

Doctoral Courses 2025/2026 spring semester

- 1. Bilicki Vilmos, Jánki Zoltán: MI-támogatott szoftverfejlesztés és kutatási munkafolyamatok (Agentic Coding) / AI-Assisted Software Development and Research Workflows (Agentic Coding)**
- 2. Gosztolya Gábor: Az automatikus beszédfeldolgozás új fejleményei / Latest developments in automatic speech processing**
- 3. Vadai Gergely: Emberi dinamika leírása és modellezése / Modelling human dynamics**
- 4. Békési József: Ütemezési modellek alkalmazásai / Applications of Scheduling Models**
- 5. Jelasity Márk: A mesterséges intelligencia legújabb trendjei / Latest trends in artificial intelligence**
- 6. Dombi József: Fuzzy logika, többtényezős döntési eszközök, interpretálható neurális hálózatok / Fuzzy logic, multicriteria decision tools, explainable neural networks**
- 7. Vágvölgyi Sándor: Kvantumszámítás (only in Hungarian)**
- 8. Balogh János: Pakolási algoritmusok (only in Hungarian)**
- 9. Farkas Richárd: Intelligens ember-gép interfészek / Intelligent human-computer interactions**
- 10. Vágvölgyi Sándor: Termátíró rendszerek (only in Hungarian)**
- 11. Kérsz Miklós: Discrete Optimization and Artificial Intelligence**

Topics descriptions

1. Bilicki Vilmos, Jánki Zoltán: MI-támogatott szoftverfejlesztés és kutatási munkafolyamatok (Agentic Coding) / AI-Assisted Software Development and Research Workflows (Agentic Coding)

Tematika (12-14 hét)

1. modul: Alapok és paradigmaváltás (2 hét)

- Az agentic coding koncepciója és történeti háttere
- Különbség a hagyományos IDE-k, copilot eszközök és agentic rendszerek között

- A "human-in-the-loop" vs. "human-on-the-loop" modellek
- Kognitív tehermentesítés és a fejlesztői szerepkör átalakulása

2. modul: LLM-ek megértése fejlesztői szemszögből (2 hét)

- Transformer architektúra és tokenizáció alapjai
- Context window menedzsment és stratégiák
- Prompt engineering haladó technikák kutatási kontextusban
- Hallucináció-kezelés és validációs stratégiák

3. modul: Agentic coding eszközök és architektúrák (2 hét)

- Claude Code, Cursor, GitHub Copilot Workspace, Windsurf elemzése
- Tool use és function calling mechanizmusok
- Multi-agent rendszerek szoftverfejlesztésben
- MCP (Model Context Protocol) és hasonló protokollok

4. modul: Skill-alapú MI-irányítás (2 hét)

- Mi az a skill fájl és miért fontos?
- Skill fájlok anatómiája és best practice-ek
- Domain-specifikus tudás formalizálása
- Skill kompozíció és hierarchia

5. modul: Kutatási munkafolyamatok automatizálása (2 hét)

- Irodalomkutatás és szisztematikus review támogatás
- Kód-alapú kutatási reprodukálhatóság
- Adatelemzési pipeline-ok MI-támogatással
- Kutatási dokumentáció és publikáció-előkészítés

6. modul: Projektmunka – Saját skill fájlok fejlesztése (2-4 hét)

- Egyéni kutatási területhez kapcsolódó skill fájl tervezése
- Iteratív fejlesztés és tesztelés
- Peer review és közös értékelés
- Dokumentáció és portfólió készítés

Szakirodalom

Kötelező irodalom

1. Anthropic Documentation – "Building Effective Agents" (2024)

<https://docs.anthropic.com/en/docs/build-with-claude/agentic>

2. OpenAI Cookbook – "How to build an agent with the Node.js SDK"

<https://cookbook.openai.com/>

3. Cognition Labs – "Devin: AI Software Engineer" Technical Reports (2024)

4. Microsoft Research – "AutoGen: Enabling Next-Gen LLM Applications" (2023)
<https://arxiv.org/abs/2308.08155>

Folyamatosan frissülő források

- Anthropic Engineering Blog
- LangChain Documentation
- AI Engineering Newsletter (Swyx)

Követelmények és értékelés

Komponens Súly Leírás

Irodalom-feldolgozás 20% 3 kijelölt cikk kritikai elemzése

Skill fájl projekt 50% Saját kutatási területhez kapcsolódó, működő skill fájl készítése dokumentációval

Prezentáció 20% 15 perces előadás a skill fájlról és alkalmazási tapasztalatokról

Peer review 10% Két másik hallgató skill fájljának értékelése

Skill fájl projekt követelmények

1. Minimum 1 komplex, saját kutatási területhez kapcsolódó skill fájl
2. README dokumentáció a skill használatáról
3. Legalább 3 tesztelt use case bemutatása
4. Reflexió: mi működött, mi nem, és miért

Ütemezés (olvasókurzus)

Hét Tevékenység Konzultáció

1-2 Irodalom feldolgozás (Modul 1-2) Bevezető konzultáció

3-4 Irodalom feldolgozás (Modul 3-4) –

5 Paper review beadás Konzultáció

6-8 Skill fájl tervezés és fejlesztés Konzultáció

9-11 Skill fájl finomítás, tesztelés –

12-13 Peer review, prezentációk Záró konzultáció

14 Végző beadás 2026. máj. 22. előtt

Course Basic Information

Field Value

Course Instructor Vilmos Bilicki PhD

Course Title (Hungarian) MI-támogatott szoftverfejlesztés és kutatási munkafolyamatok (Agentic Coding)

Course Title (English) AI-Assisted Software Development and Research Workflows (Agentic Coding)

Course Format Reading course (with consultations)

Language of Instruction English

Preferred Schedule Monday afternoon

Course Description

This doctoral course explores the emerging paradigm of agentic coding, where AI systems serve as active collaborators in software development and research workflows. Students will develop a deep understanding of how large language models can be directed, constrained, and augmented through skill files to perform

complex, domain-specific tasks. The course emphasizes practical application, culminating in the creation of custom skill files tailored to each student's research domain.

Learning Outcomes

Upon successful completion of this course, students will be able to:

1. Analyze the architectural differences between traditional IDEs, copilot-style assistants, and agentic coding systems
2. Evaluate the capabilities and limitations of LLMs in software development contexts
3. Design effective prompting strategies and skill files for research automation
4. Implement custom skill files that encode domain-specific knowledge and workflows
5. Critically assess the implications of AI-assisted development for software engineering research and practice

Syllabus (12-14 weeks)

Module 1: Foundations and Paradigm Shift (2 weeks)

- The concept of agentic coding: history and evolution
- Distinguishing traditional IDEs, copilot tools, and agentic systems
- "Human-in-the-loop" vs. "human-on-the-loop" models
- Cognitive offloading and the transformation of developer roles
- Ethical considerations and responsible AI use in development

Module 2: Understanding LLMs from a Developer's Perspective (2 weeks)

- Transformer architecture and tokenization fundamentals
- Context window management strategies
- Advanced prompt engineering techniques for research contexts
- Hallucination patterns, detection, and mitigation strategies
- Evaluation metrics for code generation quality

Module 3: Agentic Coding Tools and Architectures (2 weeks)

- Comparative analysis: Claude Code, Cursor, GitHub Copilot Workspace, Windsurf
- Tool use and function calling mechanisms
- Multi-agent systems in software development
- Model Context Protocol (MCP) and similar integration protocols
- Building custom tool integrations

Module 4: Skill-Based AI Direction (2 weeks)

- What is a skill file and why does it matter?
- Anatomy of effective skill files: structure and best practices
- Formalizing domain-specific knowledge for AI consumption
- Skill composition, hierarchy, and modularity
- Version control and maintenance of skill files

Module 5: Automating Research Workflows (2 weeks)

- Literature review and systematic review automation
- Code-based research reproducibility
- Data analysis pipelines with AI assistance
- Research documentation and publication preparation

- Integrating AI tools into existing research methodologies
- Module 6: Project Work – Developing Custom Skill Files (2-4 weeks)

- Designing skill files for individual research domains
- Iterative development and testing methodologies
- Peer review and collaborative evaluation
- Documentation and portfolio preparation
- Presentation of results

Bibliography

Required Reading

1. Anthropic Documentation – "Building Effective Agents" (2024)
<https://docs.anthropic.com/en/docs/build-with-claude/agent>
2. OpenAI Cookbook – "How to build an agent with the Node.js SDK"
<https://cookbook.openai.com/>
3. Cognition Labs – "Devin: AI Software Engineer" Technical Reports (2024)
4. Microsoft Research – "AutoGen: Enabling Next-Gen LLM Applications" (2023)
Wu, Q. et al. – arXiv:2308.08155

Continuously Updated Resources

- Anthropic Engineering Blog
- LangChain / LangGraph Documentation
- AI Engineering Newsletter (Latent Space)
- The Gradient (Stanford AI publication)

Assessment and Requirements

Component	Weight	Description
Literature Analysis	20%	Critical analysis of 3 assigned papers (2-3 pages per paper)
Skill File Project	50%	Functional skill file for own research domain with documentation
Presentation	20%	15-minute presentation on the skill file and application experiences
Peer Review	10%	Evaluation of two other students' skill files

Skill File Project Requirements

1. Minimum one complex skill file connected to the student's research area
2. Comprehensive README documentation explaining skill usage
3. At least 3 tested and documented use cases
4. Reflective analysis: what worked, what didn't, and why
5. Version-controlled repository (GitHub/GitLab)

Grading Scale

- Excellent (5): Exceptional skill file with novel approach, thorough documentation, insightful reflection
- Good (4): Well-functioning skill file with good documentation and solid analysis
- Satisfactory (3): Functional skill file meeting basic requirements
- Pass (2): Minimal skill file with limited functionality
- Fail (1): Requirements not met

Example Skill File Topics (For Inspiration)

Schedule (Reading Course Format)

Week	Activity	Consultation
1-2	Literature study (Modules 1-2)	Introductory consultation
3-4	Literature study (Modules 3-4)	–
5	Paper review submission	Consultation session
6-8	Skill file design and development	Mid-project consultation
9-11	Skill file refinement and testing	–
12-13	Peer review and presentations	Final consultation
14	Final submission	Before May 22, 2026

2. Gosztolya Gábor: Az automatikus beszédfeldolgozás új fejleményei / Latest developments in automatic speech processing

Tematika:

A kurzus tematikája az elmúlt 2-3 év beszédfeldolgozási irodalmából fog származni. Olyan cikkeket dolgozunk föl, amik a terület nagy konferenciáin (Interspeech, ICASSP, SLT / ASRU, esetleg általános gépi tanulási konferenciák) vagy flagship folyóirataiban (Speech Communication, Computer Speech & Language, IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech and Language Processing) jelentek meg, és már most úgy tűnik, hogy nagy hatással lesznek a következő évek kutatási irányaira.

A tematika elsősorban a beszédfelismerési feladatra (speech-to-text) fókuszál, de további beszédalkalmazásokat (=beszélő-azonosítás, érzelemfelismerés, orvosi alkalmazások) is magában foglalhat.

Heti egy-egy cikket feldolgozó szeminárium, egy kijelölt előadóval. A cikkek listája a kurzus indulásakor lesz elérhető.

The course will be based on the most influential papers published in automatic speech processing in the last two-three years. We process papers which were published in the flagship conferences of the area (Interspeech, ICASSP, SLT / ASRU, maybe general machine learning conferences) or in the flagship journals (Speech Communication, Computer Speech & Language, IEEE/ACM Transactions on Audio, Speech and Language Processing), and which, even at the moment, seem to have a large effect on the research directions of the following years.

The course mainly focuses on the automatic speech recognition task (speech-to-text), but also includes further applications (speaker identification, emotion recognition, pathological applications).

The format is a seminar, studying on one paper for each week, with one dedicated presenter. The list of the scientific papers will be available at the start of the course.

3. Vadai Gergely: Emberi dinamika leírása és modellezése //Modelling human dynamics

Tematika:

Az olvasókurzus célja a hétköznapi emberi mozgásmintázatok leírásához és modellezéséhez szükséges ismeretanyag feldolgozása a következő könyv fejezeteiből:

M. Karsai, HH. Jo, K. Kaski, Bursty Human dynamics, Springer, 2018. PDF: <https://arxiv.org/pdf/1803.02580.pdf>

Fejezetek:

- a hatványeloszlással jellemezhető folyamatok leírásához szükséges matematikai apparátust (Poisson folyamat, Bursty activity, Heavy tailed eloszlások, Hatványeloszlások, Hurst exponens, korreláltság és $1/f$ zaj);
- empirikus megfigyelésekkel kapott adatelemzések eredményeit különböző folyamatok esetén (pl. mobilhívások, internetes aktivitás, mozgás stb.);
- hálózattelméleti leírás módszertanát;
- különböző modelleket, ezekkel elért eredményeket.

A hallgatóknak a könyv egyes részeit kell feldolgozni és az ismeretanyagot prezentálni. A cél a tárgyterület közös feldolgozása és megismerése, mivel a különböző részek különböző háttértudást igényelnek (idősorelemzés, jelfeldolgozás, hálózattudomány, fluktuációk leírása stb.).

Olvasókurzus néhány kontaktórával magyar, igény esetén angol nyelven.

Topics:

The aim of the course is to review the knowledge needed to describe and model everyday human motion patterns in the following chapters of this book:

M. Karsai, HH. Jo, K. Kaski, Bursty Human dynamics, Springer, 2018. PDF: <https://arxiv.org/pdf/1803.02580.pdf>

The chapters summarise:

- the mathematical apparatus needed to describe processes with power distributions (Poisson process, Bursty activity, Heavy tailed distributions, Power distributions, Hurst exponent, correlation and $1/f$ noise);
- the results of data analyses obtained from empirical observations for different processes (e.g. mobile calls, Internet activity, motion, etc.);
- methodology for network theory based descriptions;
- different models and results obtained with them.

Doctoral students will be asked to work through parts of the book and present their knowledge. The aim is to process and learn the subject area together, as the different parts require different background knowledge (time series analysis, signal processing, network theory, description of fluctuations, etc.).

Szakirodalom / Bibliography: M. Karsai, HH. Jo, K. Kaski, Bursty Human dynamics, Springer, 2018.

PDF: <https://arxiv.org/pdf/1803.02580.pdf>

Reading course with consultations in English

4 . Békési József: Ütemezési modellek alkalmazásai / Applications of Scheduling Models

Tematika:

1. A járműütemezési feladat (VSP)
2. Az egydepós járműütemezési feladat (SDVSP) matematikai modellje
3. A többdepós járműütemezési feladat (MDVSP) matematikai modellje
4. Kapcsolatalapú többtermékes hálózati modell
5. Idő-tér hálózati modell
6. Halmazpartícionálási modell
7. Heurisztikus megoldó módszerek
8. Járművezető-ütemezési feladat (CSP)
9. Modellek és algoritmusok a járművezető-ütemezési feladatra
10. Integrált jármű- és vezető-ütemezési feladat (VCSP)
11. Modellek és algoritmusok az integrált járművezető-ütemezési feladatra
12. Járatrtervező (VRP) modellek.
13. Többszemponú döntések.
14. Újraütemezés, újraoptimalizálás.

Szakirodalom:

Dennis Huisman: Integrated and Dynamic Vehicle and Crew Scheduling, Tinbergen Institute Research Series 325, 2004, ISBN 90 5170 764 9

D, Vigo, P. Toth, editors The vehicle routing problem, SIAM 2001, ISBN:0-89871-498-2

5. Jelasity Márk: A mesterséges intelligencia legújabb trendjei / Latest trends in artificial intelligence

Tematika

A kurzus tematikáját olyan cikkek fogják adni, amelyek az elmúlt 1-2 évben jelentek meg, és máris látható, hogy jelentős hatást gyakorolnak a kutatási irányokra. Elsősorban a gépi tanulás különböző algoritmusai és alkalmazásai jelentik jelenleg az ilyen irányokat. Feldolgozunk elméleti cikkeket is (pl adversarial tanulás, interpretálhatóság) illetve alkalmazásokat, mint szemantikai reprezentációk, jelfeldolgozás, stb.

Formátumát tekintve egy-egy cikket feldolgozó szeminárium lesz minden alkalom, ahol mindenki feldolgozza a cikket, de mindig van egy kijelölt előadó. A cikkek listáját folyamatosan állítom össze a félév során.

Topics

The course is based on research papers that were published in the last 1-2 years and that have already made a large impact. We will discuss machine learning algorithms and applications from a theoretical point of view (adversarial learning, interpretability) as well as from an application point of view (semantic representations, signal processing, etc).

As for the format, we will discuss one paper each time. Everyone is supposed to read and understand each paper but we will have an assigned presenter as well. The list of papers will be compiled continuously during the semester.

6. Dombi József: Fuzzy logika, többtényezős döntési eszközök, interpretálható neurális hálózatok / Fuzzy logic, multicriteria decision tools, explainable neural network

Tematika

I. A nilpotens fuzzy logika elemei

Konjunkció , Diszjunkció , Negáció, Implikációk, Ekvivalencia

Módosító szavak és a halmazhozzátartozási függvény

II. Döntési operatorok

Aggregatív operator

Preferencia operator

III. Tanulás és neurális hálózatok

Squashing függvény, Tanulási szabályok, Interpretálható neurális hálózatok

Irodalom:

Dombi József Császár Orsolya: Explainable Neural Networks Based on Fuzzy Logic and Multi-criteria Decision Tools, Springer International Publishing, 2021

Topics:

Elements of nilpotent fuzzy logic

Conjunction , Disjunction , Negation, Implications

Equivalences, Modifiers and membership functions

II. Decision Operators

Aggregativ operator, Preference operator

III. Learning and neural networks

Squashing function, Learning rules, Interpretable neural network

Literature: Dombi Jozsef, Csiszar Orsolya: Explainable Neural Networks Based on Fuzzy Logic and Multi-criteria Decision Tools, Springer International Publishing, (2021)

7. Vágvölgyi Sándor: Kvantumszámítás (only in Hungarian)

Tematika:

Kvantummechanikai jelenségek.

Vektortér, n-dimenziós Euklideszi vektortér, n-dimenziós Hilbert tér, tenzor szorzat, kvantum

operátor, fizikai változók mérése, qbit, a qbit reprezentációja, megmérése, fizikai megvalósítása

két qbit összefonódása.

Ismeretlen kvantum állapotot nem lehet klónozni.

Kvantum kapu, Hadamard kapu, Fredkin kapu, Toffoli kapu, kvantum áramkör.

A kvantum számítógép matematikai modellje, a kvantum Turing gép.

Kvantum algoritmusok, Deutsch problémája, kvantum Fourier transzformáció, Shor algoritmus, a prímtényezős felbontás megtalálására, a rejtett részecske megtalálása.

Kvantum teleportálás

Ajánlott irodalom:

Budó Ágoston, Mátrai Tibor, Kísérleti fizika III, Tankönyvkiadó, Budapest, 1980.

Mika Hirvensalo, Quantum Computing, Springer-Verlag, Berlin, 2003.

Sándor Imre, Ferenc Balázs, Quantum Computing and Communications An Engineering Approach, John Wiley & Sons, 2004.

A. Yu. Kitaev, A. H. Shen, M. N. Vyalyi, Classical and Quantum Computation, American Mathematical Society, Providence, Rhode Island, USA, 2002.

Dan C. Marinescu, Gabriela M. Marinescu, Approaching Quantum Computing, Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA, 2005.

Marx György, Kvantummechanika, Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1971.

Nagy Károly, Kvantum-Mechanika, Nemzeti Tankönyvkiadó, Budapest, 1981.
Neumann János, A kvantummechanika matematikai alapjai, Akadémia Kiadó, Budapest, 1980.
M. A. Nielsen, I. L. Chuang, Quantum Computing and Quantum Information, Cambridge University Press, 2000.
Colin P. Williams, Explorations in Quantum Computing, 2nd edition: Springer-Verlag 2011.
A PhD hallgatók extra feladatot kapnak: a kurzus során kijelölünk számukra egy-egy kvantum algoritmust, amit ők önállóan feldolgoznak, és a kurzuson előadnak.

8. Balogh János: Pakolási algoritmusok (only in Hungarian)

Leírás:

A ládapakolási feladat változatai (és a rokon pakolási feladatok) általában NP-nehez kombinatorikus optimalizálási problémák. Emiatt ezek közelítő (approximációs) algoritmusainak vizsgálata került előtérbe a kutatásokban. A legrosszabb eset vizsgálatok esetén az ezt vizsgáló algoritmusok teljesítményének mérése offline esetben az approximációs hányados, online esetben a versenyképességi hányados segítségével történhet. Ezen teljesítménymutatók aszimptotikus változatai elterjedtek, amelyek jobban bevett módszerek, jobban utalnak az algoritmus teljesítményére a legrosszabb esetben.

Megismerünk néhány ládapakolási problémát és megoldási módszert, a feladat különböző változatait az erre adaptált algoritmusokkal, illetve néhány rokon és kitekintésként tárgyalt pakolási problémát és algoritmust. A hangsúly a ládapakolási feladatokon és az online változataikon lesz, de ennek offline változata is szóba kerül, valamint egyes rokon feladatok is: klasszikus approximációs és tipikus online feladatok, hátizsákfeladat, stb.

Szabási feladatok. Lineáris (egészértékű) programozási megfogalmazások.

Approximációs algoritmusok.

Online algoritmusok (tipikus online feladatok).

Ládapakolási feladatok.

Offline és online feladat.

A legrosszabb-eset viselkedés, és az algoritmusok teljesítménymutatói.

Klasszikus online ládapakolási algoritmusok és alsó korlát eredmények. First Fit, Next Fit, Best Fit, és általában az Any Fit család.

Félig online ládapakolási feladatok. First Fit decreasing (FFD).

A ládapakolás változatai és egyéb egzotikus feladatai; elemszámkorlátos pakolás, vektorpakolás, többdimenziós pakolás, változó méretű ládapakolás, ládapakolás túltöltéssel, ládafedés, fekete-fehér, kötegelt és klaszteres ládapakolás, dinamikus ládapakolás, stb. (LIB-pakolás, szcenárió alapú pakolások).

Kapcsolódó hátizsák-problémák.

Kapcsolódó ütemezési problémák; ládanyújtás (bin stretching).

Kitekintés: egyéb pakolási feladatok: Egymást követő négyzetek pakolása, háromszög-pakolás, körpakolás, számsorozatok kupacokba pakolása.

Kötelező és ajánlott irodalom:

- Bernhard Korte and Jens Vygen, Combinatorial Optimization Theory and Algorithms, ISSN 0937-5511, ISBN 978-3-662-21710-8, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 2000.
- E.G. Coffman, Jr., M.R. Garey, D.S. Johnson, Approximation algorithms for bin packing: A survey, Approximation Algorithms for NP-hard problems, Boston, 1996, Chapter 2, pp. 46-93.

Magyar nyelvű kurzus

9. Farkas Richárd: Intelligens ember-gép interfészek / Intelligent human-computer interactions

Topics:

- Introduction to Human-Computer Interactions
- Human cognitive processes in HCI
- User experience design
- Sensor-based intelligent systems
- User adaptation
- Recommender Systems
- Conversational AI
- Visual Interfaces
- Human-centric AI, eXplainable AI
- Security and privacy issues in smart systems

Szakirodalom: Jacko: Human Computer Interaction Handbook. Fundamentals, Evolving Technologies, and Emerging Applications, Third Edition, CRC Press. 2012

10. Vágvölgyi Sándor: Termátíró rendszerek (only in Hungarian)

Tematika

Absztrakt redukáló rendszerek. Termátíró rendszerek. Term egyenlőség rendszerek.

Megálló (termináló) tulajdonság. A probléma eldönthetetlensége. A megállás bizonyítása speciális esetekben rendezések segítségével. Az interpretációs módszer. Egyszerűsítő rendezések.

Összefolyó (konfluens) tulajdonság. A probléma eldönthetetlensége. Kritikus pár.
Ortogonalis termátíró rendszerek.

Lezárási algoritmus. Az alapvető lezárási algoritmus. A fejlesztett lezárási algoritmus.
Huet lezárási algoritmus.

Ground termátíró rendszerek. Redukált ground termátíró rendszerek. Kapcsolat
faautomatákkal. Ground term egyenlőség rendszerek.

Kiterjesztések. Átírás modulo ekvacionális elméletek. Rendezett átírás. Feltételes
átírás. Magasabb szintű átíró rendszerek. Redukáló stratégiák. Szűkítés.

Ajánlott irodalom:

F. BAADER, T. NIPKOW, Term Rewriting and All that, Cambridge University Press,
1998.

E. OHLEBUSCH, Advanced Topics in Term Rewriting, Springer Verlag, 2002.

A PhD hallgatók a mester szakos hallgatók feladatain felül egy-egy előadást tartanak
a tananyagból.

11. Krész Miklós: Discrete Optimization and Artificial Intelligence

In this course we will examine selected topics concerning the relationship between discrete optimization and Artificial Intelligence. On the one hand we will focus on research questions arising in AI models which can be formulated as discrete optimization problems (LLM prompt optimization, Design of experiments etc.) On the other hand we will consider graph theoretical and combinatorial optimization problems and we will investigate AI augmented algorithms (using reinforcement learning, graph neural networks etc) for their efficient solutions. The course will be organized around a block of lectures and individual literature research work. We will use state of the art research papers as sources.

Topics:

- Theoretical frameworks for machine learning augmented combinatorial optimization algorithms
- Reinforcement learning for combinatorial optimization
- Fast and interpretable machine learning techniques for combinatorial problems
- Scalability for Decision Focused Learning
- Algorithm analysis: finding worst-case instances for algorithms using machine learning techniques
- Learning objective functions and constraints of discrete optimization problems
- Submodularity in Artificial Intelligence

- Online combinatorial learning
- Active learning and optimal design
- LLM and combinatorial optimization
- Combinatorial information functions
- Subset selections problems and AI

Literature:

1. Bilmes, J.A. (2022). Submodularity In Machine Learning and Artificial Intelligence. *ArXiv*, *abs/2202.00132*.
2. Wu, Y., Bukhsh, Z., & Zhang, Y. (2025). Deep Reinforcement Learning for Combinatorial Optimization: A Tutorial.
3. Chang, S., Lin, Z., Yan, B., Bembde, S., Xiu, Q., Wong, C. H., Qin, Y., Kloster, F., Luo, X., Palleti, R., & Leskovec, J. (2025). Learning Production Functions for Supply Chains with Graph Neural Networks. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, 39(27), 27878-27886.
4. Riccardo De Santi, Manish Prajapat, and Andreas Krause. 2024. Global reinforcement learning: beyond linear and convex rewards via submodular semi-gradient methods. In Proceedings of the 41st International Conference on Machine Learning (ICML'24), Vol. 235. JMLR.org, Article 408, 10235–10266.
5. Chowdhury, T., Ling, C., Jiang, J., Wang, J., Thai, M.T., & Zhao, L. (2024). Deep graph representation learning influence maximization with accelerated inference. *Neural networks : the official journal of the International Neural Network Society*, 180, 106649 .
6. Romera-Paredes, B., Barekatin, M., Novikov, A. *et al*. Mathematical discoveries from program search with large language models. *Nature* **625**, 468–475 (2024).
7. Jiang, X., Chen, J., Zhang, C., Gao, J., Hu, C., Zhang, C., Wu, Y., & Zhang, Y. (2026). Reasoning in a Combinatorial and Constrained World: Benchmarking LLMs on Natural-Language Combinatorial Optimization. <https://arxiv.org/abs/2602.02188>
8. Ros, F.D., Soprano, M., Gaspero, L.D., & Roitero, K. (2025). Large Language Models for Combinatorial Optimization: A Systematic Review. *ArXiv*, *abs/2507.03637*.
9. Smith-Miles, K. (2025). Understanding instance hardness for optimisation algorithms: Methodologies, open challenges and post-quantum implications. *Applied Mathematical Modelling*, Volume 142, 2025, 115965, ISSN 0307-904X, <https://doi.org/10.1016/j.apm.2025.115965>.

10. Madan, V., Singh, M., Tantipongpipat, U.T., & Xie, W. (2019). Combinatorial Algorithms for Optimal Design. *Annual Conference Computational Learning Theory*.