

**VILNIAUS UNIVERSITETO DOKTORANTŪROS STUDIJŲ DALYKO SANDAS
(Bendrauniversitetinis dalykas)**

Mokslų sritis/ys, kryptis/ys (kodai)	Medicinos ir sveikatos mokslai (M 000): Medicina (M 001) Gamtos mokslai (N 000): Informatika (N 009), Biologija (N 010)			
Fakultetas, Institutas, Katedra /Klinika	Medicinos fakultetas Biomedicinos mokslų institutas Patologijos, teismo medicinos ir farmakologijos katedra			
Dalyko pavadinimas (ECTS kreditai, val.)	Patologijos informatika ir dirbtinio intelekto sistemos 6 kreditai (162 val.)			
Dalyko studijų būdas	Paskaitos	Seminarai	Konsultacijos	Individualus darbas
ECTS kreditai	0,5	0,5	1	4
Dalyko vertinimo būdas (vertinama 10 balų sistemoje)	<p>Pranešimo pristatymas ir vertinimas: pranešimas pristatomas tiksliai tema, kuri derinama su koordinuojančiais dėstytojais (doktorantas turi išanalizuoti, apžvelgti ir pristatyti naujausias mokslines publikacijas, susijusias su atitinkama tema). Tema derinama, likus 2 mėn. iki pranešimo pristatymo dienos. Pranešimo trukmė – iki 30 min.</p> <p>Pranešimo vertinimo kriterijai (<i>minimalus įskaitomas balas – 5</i>):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) pateiktos medžiagos aktualumas, naujumas ir atitiktumas pasirinktai temai (2,5 balo); 2) bendra pranešimo struktūra ir apimtis, aiškus žinių pateikimas, argumentacija, glaustumas ir konkretumas (2 balo); 3) apibendrinimas, išvadų pristatymas ir pagrindimas (1 balas); 4) probleminių klausimų iškelimas, apžvelgtų žinių taikymo savajame disertaciniame darbe pateikimas (3 balai); 5) temos esmę atspindinčių vaizdinių priemonių pateikimas (0,5 balo); 6) gebėjimas diskutuoti su pranešimu susijusia tema (0,5 balo) 7) atsakymai į papildomus klausimus (0,5 balo) 			
DALYKO KURSO TIKSLAS				
Susipažinti su patologijos informatikos ir dirbtinio intelekto metodais, pagrįstais biologinių audinių skaitmeninių ir molekulinų tyrimų duomenimis. Dalykas skirtas doktorantūros studentams, besigilinantiesiems į vaizdo analizę bei gilias mokymo metodus pagrįstus biologinių audinių tyrimus. Dalyke nagrinėjami metodai, taikomi audinių patologijos (<i>tissue pathology</i>) srityje.				
PAGRINDINĖS DALYKO TEMOS				
Biologinių ligos požymių ir žymenų tyrimo problematika, reikšmė personalizuotoje ligų terapijoje. Pagrindiniai patologijos procesai (pažeidimas, uždegimas, imunopatologija, neoplazija) kaip ligų raidos pagrindas. Ligų prognostiniai ir predikciniai žymenys. Biologinio audinio ir žymenų raiškos erdvinis heterogeniškumas, audinio mikroaplinkos sąvoka.				

Patologijos tyrimo principai, bioetiniai aspektai ir technologijos. Likutinės patologijos medžiagos naudojimas mokslo tyrimams. Biobankai, jų organizavimo principai. Biologinių audinių paruošimas tyrimui, numatant skaitmeninių technologijų taikymą, preanalitinės testo fazės svarba. Histologinio tyrimo etapai ir metodai. Histocheminiai, imunofluorescenciniai, imunohistocheminiai ir molekuliniai metodai. Audinių tyrimų variacijos šaltiniai, audinių artefaktai, kokybės užtikrinimas.

Virtualios (skaitmeninės) mikroskopijos technologijos. Vaizdinimo technologijos, taikomos patologijos diagnostikoje ir mokslo tyrimuose. Skaitmeninio mikroskopijos vaizdo formatai, suspaudimo ir informacijos išsaugojimo ypatumai. Mikroskopinio skanavimo įrangos ir parametrų įtaka vaizdo analizei. Vaizdo apdorojimas prieš atliekant analizę. Skaitmeninės vaizdo analizės pagrindai, galimybės, privalumai ir ribojantys veiksniai. Spalvos spektro skalės. Šviesos intensyvumas. Pagrindiniai skaitmeninės vaizdo analizės algoritmai, jų taikymo sritys. Histologinio piešinio (struktūrų) atpažinimas, segmentavimas, požymių ekstrakcija, matavimai. Algoritmų validavimo principai. Pamatinės tiesos sąvoka analitinio ir klinikinio validavimo kontekste. Tyrėjo ir tyrėjų variacijos tyrimai patologijos informatikos kontekste. Stereologijos principai, jų taikymas mikroskopinio vaizdo analizės kokybės užtikrinimui. Mašininio mokymosi ir gilaus mokymosi principai. Prižiūrimas ir neprižiūrimas mašininis mokymasis patologijoje. Įvairaus tipo vaizdo analizės ir kitų duomenų integravimas.

Skaitmeninės mikroskopijos tyrimo duomenų apdorojimas ir panaudojimas predikciniams ligos modeliams kurti. Aiškus (*explicit*) ir „paslėpti“ (*implicit*) modeliai. Vaizdo duomenų analitika daugiamatės ir erdvinės statistikos metodais. Vaizdo duomenų masyvo redukcija ir klasterizacija. Duomenų klasifikavimas ir regresija. Gilaus mašininio mokymosi metodai predikciniams ligos modeliams kurti. Dirbtinio intelekto sistemų paaiškinamumo problema ir jos sprendimo būdai. Klinikiniam taikymui validuotos patologijos dirbtinio intelekto sistemos.

SVARBIAUSIA REKOMENDUOJAMA LITERATŪRA

1. Perspectives on digital pathology // Editors Garcia-Rojo M, Blobbel B, Laurinavicius A. Stud Health Technol Inform 2012.
2. Janowczyk A, Madabhushi A. Deep learning for digital pathology image analysis: A comprehensive tutorial with selected use cases. J Pathol Inform. 2016; 7:29.
3. Madabhushi A, Lee G. Image analysis and machine learning in digital pathology: Challenges and opportunities. Medical image analysis. 2016; 33:170-5.
4. Campanella G, Hanna MG, Geneslaw L, Miraflor A, Werneck Krauss Silva V, Busam KJ, et al. Clinical-grade computational pathology using weakly supervised deep learning on whole slide images. Nature medicine. 2019; 25(8):1301-9.
5. Topol EJ. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. Nature medicine. 2019; 25(1):44-56.
6. Hagele M, Seegerer P, Lapuschkin S, Bockmayr M, Samek W, Klauschen F, et al. Resolving challenges in deep learning-based analyses of histopathological images using explanation methods. Sci Rep. 2020; 10(1):6423.
7. Parwani AV, Amin MB. Convergence of Digital Pathology and Artificial Intelligence Tools in Anatomic Pathology Practice: Current Landscape and Future Directions. Advances in Anatomic Pathology. 2020; 27(4):221-6.
8. Weisberg EM, Chu LC, Park S, Yuille AL, Kinzler KW, Vogelstein B, et al. Deep lessons learned: Radiology, oncology, pathology, and computer science experts

- unite around artificial intelligence to strive for earlier pancreatic cancer diagnosis. *Diagn Interv Imag.* 2020; 101(2):111-5.
9. Baxi V, Edwards R, Montalto M, Saha S. Digital pathology and artificial intelligence in translational medicine and clinical practice. *Mod Pathol.* 2021.
 10. Jackson BR, Ye Y, Crawford JM, Becich MJ, Roy S, Botkin JR, et al. The Ethics of Artificial Intelligence in Pathology and Laboratory Medicine: Principles and Practice. *Acad Pathol.* 2021; 8.
 11. Latonen L, Ruusuvuori P. Building a central repository landmarks a new era for artificial intelligence-assisted digital pathology development in Europe. *Eur J Cancer.* 2021; 150:31.
 12. Laurinavicius A, Rasmusson A, Plancoulaine B, Shribak M, Levenson R. Machine-learning-based evaluation of intratumoral heterogeneity and tumor-stroma interface for clinical guidance. *Am J Pathol.* 2021.

KONSULTUOJANTYS DĒSTYTOJAI

1. Dalyką koordinuojantis dėstytojas: Arvydas Laurinavičius (prof. dr.)
2. Allan Rasmusson (doc. dr.)
3. Mindaugas Morkūnas (asist. dr.)
4. Aida Laurinavičienė (doc. dr.)

PATVIRTINTA:

Vilniaus universiteto Medicinos ir sveikatos mokslų Doktorantūros mokyklos Tarybos posėdyje 2022 m. birželio mėn. 15 d.

Tarybos pirmininkė prof. Janina Tutkuvienė