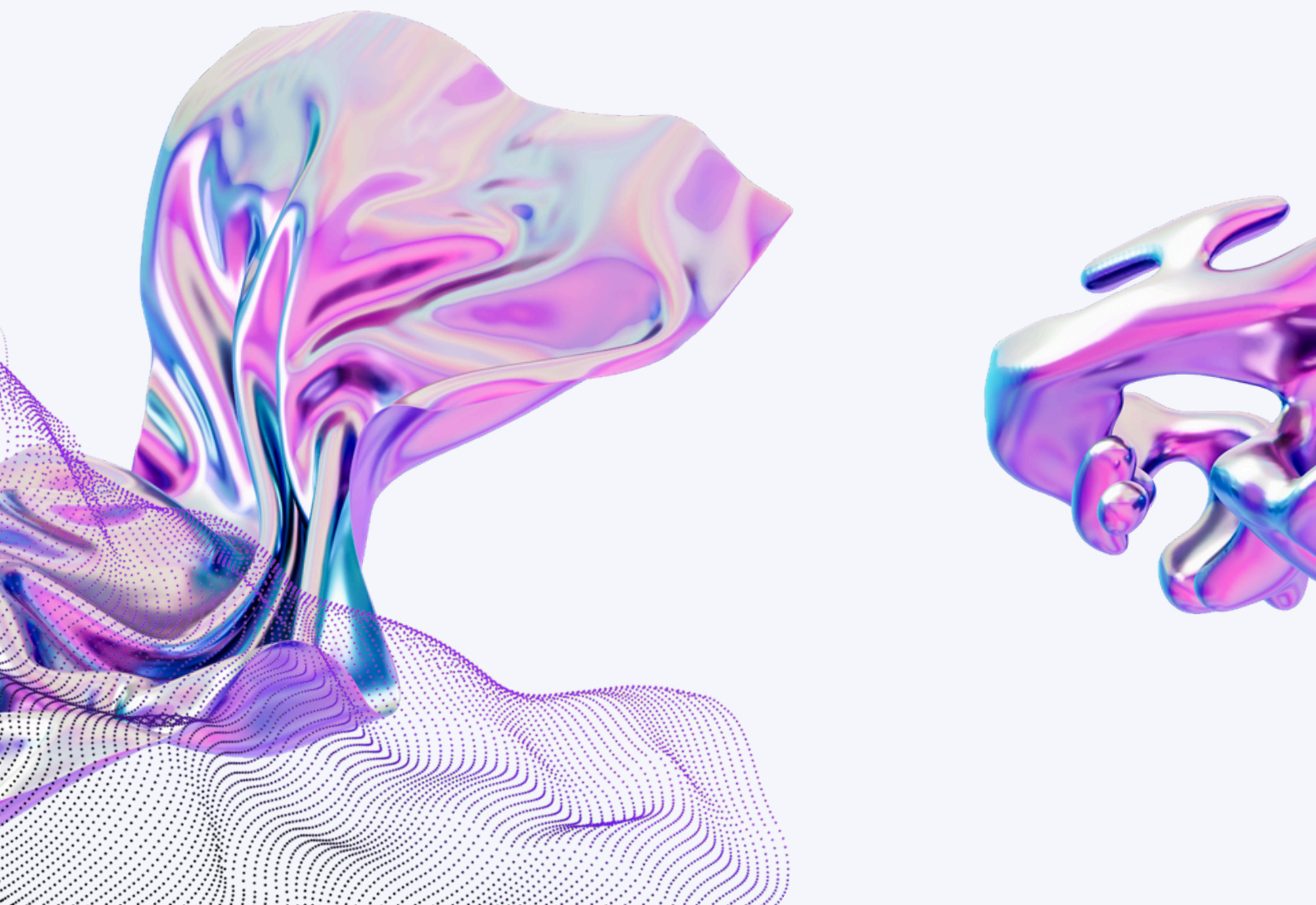
LIETUVOS
DIRBTINIO INTELEKTO
ASOCIACIJA



Medicinos
fakultetas

Konferencijos „Dirbtinio intelekto technologijos medicinoje” tezės

2025





LIETUVOS
DIRBTINIO INTELEKTO
ASOCIACIJA



Medicinos
fakultetas

Konferencijos „Dirbtinio intelekto technologijos medicinoje” tezės

2025 spalio 23d.

Programinis komitetas:

Doc. dr. Linas Petkevičius

Prof. dr. Arvydas Laurinavičius

Prof. habil. dr. Gintautas Dzemyda

Įžanga

Konferencija „Dirbtinio intelekto technologijos medicinoje“ skirta pristatyti mokslinių darbų tyrimus informatikos ir medicinos srityse taikant dirbtinio intelekto technologijas. Šio renginio tikslas – supažindinti su kitų mokslo ir verslo įstaigų atliekamais tyrimais, naujausiais taikomais metodais ir paskatinti domėtis naujausiais proveržiais dirbtinio intelekto technologijose. Konferencijoje savo pranešimus skaitė tyrėjai iš VUL Santaros Klinikų, Lietuvos sveikatos mokslų universiteto, Kauno technologijų universiteto ir Vilniaus universiteto.

Konferenciją organizuoja Lietuvos mokslų akademija (LMA) kartu su Lietuvos dirbtinio intelekto asociacija (LDIA), bei Vilniaus universiteto, Medicinos fakulteto, Medicinos Mokslų centru. LMA – tai įstaiga, jungianti žymiausius Lietuvos ir savo veikla su Lietuva susijusius mokslininkus. Ji yra nepriklausoma Lietuvos Respublikos Seimo, Vyriausybės ir jai pavaldžių institucijų ekspertė ir patarėja mokslo bei studijų, kultūros, socialinės raidos, ūkio, gamtosaugos, sveikatos apsaugos, technologijų bei kitais klausimais. LDIA - tai verslo įmonės, startuolius, investuotojus, mokslo įstaigas ir profesionalius ekspertus vienijanti asociacija. LDIA rengia viešus renginius, suburia Lietuvos DI ekosistemą į vieną vietą, taip stiprinanti šalies DI potencialą.

Konferencijos tezės - parengtos mokslinių pristatymų santraukos. Tikime, kad dalyvavimas šioje LMA kuruojamoje konferencijoje paskatins tyrėjus ir kitus dirbančius medicinoje toliau tęsti inovatyvią mokslinę veiklą ir dar labiau taikyti naujus DI sprendimus.

Organizatoriai:

Doc. dr. Linas Petkevičius

Prof. habil. dr. Gintautas Dzemyda

Prof. dr. Arvydas Laurinavičius

Turinys:

Medicininų tyrimų išrašų struktūrizavimas Nacionaliniame vėžio registre	5
Hiperspektriniu vaizdinimu ir DI pagrįsta diagnostika	6
AUTOIMUNINIO IR INFEKČINIO ENCEFALITO DIFERENCINĖ DIAGNOSTIKA PASITELKIANČI DIRBTINIO INTELEKTO METODUS	7
DI balso asistentai medicinoje: patirtys ir išmoktos pamokos	8
DIRBTINIS INTELEKTAS APIE TUMORIGENEZĘ	9
Giliuoju Mokymusi Paremtų Difuzinių Elektrokardiogramų Signalų Triukšmo Šalinimo Algoritmų Lyginamoji Analizė	10
Augmentative and Alternative Communication personalization with PECS cards Using Reinforcement Learning Algorithms: A Comparative Evaluation of Simulated Strategy Environments	12
Prediction of Spontaneous Abortion in Lithuanian Women with Chronic Diseases: Analyzing Disease Trajectories Using Deep Learning Methods	13
Širdies MRT vaizdų tekstūros analizės algoritmais išskirtų požymių reikšmingumo vertinimas	14
Dirbtinio intelekto taikymas klinikinių kardiologinių duomenų integracijai ir prognostiniams modeliams: Santaros klinikų krūvio echokardiografijos duomenų bazės atvejis	17
Multi-Disease Chest X-Ray Classification Using DenseNet	18
Fine-Tuning a Pathology Foundation Model for Multi-Omics Integrated Survival Prediction in Renal Cell Carcinoma	19
Gimdos kaklelio vėžio audinių tyrimas netiesinės mikroskopijos ir mašininio mokymo metodais	20
Aritmijų abliacijos procedūrų planavimas taikant inHEART – dirbtinio intelekto pagrindu veikiančią neinvazinių vaizdų analizės platformą	22
Mašininio mokymo ir šešiakampių gardelių analitika pagrįstas inkstų mikroarchitektūros vertinimas	23
Integrating immunogradient and vascular topography at the tumor-stroma interface improves post-nephrectomy risk stratification in clear cell renal cell carcinoma	24
Alporto sindromo atvejų paieškos algoritmas naudojant dirbtinį intelektą ir elektroninės sveikatos sistemos duomenis	25
Technology Platform for Hexagonal Grid Analytics in Pathology	26
AI-Driven Polychromatic Polarization Microscopy for Quantitative Histopathological Analysis	27

Medicininį tyrimų išrašų struktūrizavimas Nacionaliniame vėžio registre

Tomas Griguola¹, Tadas Žvirblis¹ and Linas Petkevičius^{1,2}

¹Vėžio epidemiologijos laboratorija, Nacionalinis vėžio institutas

²Vilniaus universitetas, Matematikos ir informatikos fakultetas, Informatikos institutas

Nacionalinis vėžio registras yra vienas iš šalies sveikatos skaitmenos brandos rodiklių. Nacionalinis vėžio institutas 2025 m. IV ketvirtį paleidžia naują vėžio registro veiklą, teikiant centralizuotus ir patvirtintus duomenis mokslininkams ir visuomenei. Vėžio registro sukūrimas yra techninis uždavinys, tačiau jo kūrimo reikia atsižvelgti į naujos kartos sistemų kūrimą ir naujos kartos duomenų rinkimą ir apdorojimą. Šiame pranešime pristatome tyrimą ir rezultatus, susijusį su medicininių sprendimų išgavimo iš medicininių diagnozių aprašymų automatizavimo analizę. Vėžio registras gauna nestruktūrizuotus duomenis, kurių struktūrizavimo procesą galima pagerinti naudojant didelių kalbos modelių technologijas. Tyrime nagrinėjami keli daugiakalbiai modeliai, tokie kaip „Google Gemma3“ (12b), „Google MedGemma“ (27b), „OpenAI OSS“ (20b), skirti duomenims klasifikuoti pagal aprašytas vėžio grupes. Rezultatai parodė, kad lietuviškas patologines diagnozes galima klasifikuoti, tačiau skirtingų modelių našumas skiriasi. Parodome privalumus, kuriuos teikia ne tik prognozės, bet ir paaiškinimai, naudojant struktūrizuotus rezultatus. Šis tyrimas demonstruoja pritaikomą požiūrį į medicininių diagnozių apdorojimą.

Hiperspektriniu vaizdinimu ir DI pagrįsta diagnostika

Prof. Pranciškus Vitta

VU Fizikos fakultetas, Fotonikos ir Nanotechnologijų institutas

Vizualinė diagnostika labai svarbus ir kasdien naudojamas ankstyvam negalavimų ar anomalijų aptikimui. Taip ne tik ryte pasižiūrėję į veidrodį nusprendžiame ar sveikai atrodome/jaučiamės, bet patyręs gydytojas remdamasis regimaisiais požymiais (pvz., odos spalva, gleivinės atspalvis, bėrimai, žaizdų išvaizda, vaizdiniai tyrimai) įvertina paciento būklę. Tam tikrais atvejais žmogaus regą yra pakeičiama kameromis, pvz. endoskopijoje. Gydytojų gebėjimas teisingai vertinti spalvų ir kontrasto pokyčius priklauso nuo individualių regos ypatybių. Tyrimai rodo, kad net nedidelis spalvų suvokimo netikslumas gali turėti įtakos diagnostikos tikslumui. Pavyzdžiui, daltonizmas, paprasčiausias nuovargis, blogas apšvietimas, amžiaus sukelti pokyčiai gali lemti klaidingą bėrimo, odos spalvos ar ankstyvosios melanomos interpretaciją. Kamelių ir monitorių panaudojimas vizualinėje diagnostikoje irgi gelbsti ne visada. Baltos šviesos endoskopija dažnai nepastebi mažų spalvos skirtumų tarp normalaus ir pažeisto audinio, todėl ankstyvieji navikai gali būti praleisti. Pvz. ankstyvosios displazijos ar karcinomos sritys skrandyje ir stemplėje gali atrodyti praktiškai identiškai sveikai gleivinei, todėl standartinė endoskopija jas praleidžia.

Šiems trūkumams bent iš dalies įveikti jau yra naudojamos „Siaurabangio vaizdinimo“ (angl. Narrow Band Imaging) ir „Susietųjų spalvų vaizdinimo“ (angl. Linked Color Imaging) metodikos, kurios gali būti papildomos ir Dirbtinio intelekto (DI) algoritmais. Fizikos fakultete mes jau daug metų specializuojamės daugiaspalvių šviesos šaltinių vystymo srityje. Esame sukūrę sistemų, kurios padidina spalvų skyrą žmogaus regai, atsižvelgia į žmogaus cirkadinį ritmą ar saugo meno kūrinius nuo šviesos žalos. Šiuo metu užbaiginėjame tarptautinį (M.ERA_NET) projektą, kur sukurta išmani daugiaspalvė blykstė įprastą kamerą paverčia hiperspektrinio vaizdinimo įtaisu, galinčiu žymiai tiksliau detektuoti spalvų pokyčius, bei liuminescenciją pvz. falsifikuotus dokumentus, pinigus ar kitus spaudos pavyzdžius bei medicininius objektus. Dirbtinio intelekto algoritmai tokiai kamerei suteikia dar platesnes taikymo galimybes.

Taigi šiuo pranešimu norime paskatinti atvirą diskusiją ir bendradarbiavimą tarp fizikos, matematikos/informatikos ir medicinos srities atstovų, kaip Lietuvoje turimais resursais galėtume sukurti ir išplėtoti Hiperspektriniu vaizdinimu ir DI pagrįstas diagnostikos technologijas ir sėkmingai pritaikyti jas praktikoje.

AUTOIMUNINIO IR INFEKČINIO ENCEFALITO DIFERENCINĖ DIAGNOSTIKA PASITELKiant DIRBTINIO INTELEKTO METODUS

**David Petrosian¹, Nataša Giedraitienė², Vera Taluntienė², Dagnė Apynyte²,
Haroldas Bikelis², Gytis Makarevičius², Mantas Jokubaitis², Mantas Vaišvilas²**

¹Vilniaus universitetas, Medicinos fakultetas, Vilnius, Lietuva

²Vilniaus universitetas, Neurologijos ir neurochirurgijos klinika, Klinikinės medicinos institutas, Medicinos fakultetas, Vilniaus universitetas, Vilnius, Lietuva

Įvadas

Encefalitas yra gyvybei pavojinga uždegiminė nervų sistemos būklė, kurios prognozė be savalaikės diagnostikos ir tinkamo gydymo yra nepalanki. Dažniausiai pasitaikančios encefalito formos yra infekcinis encefalitas ir autoimuninis encefalitas, kurių sergamumas yra panašus – apie 1 atvejį 100 000 gyventojų per metus. Nepaisant to, diferencinė diagnostika klinikinėje praktikoje dažnai kelia iššūkių dėl simptomų įvairovės ir diagnostinių priemonių apribojimų. Todėl šio tyrimo tikslas buvo sukurti dirbtiniu intelektu grįstą modelį, kuris atskirtų autoimuninį encefalitą nuo infekcinio encefalito, apimant plačią autoimunitinio encefalito fenotipų, serostatusų ir neuroimunologinių būklių įvairovę.

Metodai

Buvo atlikta retrospektyvi pacientų, kuriems nuo 2016 iki 2024 m. Vilniaus universiteto ligoninėje Santaros klinikose diagnozuotas autoimuninis ir infekcinis encefalitas, analizė. Predikcinių modelių kūrimui buvo panaudoti XGBoost, Random Forest, LightGBM, Logistic Regression, Naive Bayes ir K-nearest Neighbors klasifikatoriai. Modelių sprendimų interpretacijai gerinti buvo pasitelkta Shapley Additive Explanations įrankiu. Modelių našumas buvo įvertintas pagal tikslumą, jautrumą, specifiškumą, preciziškumą, F1-rodiklį ir AUROC.

Rezultatai

Į tyrimą buvo įtraukti 233 pacientai, iš kurių 83/233 (35,6 %) diagnozuotas autoimuninis, o 150/233 (64,4 %) – infekcinis encefalitas. Geriausiu našumu pasižymėjo Random Forest modelis, kurio AUROC siekė 0,966. Shapley Additive Explanations analizė atskleidė, kad karščiavimas, galvos skausmas bei encefalopatijai būdingi pakitimai EEG tyrime prognozavo infekcinį encefalitą, tuo tarpu atminties sutrikimai, nistagmas, psichiatriniai simptomai ir traukuliai prognozavo autoimuninį encefalitą. Padidėjęs ląstelių skaičius ir baltymų kiekis smegenų skystyje turėjo didžiausią prognostinę vertę infekcinio encefalito diagnozei. Palyginus modelio našumą su neurologų diferencijavimo gebėjimais, nustatyta, kad sukurtas modelis pranoko visų vertintų klinikistų rezultatus.

Išvados

Šiame tyrime buvo sukurtas ir įvertintas dirbtiniu intelektu grįstas modelis, skirtas diferencijuoti autoimuninį encefalitą nuo infekcinio encefalito, naudojant demografinius, klininius ir paraklininius kintamuosius. Modelio diagnostinė geba pranoko gydytojus specialistus ir gydytojus rezidentus, dalyvavusius šiame tyrime. Reikalinga tyrimo išorinė validacija norint diegti modelį klinikinėje praktikoje.

DI balso asistentai medicinoje: patirtys ir išmoktos pamokos

Indrė Paplauskaitė

Vocali.lt

Pranešime aptariamos gydymo įstaigų Lietuvoje ir užsienyje patirtys taikant dirbtinio intelekto pagrindu veikiančius balso asistentus gydytojų darbui automatizuoti. Remiamasi atlikta analize, interviu su gydytojais, sveikatos priežiūros ekspertų įžvalgomis ir užsienio šaltinių apžvalga. Bus pristatyti pagrindiniai iššūkiai ir sėkmės veiksniai diegiant tokio tipo technologijas, jų poveikis gydytojų darbo efektyvumui, medicininės dokumentacijos kokybei ir pacientų patirčiai. Kontekste paminėsime ir „Vocali“ sprendimą – pasidalinsime pastebėjimais, klientų atsiliepimais bei įžvalgomis iš pokalbių su įvairiais sveikatos sektoriaus dalyviais.

DIRBTINIS INTELEKTAS APIE TUMORIGENEZĘ

Kęstutis K.Urba

Vėžio susidarymo ir raidos modeliavimas molekuliniame ir elementariųjų dalelių lygmenyje yra iki šiol pilnai neišspręsta itin svarbi problema, todėl efektyvių vaistinių schemų sudarinėjimas bei tyrimai tebevyksta „klaidų ir bandymų“ metodais. Milžiniškame informacijos kiekyje (vien PubMed talpina apie 5.5 mln. onkologijos straipsnių) susigaudyti gali padėti DI. Ketverto DI variantų – COPILOT, CHATGPT, GEMINI, CONSENSUS apklausa pagal „tumorigenesis“ ir „tumorigenesis model“ atskleidė silpnas DI puses, beje, būdingas ir onkologijos mokslui: suvokimo apie stochastikos svarbą stoką, silpną molekulinį procesų rišimą su biologinio lygmens vėžio aprašu. Vis tik, stipriausią įspūdį paliko specifiškai orientuota į mokslinius tyrimus CONSENSUS, kuri literatūros sąrašė pabrėžė matematinio modeliavimo svarbą ir dosniai atsiliepė į užklausą apie atsitiktinumo svarbą tumorigenezės procese.

Giliuoju Mokymusi Paremtų Difuzinių Elektrokardiogramų Signalų Triukšmo Šalinimo Algoritmų Lyginamoji Analizė

Simonas Šimėnas, Dmytro Klepachevskyi, Povilas Treigys, Jolita Bernatavičienė

Duomenų mokslo ir skaitmeninių technologijų institutas,
Vilniaus universitetas

Darbe pateikiama trijų difuzijos pagrindu veikiančių EKG triukšmo šalinimo algoritmų – „DMAM“ [1], „DeScoD“ [2] ir „BeatDiff“ [3] – lyginamoji analizė, orientuota į triukšmo šalinimo efektyvumo vertinimą ir klinikiniu požiūriu reikšmingų morfologinių EKG savybių išsaugojimą. Tyrimu siekiama išsiaiškinti ar difuzijos pagrindu sukurti giliojo mokymosi metodai taikomi EKG triukšmų šalinimo uždaviniams, gerina aritmijų klasifikavimo tikslumą. Šiam tyrimui naudoti triukšmo ir artefaktų neturintys EKG signalai iš MIT-BIH aritmijų rinkinio („MIT-BIH Arrhythmia Dataset“ [4]), o triukšmo pridėjimui ir modelių vertinimui pasitelktas MIT-BIH triukšmų rinkinys („MIT-BIH Noise Stress Test Database“ [5]). Eksperimentuose naudoti trys dažniausiai pasitaikantys EKG triukšmų tipai: bazinės linijos dreifas (BW), raumenų artefaktai (MA), ir elektrodų judesiai (EM), su atsitiktiniu signalo ir triukšmo santykiu (SNR) nuo 20 % iki 200 %. Kiekvienas difuzijos algoritmas buvo mokomas atskirai kiekvieno triukšmo tipo duomenimis, hiperparametrai buvo parinkti taikant tinklėlio paieškos metodą, o duomenys skirstyti pagal pacientus taip, kad mokymo ir testavimo rinkiniai neturėtų persidengiančių, tų pačių pacientų EKG signalų įrašų. Vertinimas atliktas taikant rekonstrukcijos klaidų metrikas: SSD – kvadratinė paklaidų suma (angl. Sum of Squared Differences), PRD – procentinę santykinę nuokrypį (angl. Percentage Root mean square Difference), MAD – maksimalų abosliutų nuokrypį (angl. Maximum Absolute Deviation), ir morfologinę kosinuso panašumo metriką. Gauti rezultatai rodo panašumą tarp signalų be triukšmo ir artefaktų ir signalų su pašalintu triukšmu, kuris patvirtina, jog difuziniai metodai yra efektyvūs ir gali būti taikomi EKG signalų triukšmų šalinimui atlikti.

Iš tirtų metodų „BeatDiff“ algoritmas geriausiai šalino triukšmą ir išsaugojo morfologinę informaciją su rezultatais: bazinės linijos dreifo (BW) triukšmo atveju – $SSD = 9,63 \pm 7,22$, $PRD = 36,15 \% \pm 12,21 \%$, $MAD = 0,45 \pm 0,11$ ir kosinuso panašumas lygus $90 \% \pm 21 \%$; raumenų artefaktų (MA) atveju – $SSD = 12,33 \pm 7,55$, $PRD = 33,51 \% \pm 13,22 \%$, $MAD = 0,52 \pm 0,13$ ir kosinuso panašumas lygus $89 \% \pm 12 \%$; elektrodų judesio (EM) atveju – $SSD = 20,11 \pm 11,43$, $PRD = 41,21 \% \pm 12,41 \%$, $MAD = 0,63 \pm 0,22$ ir kosinuso panašumas lygus $86 \% \pm 33 \%$. Aukštos kosinuso panašumo reikšmės kartu su žemesnėmis rekonstrukcijos klaidų vertėmis rodo, kad „BeatDiff“ metodas efektyviai atkuria signalo morfologiją, ypač BW ir MA triukšmų atvejais. EM triukšmo atveju pastebėta didesnė klaidų dispersija ir mažesnis kosinuso panašumas, kas atitinka sudėtingesnę šio triukšmo poveikio charakteristiką. „DeScoD“ pasižymėjo konkurencingu panašumu, tačiau rezultatuose pastebėta didesnė rezultatų variacija, o „DMAM“ – didesnė klaidų dispersija įvairių triukšmų šalinimo atvejais. Atsižvelgus į gautus rezultatus, galima teigti: difuzijos pagrindu sukurti metodai yra perspektyvūs EKG triukšmų šalinimui ir diagnostinės informacijos išsaugojimui. Vis dėlto reikalingi tolimesni tyrimai, siekiant įvertinti metodų gebėjimą apibendrinimą įvairiems EKG įrašymo įrenginiams, platesnėms pacientų populiacijoms ir mišriems triukšmo scenarijams.

Padėka: Finansavimą skyrė Lietuvos mokslo taryba (LMTLT), sutarties Nr. S-ITP-25-9.

Literatūros šaltiniai:

[1] Z.-D. Hu, Y. Hong, J.-Y. Huang, K.-H. Chen, W.-Q. Zhao, A. Grau, E. Guerra, C.-S. Wang ir F.-Q. Zhang,

„DMAM-ECG: A Diffusion Model with Self-Attention Module for ECG Signal Denoising,“ Journal of Network Intelligence, t. 9, nr. 3, p. 1279–1292, 2024.

[2] H. Li, G. Ditzler, J. Roveda ir A. Li, „DeScoD-ECG: Deep Score-Based Diffusion Model for ECG Baseline Wander and Noise Removal,“ IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics, t. 28, nr. 9, p. 5081–5091, 2024.

[3] L. Bedin, G. Cardoso, J. Duchateau, R. Dubois and E. Moulines, "Leveraging an ECG Beat Diffusion Model for Morphological Reconstruction from Indirect Signals," in Advances in Neural Information Processing Systems 37 (NeurIPS 2024) – Main Conference Track, 2024.

[4] G. B. Moody and R. G. Mark, "The impact of the MIT-BIH Arrhythmia Database," IEEE Engineering in Medicine and Biology Magazine, vol. 20, no. 3, p. 45–50, 2001.

[5] G. B. Moody, W. K. Muldrow and R. G. Mark, "A noise stress test for arrhythmia detectors," in Computers in Cardiology, 1984.

Augmentative and Alternative Communication personalization with PECS cards Using Reinforcement Learning Algorithms: A Comparative Evaluation of Simulated Strategy Environments

Oskaras Klimašauskas, Asta Slotkienė, Gintautas Dzemyda

Institute of Data Science and Digital Technologies, Vilnius University

Children with autism spectrum disorder (ASD) often face challenges in developing verbal communication skills, which can significantly impact their social interaction, learning, and emotional development. Augmentative and Alternative Communication (AAC) systems, such as the Picture Exchange Communication System (PECS), are widely used to support children with ASD in real communication with adults. As these systems become digitalised, artificial intelligence offers ways to adapt and personalise the experience to the child's unique behaviour. Most existing research works, based on AI models, try to build classifiers for the child's reaction states, however, data labelling is prone to subjective interpretations by the specialist. For each child with ASD, their individuality makes it impossible to determine the rule-based data and their decisions. In this research, we investigate the reinforcement learning (RL) algorithms' capabilities when the RL model learns through the child's action and feedback to adaptively select and present PECS cards based on the child's need at this time. The research goal is to assess the suggested RL-based algorithms that could accurately and quickly learn individualised strategies for supporting communication. In the evaluated 1st strategy environment, when the agent starts from (1,1), the policy-gradient Actor-Critic algorithm exhibits superior efficiency relative to Q-value based algorithms. Actor-Critic averaged 7 steps, performing 9.1% better than SARSA and Expected SARSA and 5.4% better than SARSA(λ). In the evaluated 2nd strategy environment, when the agent starts from the centre of the matrix, the policy-gradient Actor-Critic algorithm demonstrated the most efficient learning performance among the investigated algorithms. During testing, Actor-Critic, SARSA(λ), Expected SARSA algorithms completed the task in an average of 3 steps, while SARSA performed approximately 33.3% more steps.

Prediction of Spontaneous Abortion in Lithuanian Women with Chronic Diseases: Analyzing Disease Trajectories Using Deep Learning Methods

Gabrielė Tarutytė^{1,2,3}, and Viktor Skorniakov¹

1 Institute of Applied Mathematics, Faculty of Mathematics and Informatics, Vilnius University, Vilnius, Lithuania

2 Department of Research and Innovation, Faculty of Medicine, Vilnius University, Vilnius, Lithuania

3 Vilnius University Hospital Santaros Klinikos, Vilnius, Lithuania

Spontaneous abortion - an unexpected loss of pregnancy before the 20th week of pregnancy. Nevertheless, much remains unknown about the causes of spontaneous abortion, especially in the context of chronic diseases. Understanding these causes may benefit from analyzing patterns in patients' medical histories. Disease trajectories, defined as sequential, directional disease associations, have become an active area of research driven by the availability of electronic population-wide healthcare data and sufficient computational power. However, disease trajectory analysis has not yet been applied to spontaneous abortion prediction. In this study, we gathered disease trajectories for 30,453 pregnant women, 6.6% of whom experienced spontaneous abortion. For each patient, we collected all International Statistical Classification of Diseases (ICD-10) codes from the two-year period preceding pregnancy. Besides disease codes, some additional information such as demographics and brief pregnancy data is included. We employed four models: Bag of Words (BoW), Gated Recurrent Unit (GRU), Reverse Time Attention Model (RETAIN) and Bidirectional Encoder Representations from Healthcare Transformer (BEHRT). In addition, we analyze the impact of different methodological choices on performance results. In total, 180 combinations are analyzed, combining different ICD grouping strategies, inclusion of static features, different loss functions and oversampling methods. The results reveal that BEHRT outperforms the other models (AUC=0.7), with the GRU model being a close second. In addition, grouping ICD codes to wider disease chapters seems to be a superior choice when using BEHRT and BoW, while other models performed better using 3-digit ICD codes. Using all static features brings additional value to prediction results. Furthermore, adapting the focal loss function without resampling proved to be the most reliable strategy for addressing class imbalance, whereas oversampling techniques such as Synthetic Minority Oversampling Technique (SMOTE) and random oversampling often degraded performance, likely due to the high-dimensional diagnostic data nature.

Širdies MRT vaizdų tekstūros analizės algoritmais išskirtų požymių reikšmingumo vertinimas

**Arina Peržu¹, Žygimantas Abramikas², Nojus Burdaitis¹, Giedrė Balčiūnaitė²,
Sigita Glaveckaitė², Darius Palionis³, Nomedą Rima Valevičienė³, Jolita
Bernatavičienė³**

1 Matematikos ir informatikos fakultetas, Vilniaus universitetas

2 Širdies ir kraujagyslių ligų klinika, Klinikinės medicinos institutas,
Medicinos fakultetas, Vilniaus Universitetas

3 Vilniaus Universiteto Ligoninė Santaros Klinikos

Širdies magnetinio rezonanso tomografija (MRT) yra tinkamas tyrimas širdies funkcijos, vožtuvų pakitimų, miokardo pakitimų analizei, pateikiantis atkartojamus ir patikimus rezultatus. Vienai iš vertinamų patologijų – aortos vožtuvo angos stenozės – būdingi struktūriniai miokardo pakitimai, sukeliama progresuojančios fibrozės, kurios didesnis išplitimas siejamas su blogesne paciento prognoze. Jos vertinimui taikomos vėlyvojo gadolinio kaupimo sekos bei parametriniai žemėlapiai. Struktūrinių miokardo pakitimų ištyrimui vis dažniau naudojamos dirbtinio intelekto priemonės.

Nors pastaraisiais metais atlikta daug tyrimų, taikant įvairius tekstūros analizės algoritmus, iki šiol nėra nustatyta, kurie požymiai yra universalūs ir informatyviausi klasifikuojant patologinius pokyčius. Rezultatams didelę įtaką daro metodų įvairovė, skirtingų MRT aparatų techninės charakteristikos bei vaizdų kokybė. Šiame darbe analizuojami širdies MRT vaizdai, pacientų sergančių didelio laipsnio aortos vožtuvo angos stenozės (AVAS), siekiant nustatyti, kurie tekstūros požymiai yra reikšmingiausi patologinių pokyčių aptikimui bei kurios širdies struktūros suteikia daugiausia informacijos. Tyrimui naudoti 87 pacientų MRT duomenys (74 sergantys didelio laipsnio AVAS ir 13 sveikų), sudaryti iš 25 širdies ciklo fazių. Kiekviena fazė atspindi konkretų širdies plakimo momentą – nuo sistolės pradžios (1 fazė) iki diastolės pabaigos (25 fazė). Viena fazė sudaryta iš 8–14 pjūvių, priklausomai nuo paciento fiziologinių ypatumų. Kiekvienas pjūvis automatiškai segmentuojamas į tris dalis, iš kurių analizei pasirinkta raumeninė zona. Siekiant detalesnio vertinimo, vaizdai taip pat buvo suskirstyti į apatinę, vidurinę ir viršutinę širdies zonas bei papildomai analizuoti globalios širdies struktūros lygmeniu.

Tekstūros požymiai buvo išskirti taikant kelis plačiai naudojamus šiuolaikinėje medicininių vaizdų analizėje metodus: pilkojo lygio gretimumo matricą (GLCM), pilkojo lygio ilgio matricą (GLRLM), Furjė bei bangelių transformacijas, lokalų binarinį raštą (LBP), gradientų orientuotų histogramų metodą (HOG) ir fraktalinę analizę. Šie metodai taikomi įvairių organų bei ligų diagnostikai, pavyzdžiui naudoti plaučių vėžio histologinių potipių klasifikacijai pagal MRT vaizdus [1], taip pat kepenų vėžio ankstyvam gydymo efektyvumo prognozavimui [2], kas parodo tekstūros analizės metodų didelę praktinę reikšmę medicininių vaizdų tyrimuose. Šiame darbe, siekiant nustatyti informatyviausius požymius širdies MRT vaizdams, iš viso buvo analizuojami 46 požymiai. Požymių atrankai buvo taikomi statistiniai metodai: t-testas arba Mann–Whitney U testas, atsitiktinio miško požymių svarbos kriterijus (Gini indeksas), lasso regresija, vienmatė analizė ir Spirmeno koreliacija. Informatyviausiais laikyti tie požymiai, kurie pasikartojo bent per du metodus. Klasių atskyrimas vertintas vizualiai, taikant UMAP dimensijos mažinimo metodą bei kiekybiškai, pagal AUC ir subalansuoto tikslumo metrikas, leidusias nustatyti informatyviausias širdies struktūras ir fazes. Papildomai buvo vertinamas penkių klasifikatorių veikimas: atsitiktinio miško, atraminių vektorių (su tiesinių ir gauso branduoliais), artimiausių kaimynų ir naivusis Bajesas. Nustatyta, kad jų tikslumas skiriasi tarp skirtingų širdies struktūrų ir fazių. Rezultatai parodė, kad skirtingose širdies zonose ir fazėse išryškėja nevienodi požymių rinkiniai, tačiau tam tikri rodikliai nuosekliai kartojasi daugumoje struktūrų. Dažniausiai informatyviais išlieka GLRLM_RunEntropy (apibūdinantis intensyvumo pasiskirstymo netolygumą – didesnės reikšmės rodo mažiau homogenišką, patologiniams pokyčiams būdingą struktūrą), GLRLM_LongRunHighGrayLevelEmphasis (pabrėžiantis ilgesnius aukšto intensyvumo ruožus – šviesesnes sritis, MRT vaizduose galinčias sietis su fibrozės ar kitais audinio pakitimais) ir Fractal_mean (apibūdinantis audinio struktūros fraktalinį šiurkštumą – didesnės reikšmės indikuoja sudėtingesnę, netolygiai organizuotą tekstūrą). Fazių analizė atskleidė, kad ryškiausi atskyrimo rezultatai gaunami 4-oje, 15-oje ir 16-oje fazėse, taip pat vėlyvose širdies ciklo fazėse. Ateityje planuojama kaupti daugiau pacientų duomenų, siekiant padidinti analizės tikslumą ir patikimiau įvertinti atrinktų požymių diagnostinę vertę.

Tyrimas yra gavęs biomedicinio tyrimo leidimą (Nr. 2025/5-1665-1119, 2025-05-12).

- [1] E. Bębas, M. Borowska, M. Derlatka, E. Oczeretko, M. Hładuński, P. Szumowski, and M. Mojsak. Machine-learning-based classification of the histological subtype of non-small-cell lung cancer using mri texture analysis. *Biomedical Signal Processing and Control*, 66:102446, 2021.
- [2] X. L. Fan, Y. H. Wang, Y. H. Chen, B. X. Chen, J. N. Cai, J. S. Yang, X. Sun, F. R. Yan, and B. S. He. Computed tomography texture analysis combined with preoperative clinical factors serve as a predictor of early efficacy of transcatheter arterial chemoembolization in hepatocellular carcinoma. *Abdominal Radiology*, 48(6):2008–2018, 2023.
- [3] Vahania A.; Beyersdorf, F.; Praz, F.; Milojevic, M.; Baldus, S.; Bauersachs, J.; Capodanno, D.; Conradi, L.; De Bonis, M.; De Paulis, R.; et al. 2021 ESC/EACTS Guidelines for the Management of Valvular Heart Disease: Developed by the Task Force for the Management of Valvular Heart Disease of the European Society of Cardiology (ESC) and the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *Revista Española de Cardiología (English Edition)* 2022, 75, 524, doi:10.1016/j.rec.2022.05.006.
- [4] Repanas, T.I.; Papanastasiou, C.A.; Efthimiadis, G.K.; Fragkakis, N.; Sachpekidis, V.; Klein, R.M.; Karvounis, H.; Karamitsos, T.D. Cardiovascular Magnetic Resonance as a Complementary Method to Transthoracic Echocardiography for Aortic Valve Area Estimation in Patients with Aortic Stenosis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Hellenic Journal of Cardiology* 2021, 62, 107–111, doi:10.1016/j.hjc.2020.05.008.
- [5] Shah, S.M.; Shah, J.; Lakey, S.M.; Garg, P.; Ripley, D.P. Pathophysiology, Emerging Techniques for the Assessment and Novel Treatment of Aortic Stenosis. *Open Heart* 2023, 10, e002244, doi:10.1136/openhrt-2022-002244.
- [6] Villegas-Martinez, M.; De Villedon De Naide, V.; Muthurangu, V.; Bustin, A. The Beating Heart: Artificial Intelligence for Cardiovascular Application in the Clinic. *Magn Reson Mater Phy* 2024, 37, 369–382, doi:10.1007/s10334-024-01180-9.

Dirbtinio intelekto taikymas klinikinių kardiologinių duomenų integracijai ir prognostiniams modeliams: Santaros klinikų krūvio echokardiografijos duomenų bazės atvejis

Laura Balkevičienė^{1,2}, Saulė Satkauskienė³, Greta Burneikaitė^{1,2}, Linas Petkevičius³, Jelena Čelutkienė¹

1. Širdies ir kraujagyslių ligų klinika, Klinikinės medicinos institutas, Medicinos fakultetas, Vilniaus Universitetas.
2. Vilniaus Universiteto Ligoninė Santaros Klinikos.
3. Vilniaus Universitetas, Matematikos ir informatikos fakultetas, Informatikos institutas.

Per pastaruosius du dešimtmečius Santaros klinikose atlikta daugiau nei 28 tūkstančiai krūvio echokardiografijos tyrimų, kurių duomenys perspektyviai kaupti specialioje duomenų bazėje. Po kokybės kontrolės ir atmetimo kriterijų taikymo, analizei atrinkti 21 063 pacientų duomenys, papildyti informacija iš Mirčių registro. Ši unikali ilgalaikė duomenų bazė suteikia galimybę tirti krūvio echokardiografijos prognostinę vertę bei paciento klinikinį kelią po tyrimo.

Tyrimo tikslas – taikant dirbtinio intelekto (DI) metodus automatizuotai sujungti Santaros klinikų krūvio echokardiografijos duomenis su elektroninėmis ligos istorijomis ir iš šių duomenų išgauti struktūruotą, analizei tinkamą informaciją. DI yra priemonė susisteminti didžiulį kiekį pusiau struktūruotų medicininių įrašų, kurių rankiniu būdu apdoroti neįmanoma.

Pasitelkiant natūralios kalbos apdorojimo (NLP) metodus planuojama iš tekstinių duomenų automatiškai ištraukti esminius diagnostinius rodiklius – vainikinių arterijų stenozės buvimą, jos reikšmingumą ir galutinę išvadą. Sukurta sistema leistų:

- Įvertinti krūvio echokardiografijos tyrimo atitikimą invaziniams radiniams realios klinikinės praktikos duomenimis;
- Sukurti prognostinius modelius, siejančius invazinės ir neinvazinės diagnostikos metodus su skiriamu gydymu bei klinikinėmis baigtimis;
- Nustatyti faktinį paciento kelią po tyrimo – kokie tolimesni diagnostiniai ar intervenciniai veiksmai buvo atlikti ir per kokį laikotarpį.

Tikimasi, kad DI metodų taikymas padės reikšmingai sumažinti duomenų integracijos ir analizės sąnaudas, užtikrins didesnę duomenų tikslumą bei leis atskleisti naujus dėsningumus kardiologinių tyrimų grandinėje. Šio darbo rezultatai gali tapti pagrindu tolesniems tyrimams, siekiant vertinti diagnostinių testų efektyvumą ir jų įtaką klinikiniams sprendimams realiame pasaulyje.

Multi-Disease Chest X-Ray Classification Using DenseNet

Edita Mažonienė, Dmitrij Šešok

Vilnius Gediminas Technical University

Numerous lung diseases, such as emphysema, bronchitis, pulmonary fibrosis, pneumonia, and post- COVID chronic lung conditions, have significantly increased over the past three decades. This rise is largely attributed to population growth, urbanization, exposure to harmful environmental factors such as air pollution and occupational hazards, and the overall increase in life expectancy. Additionally, lifestyle factors including smoking, reduced physical activity, and dietary habits contributed to the growth of pulmonary diseases among different age groups. The COVID-19 pandemic even intensified this burden, leaving many patients with long lasting respiratory complications and accelerating the global demand for pulmonary care and rehabilitation. Overall, these trends represent a substantial challenge for healthcare systems worldwide, emphasizing the urgent need for improved prevention, early detection, and effective treatment of lung diseases. In addition to that, lung cancer remains the leading cause of cancer-related mortality worldwide, largely because it is often diagnosed at an advanced stage when curative treatment is no longer possible. Its aggressive nature and strong association with long-term risk factors contribute to the high fatality rate, resulting in most patients not surviving beyond a few years after diagnosis as a result, hundreds of millions of people globally suffer from respiratory illnesses, and it is also noted that patient ages are decreasing in general. The most essential part of detecting and timely diagnosed illness is medical examination. In most cases, the first diagnostic tool is a routine chest x-ray, which provides a quick and non-invasive assessment of lung health. X-ray image helps to distinguish respiratory diseases by analyzing their patterns of brightness, shapes or distributions of changes in the lungs. For instance: cloudy regions, dark holes, web-like patterns, etc. indicate different pulmonary diseases. Despite its broad clinical application, interpreting chest x-rays remains difficult as abnormal findings might be subtle, similar or nonspecific, making the interpretation challenging. As an example, some of these errors, like missing small lung nodules that could be early lung cancer or failure to spot a pneumothorax that needs urgent care, can seriously affect further patient health conditions. Recent advances in image analysis and deep learning have significantly improved the interpretation and classification of medical images. The latest trends among data scientists show that CNNs, EfficientNet, and hybrid (combined) models have achieved not only higher classification accuracy but also greater interpretability. In this study, we used a pretrained DenseNet architecture applied to the NIH ChestX-ray14 dataset to classify 14 different thoracic diseases. The main objective was to improve the accuracy of lung disease differentiation by experimenting with various data preprocessing and augmentation techniques. Overall, deep learning has transformed chest x-ray analysis from a basic image classification task into a powerful, clinically relevant tool that enables faster, more consistent, and more accurate diagnosis of lung diseases. These advances are steadily bringing artificial intelligence systems closer to real world medical practice.

Fine-Tuning a Pathology Foundation Model for Multi-Omics Integrated Survival Prediction in Renal Cell Carcinoma

Yu-Chieh Lin^{1,2}, Julius Drachneris^{1,3}, Allan Rasmusson^{1,3}, Mantas Fabijonavicius^{1,4}, Feliksas Jankevicius^{4,5}, Peir-In Liang⁶, Arvydas Laurinavicius^{1,3}

¹ Centre for Digital Medicine, Translational Health Research Institute, Vilnius University, Vilnius, Lithuania;

² Institute of Research, Development and Innovation, IMU University, Kuala Lumpur, Malaysia;

³ National Center of Pathology, Affiliate of Vilnius University Hospital Santaros Klinikos, Vilnius, Lithuania;

⁴ Center of Urology, Vilnius University Hospital Santaros Klinikos, Vilnius, Lithuania;

⁵ Clinic of Gastroenterology, Nephrourology and Surgery, Institute of Clinical Medicine, Vilnius University, Vilnius, Lithuania;

⁶ Department of Pathology, Kaohsiung Medical University Hospital, Kaohsiung Medical University, Kaohsiung, Taiwan

Renal cell carcinoma (RCC) accounts for most kidney cancers and remains a leading cause of cancer-related mortality. Although targeted therapies and immune checkpoint inhibitors have improved overall survival, many patients still exhibit limited or short-lived responses. Therefore, timely identification of effective treatment strategies for refractory cases is critical to improving clinical outcomes.

Pathology remains the cornerstone of RCC diagnosis and prognostication. With the advent of digital pathology and artificial intelligence (AI), diagnostic accuracy and feature discovery have been significantly enhanced. Recent foundation models demonstrate strong generalization capacity, yet their potential can be further expanded by integrating tumor microenvironment (TME) information, such as immune and stromal cell composition, to enable personalized prognosis and treatment prediction.

In this study, we collected 214 RCC surgical excision cases from Vilnius University Santaros Klinikos, including whole-slide images of H&E slides, biomarker results of multiple immune cell subtypes, and progression-free survival (PFS) data. By fine-tuning a pretrained pathology-specific foundation model through iterative attention-guided optimization with survival data, we developed a model that improved the PFS prediction compared with the baseline (C-index 0.664 vs. 0.644). Validation using an independent external cohort of 94 RCC cases from Kaohsiung Medical University Chung-Ho Memorial Hospital also confirmed its robustness (C-index 0.654).

Furthermore, multivariate regression analysis incorporating immune profiling and histological indicators identified a feature combination that achieved a concordance index over 0.75 for PFS. This high-concordance workflow demonstrates how foundation model adaptation can enhance TME-level analysis and facilitate risk stratification for advanced RCC patients.

Gimdos kaklelio vėžio audinių tyrimas netiesinės mikroskopijos ir mašininio mokymo metodais

**Elena Osteikaitė¹, Mykolas Mačiulis¹, Viktoras Mažeika¹, Martynas Riauka¹,
Edvardas Žurauskas², Arydas Laurinavičius², Virginijus Barzda^{1,2,3}**

1 Vilniaus universitetas, Fizikos fakultetas, Lazerinių tyrimų centras,
Saulėtekio al. 10, 10223, Vilnius

2 Valstybinis patologijos centras, Vilniaus universiteto ligoninės Santaros
klinikos filialas, P. Baublio g.
5, 08406, Vilnius

3 Department of Physics, University of Toronto, 60 St George St, Toronto,
Canada

Gimdos kaklelio vėžys, tai ketvirtas pagal dažnumą vėžinis susirgimas moterų tarpe. Šis susirgimas nustatomas PAP tyrimo metu, kuomet gimdos kaklelio ląstelės yra tiriamos šviesaus lauko mikroskopijos metodu. Netiesinė mikroskopija galėtų tapti vertingu histopatologijos įrankiu, kadangi šiuo būdu būtų galima išgauti daugiau struktūrinės informacijos apie mikroskopuojamą audinį. Tai modernus mikroskopijos metodas, galintis atkurti 3D vaizdus, reikalingus tikslesnei vėžinio susirgimo diagnostikai. Netiesiniai optiniai procesai, tokie kaip antrosios harmonikos generacija (SHG) ir trečiosios harmonikos generacija (THG) gali tapti vertingais vaizdinimo metodais histopatologijos srityje, dėl selektyvaus vaizdinimo glaimybės. SHG signalą generuoja tarpląstelinėje matriksoje esančios kolageno skaidulos, dėl C6 simetrijos grupės. Ląstelių membranos bei branduoliai generuoja THG atsaką, dėl terpių lūžio rodiklių pokyčio. Naudojant dvigubos Stokso -Miulerio poliarimetrijos metodą, yra galimybė giliau išnagrinėti kolageno skaidulų išsidėstymą, nagrinėjant poliarimetrinius-ultrastruktūrinius skaidulų parametrus.

Šio tyrimo metu buvo tirti 5 gimdos kaklelio vėžio mėginiai, iš viso tirtos trys vėžinio susirgimo diagnozės: gerai diferencijuota adenokarcinoma, prastai diferencijuota adenokarcinoma ir serozinė karcinoma. Šie mėginiai buvo vaizdinti naudojantis netiesiniu mikroskopu, o SHG vaizdai buvo naudojami DSMP metodu sugeneruoti tokius poliarimetrinius dydžius kaip R- santykis ir C-santykis. Gautų poliarimetrinių parametrų žemėlapiai toliau buvo analizuojami tekstūrinės analizės metodu, taip buvo gauti poliarimetriniai-tekstūriniai parametrai.

Galimausiai, visi šie duomenys buvo analizuojami Kruskal-Wallis statistiniu testu ir principinių komponentių analizės (PCA) metodu. Naudojantis Kruskal-Wallis testu, buvo atrinkti statistiškai skirtumą tarp sveikų ir nesveikų audinių parodantys poliarimetriniai-tesktūriniai parametrai. Tuomet, naudojant PCA metodiką, buvo sugeneruoti naujos principinės komponentės, kurios buvo sudarytos iš poliarimetrinių-tekstūrinių parametrų kombinacijų. Vaizdiškai įvertinant gautus netiesinės mikroskopijos vaizdus ir įvertinant PCA metu sugeneruotas principinių komponentių reikšmes, galima įvardinti, kokie poliarimetriniai požymiai atskiria sveiką gimdos kaklelio audinį, nuo vėžio paveikto audinio. Šis matavimo procesas potencialiai galėtų būti panaudojamas vystant netiesinės optinės histopatologijos vaizdinimo metodus. Tai galėtų užtikrinti didesnę vėžio diagnostikos proceso tikslumą, atpažįstant ligą ankstyvoje stadijoje.

Aritmijų abliacijos procedūrų planavimas taikant inHEART – dirbtinio intelekto pagrindu veikiančią neinvazinių vaizdų analizės platformą

Ričardas Kundelis

inHEART – tai debesijos pagrindu veikianti medicininės vaizdo analizės platforma, kuri automatizuotai apdoroja širdies kompiuterinės tomografijos ir/ar magnetinio rezonanso tomografijos duomenis. Dirbtinio intelekto algoritmai ir specializuoti operatoriai atlieka trimatę širdies rekonstrukciją, apimančią procedūrai aktualias anatomines (širdies kameras, didžiasias kraujagysles, širdies arterinę ir veninę sistemas, greta einančius nervus, stemplę) ir kitas gretutines (implantuotų prietaisų laidai, vožtuvų protezai) struktūras bei rekonstruotų audinių charakteristiką (sienelių išplonėjimo, randinio audinio, riebalinės infiltracijos ar kalcifikacijos vizualizacija, kritinių aritmijos zonų identifikavimas).

inHEART modeliai integruojami į klinikinėje praktikoje jau naudojamų elektroanatominės navigacijos sistemas, todėl ne tik suteikia galimybę personalizuotai planuoti procedūrą prieš ją pradedant, bet ir trumpina procedūros trukmę bei didina jos saugumą nemažinant efektyvumo.

Vilniaus universiteto ligoninės Santaros klinikose atlikti pirmieji keturi atvejai Baltijos šalyse, kai inHEART technologija panaudota išeminės kilmės skilvelinių ritmo sutrikimų intervenciniam gydymui, siekiant įvertinti jos pritaikomumą ir papildomą vertę standartinės abliacijos praktikos kontekste.

Mašininiu mokymu ir šešiakampių gardelių analitika pagrįstas inkstų mikroarchitektūros vertinimas

Renaldas Augulis^{1,2}, Allan Rasmusson^{1,2}, Arvydas Laurinavičius^{1,2}

¹ Skaitmeninės medicinos centras, Transliacinių sveikatos tyrimų institutas, Vilniaus universitetas, Vilnius, Lietuva

² Valstybinis patologijos centras, Vilniaus universiteto ligoninės Santaros klinikų filialas, Vilnius, Lietuva.

Santrauka:

Įvadas. Histologinių vaizdų vertinimas grindžiamas patologo patirtimi paremta interpretacija, todėl gali būti subjektyvus ir atkartojamas. Dirbtinio intelekto (DI) metodai leidžia automatizuotai klasifikuoti histologinius audinius ir kiekybiškai įvertinti globalias jų mikroarchitektūros transformacijas. Vistik globalūs patologinių pokyčių rodikliai gali būti įtakojami jų erdvinio pasiskirstymo audinyje. Šio heterogeniškumo įvertinimui bei išsamiam požymių agregavimui reikalingi analitikos metodai, lokalizuojantys patologines transformacijas erdviniam audinio mikroarchitektūros kontekste.

Metodai.

Analizuoti transplantuotų inkstų biopatų viso pjūvio vaizdai (n = 919). Glomerulai, kanalėliai, peritubuliniai kapiliarai, kraujagyslės ir stroma segmentuoti „HALO AI“ aplinkoje pritaikant DenseNet architektūros gilaus mokymo modelį. Glomerulai ir kraujagyslės nebuvo įtraukti į tolimesnę analizę, toliau fokusuojantis į tubulointerstinio kompartimento variaciją. Šešiakampių gardelių metodika taikyta erdviniam audinio komponentų variacijos įvertinimui. Sugeneruota 2,09 mln. gardelių. Kiekvienoje gardelėje nustatytos audinio komponentų proporcijos bei ląstelių skaičius. Požymių rinkinys analizuotas PCA ir klasterinės analizės metodais morfologinių fenotipų nustatymui.

Rezultatai.

PCA atlikta visų biopatų bendrame gardelių masyve. Nustatytos keturios reikšmingos komponentės, interpretuotos kaip lėtiniai pokyčiai, ūmus peritubulinis kapiliaritas, tubulitas ir ūmus pažeidimas. Klasterinė analizė išskyrė septynis dominuojančius fenotipus ir jų derinius: normalus audinys, fibrozė, uždegimas su fibrozės požymiais, uždegimas, tubulitas, kapiliaritas ir kanalėlių atrofija. Klasteriai interpretuoti pagal jų centroidų sąsajas ir reprezentatyvius surūšiuotus vaizdus.

Išvados. Šešiakampių gardelių analitika leidžia lokalizuoti inkstų tubulointerstinio komponento fenotipų įvairovę ir jų erdvinį pasiskirstymą. Gauti duomenys leidžia kiekybiškai įvertinti patologinių pokyčių laipsnį ir heterogeniškumą inksto transplantate, siekiant išsamaus biopsinio tyrimo algoritmo.

Integrating immunogradient and vascular topography at the tumor-stroma interface improves post-nephrectomy risk stratification in clear cell renal cell carcinoma

Fabijonavicius Mantas^{1*}, Garnelyte Ausra², Zilenaite-Petrulaitiene Dovile^{2,3}, Rasmusson Allan^{2,3}, Drachneris Julius^{2,3}, Cekauskas Albertas^{1,4}, Jankevicius Feliksas^{1,4}, Laurinavicius Arvydas^{2,3}

1 Center of Urology, Vilnius University Hospital Santaros Klinikos, Vilnius, Lithuania;

2 National Center of Pathology, Affiliate of Vilnius University Hospital Santaros Klinikos, Vilnius, Lithuania;

3 Center for Digital Medicine, Translational Health Research Institute, Vilnius University, Vilnius, Lithuania;

4 Clinic of Gastroenterology, Nephrourology and Surgery, Institute of Clinical Medicine, Faculty of Medicine, Vilnius University, Vilnius, Lithuania.

Background: Clear cell renal cell carcinoma (ccRCC) is highly heterogeneous tumor and often progresses despite surgical removal. The tumor microenvironment (TME) hinges on two complementary pillars of immune response and angiogenesis, that can be represented by lymphocyte infiltrate and microvasculature network. This study aimed to assess whether spatial patterns of CD8+ cell infiltration and the CD34-positive microvasculature at the tumor–stroma interface could predict progression-free survival (PFS) in patients with ccRCC following nephrectomy.

Methods: We retrospectively analyzed 214 ccRCC patients treated at Vilnius University Hospital Santaros Clinics (2009–2019). Immunohistochemistry for CD8 and CD34 was carried out on surgical excision samples of the tumor. Digital image analysis was performed to quantify the Cell densities and Vessel areas in the spatial context of the tumor–stroma interface. The extracted CD8+ immunogradient indicators and CD34-derived intratumoral vascular area fraction (VAF) were tested to predict the (PFS).

Results: Multivariable Cox regression revealed a shift of CD8+ cell density toward the tumor, measured as the center of mass, to independently predict shorter PFS (HR 5.08; $p=0.0005$). In contrast, higher CD34+ vascular area coverage deeper in the tumor was independently associated with longer PFS (HR 0.31; $p=0.0076$). Tumor size >4.95 cm, coagulative necrosis, and local recurrence were also independent predictors. A composite score that integrates clinicopathological factors with the immune-vascular indicators is proposed to improve patient risk stratification.

Conclusions: Spatial patterns of immune and vascular components at the tumor-stroma interface independently predict PFS in patients with ccRCC following nephrectomy and may enhance the performance of current patient risk stratification schemes.

Alporto sindromo atvejų paieškos algoritmas naudojant dirbtinį intelektą ir elektroninės sveikatos sistemos duomenis

Eglė Kondrataitė¹, Gražina Korvel¹, Rimantė Čerkauskienė², Arvydas Laurinavičius², Jolita Bernatavičienė¹, Gabrielė Skirmantaitė¹, Agnė Čerkauskaitė-Kerpauskienė²

1. Duomenų mokslo ir skaitmeninių technologijų institutas, Vilniaus Universitetas

2. Medicinos fakultetas, Vilniaus universitetas

Alporto sindromas (AS) yra antra pagal dažnumą paveldima inkstų liga, kurią sukelia patogeniniai COL4A3–COL4A5 genų variantai. AS klinikiniai simptomai varijuoja nuo izoliuotos besimptomės mikrohematurijos iki negrįžtamo inkstų funkcijos sutrikimo. Ankstyva AS diagnostika lemia tolimesnę ligos eigą. Dirbtinio intelekto (DI) technologijų gebėjimas integruoti ir analizuoti įvairių tipų didelius duomenų rinkinius vis plačiau taikomas siekiant paspartinti retų ligų diagnostiką. Elektroniniuose sveikatos įrašuose saugoma didžiulė nestruktūruotų duomenų apimtis leidžia sukurti ligos įtarimo modelį. Tyrimo tikslas yra sukurti įrankį, kuris automatizuotu ir skaitmenizuotu paieškos būdu, naudojant medicininius elektroninės sistemos (elektroninės ligos istorijos – ELI) duomenis ir DI leistų identifikuoti asmenis, turinčius didžiausią riziką sirgti AS.

Metodai. Naudojant MIMIC-III ir MIMIC-IV duomenų rinkinius, kuriuose saugomi deidentifikuoti realių pacientų klinikiniai įrašai, sudarytas struktūrizuotų (TLK-10 kodai, amžius, lytis) ir nestruktūruotų (elektroninių dokumentų tekstiniai fragmentai) duomenų rinkinys. Pacientai suskirstyti į dvi grupes: AS ir kontrolinę grupę. Naudojant struktūrizuotų ir medicininių tekstų analizę, buvo sukurtas specializuotas 33 standartizuotų AS terminų žodynelis, patvirtintas gydytojo eksperto. Pirmojo tyrimo etapo metu sukurta taisyklėmis pagrįsta medicininių požymių atpažinimo sistema, skirta aptikti su AS susijusių terminų sinonimus, santrumpas, alternatyvias formuluotes bei kontekstui būdingus išsireiškimus. Antrojo etapo metu iš nestruktūrizuotų (laisvo teksto) elektroninių sveikatos įrašų išgauti duomenys buvo analizuojami taikant mašininio mokymosi pagrindų paremtą klasterizavimo analizę.

Rezultatai. Identifikuoti iš viso 27 (18 vyrų ir 9 moterų) AS pacientai, rasta 619 ELI įrašų, vidutiniškai 23 įrašai vienam pacientui. Medicininių įrašų žodžių skaičius parodė skirtumus tarp skirtingų medicininių įrašų kategorijų. Vidutiniškai medicininių įrašų sudarė 1616 žodžių, iš viso užfiksuota 145 408 žodžių (8015 unikalių žodžių). Iš ELI sistema atpažino 18 terminų iš 33 žodyną sudariusių terminų. Galutinis medicininių terminų žodynelis apėmė iš viso 33 terminus: 9 ligas, 20 simptomų ir 4 procedūras. Šio tyrimo NER sistema naudoja taisyklėmis pagrįstą metodą, remdamasi anksčiau sukurta medicininių terminų žodynu, siekiant identifikuoti su Alporto sindromu (AS) susijusius objektus klinikinėse pastabose. Iš viso sistemoje yra 78 individualios taisyklės: 15 ligoms, 58 simptomams ir 5 procedūroms. K-means klasterizavimo algoritmo Rand indeksas buvo 0,834, Fowlkes–Mallows rodiklis 0,837.

Išvados. Natūralios kalbos apdorojimo metodas įrodė taisyklėmis pagrįstos sistemos veiksmingumą, leidžiantį iš nestruktūruoto teksto išgauti prasmingą klinikinę informaciją apie AS. Nepaisant tam tikro požymių persidengimo tarp abiejų pacientų grupių, K-means algoritmas teisingai suklasterizavo daugumą pacientų.

Technology Platform for Hexagonal Grid Analytics in Pathology

Rasmusson Allan^{1,2,3}

1.Center for Digital Medicine, Translational Health Research Institute, Faculty of Medicine, Vilnius University, Vilnius, Lithuania;

2.Department of Pathology and Forensic Medicine, Institute of Biomedical Sciences, Faculty of Medicine, Vilnius University, Vilnius, Lithuania;

3.National Center of Pathology, affiliate of Vilnius University Hospital Santaros Klinikos, Vilnius, Lithuania;

The adoption of AI and ML tools in digital pathology for researching new imaging modalities and biomarkers is happening with a rapid pace. A new project ("Hex4Path" in short) has a two-fold aim of a) furthering the research of spatial grid-based biomarkers in both existing and emerging microscopy modalities. b) The second aim concerns investigations into and development of a technological platform for rapid prototyping of digital pathology AI research.

This talk will highlight the ongoing research and prospects of the spatial biomarker research as well as addressing the interoperability and integration needs and challenges for rapid AI prototyping. This is an important, but often overlooked step, that ensures the researched tools are available for external digital pathology and AI research collaborators as well as translational studies.

AI-Driven Polychromatic Polarization Microscopy for Quantitative Histopathological Analysis

Martynas Riauka^{1,2}, Emilija Keževičiūtė³, Mantas Fabijonavičius⁴, Aida Laurinavičienė^{1,3,5}, Allan Rasmusson^{1,3,5}, Linas Petkevičius⁶, Benoit Plancoulaine^{3,7,8}, Michael Shribak⁹, Virginijus Barzda^{2,10,11}, Arvydas Laurinavicius^{1,3,5}

1.Center for Digital Medicine, Translational Health Research Institute, Faculty of Medicine, Vilnius University, Vilnius, Lithuania; 2.Laser Research Centre, Faculty of Physics, Vilnius University, Vilnius, Lithuania; 3.Department of Pathology and Forensic Medicine, Institute of Biomedical Sciences, Faculty of Medicine, Vilnius University, Vilnius, Lithuania; 4.Center of Urology, Vilnius University Hospital Santaros Klinikos, 08410 Vilnius, Lithuania; 5.National Center of Pathology, affiliate of Vilnius University Hospital Santaros Klinikos, Vilnius, Lithuania; 6.Institute of Computer Science, Faculty of Mathematics and Informatics, Vilnius University, Vilnius, Lithuania; 7.UNICANCER, Comprehensive Cancer Center François Baclesse, Caen, France; 8.Université de Caen Normandie, INSERM U1086 ANTICIPE (Interdisciplinary Research Unit for Cancers Prevention and Treatment), BioTICLA Laboratory (Precision Medicine for Ovarian Cancers), Caen, France; 9.Marine Biological Laboratory of University of Chicago, Woods Hole, MA, USA; 10.Department of Chemical and Physical Sciences, University of Toronto Mississauga, Mississauga, Canada; 11.Department of Physics, University of Toronto, Toronto, Canada

Polychromatic polarization microscopy (PPM) enables visualization of birefringent tissue components, predominantly collagen fibers, by assigning distinctive hues corresponding to fiber in-plane orientation. This color-orientation relationship provides a powerful, label-free contrast mechanism for investigating the organization of extracellular matrix (ECM) in tissues without the need for collagen-specific staining. However, traditional PPM requires acquiring two complementary images under two distinct polarization configurations to reliably separate birefringent structures from background tissue. In this talk, we introduce an AI-driven framework that overcomes this limitation and expands the analytical potential of PPM. By employing a generative adversarial network (GAN) trained on paired PPM datasets, we demonstrate that a single experimental acquisition can be used to synthesize the complementary polarimetric images, enabling robust segmentation of collagen fibers without the need for repeated imaging.

Furthermore, we demonstrate that an additional neural network can be used to translate PPM images into brightfield-equivalent representations, preserving the structural accuracy of tissue and enabling the out-of-the-box compatibility with pre-trained brightfield-based tissue classifiers.

Applying this framework to renal cell carcinoma tissue sections, we quantified local collagen fiber orientations relative to the tumor margin and extracted a comprehensive set of radiomic descriptors from the resulting orientation maps. Using these features, we demonstrated the potential to detect and characterize distinct intratumoral and peritumoral collagen organization patterns across different patients through unsupervised tissue region clustering.

These approaches not only enable fiber segmentation, orientation angle quantification, and radiomics analysis of the ECM microarchitecture but also provide a pathway for combining polarimetric and traditional brightfield analysis techniques.