

Doctoral Courses 2024/2025 spring semester

1. Vadai Gergely: Emberi dinamika leírása és modellezése / Modelling human dynamics
2. Békési József: Ütemezési modellek alkalmazásai / Applications of Scheduling Models
3. Jelasity Márk: A mesterséges intelligencia legújabb trendjei / Latest trends in artificial intelligence
4. Dombi József: Fuzzy logika, többtényezős döntési eszközök, értelmezhető neurális hálózatok / Fuzzy logic, multicriteria decision tools, explainable neural networks
5. Jelasity Márk: Robusztus gépi tanulás (only in Hungarian)
6. Vágvölgyi Sándor: Kvantumszámítás (only in Hungarian)
7. Bilicki Vilmos, Jánki Zoltán: Prompt Engineering for Software Development
8. Balogh János: Pakolási algoritmusok (only in Hungarian)
9. Farkas Richárd: Intelligens ember-gép interfészek / Intelligent human-computer interactions
10. Berend Gábor: Interpretability of Neural Networks

Topics descriptions:

1. 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.);
- hálózatalméleti 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

2 . 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. Halmazparticionálási 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. Járat tervező (VRP) modellek.
13. Többszempon t u 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

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

Weekly course, in English, when foreign students attend.

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.

4. 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 halmazhoztartozási függvény

II. Döntési operatorok

Aggregatív operator

Preferencia operator

III. Tanulás és neurális hálózatok

Squashing függvény, Tanulási szabályok, Interpretálható neurális hálózatok

Irodalom:

Dombi József Csizsar 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

Aggregatív 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)

5. Jelasity Márk: Robusztus gépi tanulás

Tematika

bevezetés, motiváció
magas dimenziós terek paradox viselkedése
támadások (gradiens alapú, gradiens nélküli, black/white box, stb)
védekezés (adversarial training, stb)
robosztusság kiértékelési módszertana
formális verifikáció
randomized smoothing
kapcsolatok az interpretálhatósággal
kapcsolatok augmentációs technikákkal
robosztusság out-of-distribution példákon
universal adversarial attacks and applications
data poisoning, backdoors

Szakirodalom

A tematikát lefedő szakcikkek, amelyek a terület fejlődésének függvényében folyamatosan változhatnak. Néhány alap cikk, ami biztosan a tematika része:

Christian Szegedy, Wojciech Zaremba, Ilya Sutskever, Joan Bruna, Dumitru Erhan, Ian J. Goodfellow, and Rob Fergus. [Intriguing properties of neural networks](#). In 2nd International Conference on Learning Representations (ICLR), 2014.

Anh Nguyen, Jason Yosinski, and Jeff Clune. [Deep neural networks are easily fooled: High confidence predictions for unrecognizable images](#). Technical Report 1412.1897, arxiv.org, 2014.

Aleksander Madry, Aleksandar Makelov, Ludwig Schmidt, Dimitris Tsipras, and Adrian Vladu. [Towards deep learning models resistant to adversarial attacks](#). In International Conference on Learning Representations, 2018

Yanpei Liu, Xinyun Chen, Chang Liu, and Dawn Song. [Delving into transferable adversarial examples and black-box attacks](#). In 5th International Conference on Learning Representations, ICLR 2017, Toulon, France, April 24-26, 2017, Conference Track Proceedings, 2017

Jeremy M. Cohen, Elan Rosenfeld, and J. Zico Kolter. [Certified adversarial robustness via randomized smoothing](#). In Proceedings of the 36th International Conference on Machine Learning, ICML 2019, 9-15 June 2019, Long Beach, California, USA, pages 1310–1320, 2019.

Seyed-Mohsen Moosavi-Dezfooli, Alhussein Fawzi, and Pascal Frossard. [Deepfool: A simple and accurate method to fool deep neural networks](#). In The IEEE Conf. on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), pages 2574–2582, June 2016.

Andrew Ilyas, Shibani Santurkar, Dimitris Tsipras, Logan Engstrom, Brandon Tran, and Aleksander Madry. [Adversarial examples are not bugs, they are features](#). In H. Wallach, H. Larochelle, A. Beygelzimer, F. d'Alché-Buc, E. Fox, and R. Garnett, editors, Advances in Neural Information Processing Systems 32, pages 125–136. Curran Associates, Inc., 2019.

Wieland Brendel, Jonas Rauber, and Matthias Bethge. [Decision-based adversarial attacks: Reliable attacks against black-box machine learning models](#). In International Conference on Learning Representations, 2018

Leslie Rice, Eric Wong, and J. Zico Kolter. [Overfitting in adversarially robust deep learning](#). In Proceedings of the 37th International Conference on Machine Learning, ICML 2020, 13-18 July 2020, Virtual Event, volume 119 of Proceedings of Machine Learning Research, pages 8093–8104. PMLR, 2020.

Guy Katz, Clark Barrett, David L. Dill, Kyle Julian, and Mykel J. Kochenderfer. [Reluplex: An efficient smt solver for verifying deep neural networks](#). In Rupak Majumdar and Viktor Kunčák, editors, Computer Aided Verification, pages 97–117, Cham, 2017. Springer International Publishing.

6. Vágvölgyi Sándor: Kvantumszámítás

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 részecsoport megtalálása.

Kvantum teleportálás

Ajánlott irodalom:

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

Mika Hirvenselo, 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.

7. Dr. Bilicki Vilmos, Jánki Zoltán: Prompt Engineering for Software Development

Only in English

Description: This course explores the principles and techniques of prompt engineering for software development, focusing on utilizing large language models like GPT-4 and other open source models. Students will learn how to effectively design prompts for various software development tasks, such as code generation, bug identification, documentation, and code review. The course also covers topics like fine-tuning and transfer learning, AI infrastructure.

Topics: Introduction to Language Models in Software Development: An overview of how large-scale language models like GPT-4 are utilized in the software development process, covering their capabilities, limitations, and underlying architectures.

Basics of Prompt Engineering for Developers: The importance of crafting effective prompts for generating useful, accurate, and relevant responses from language models in software development applications.

Prompt Types and Techniques for Developers: Exploration of various types of prompts and techniques for crafting effective prompts, with a focus on applications in software development, such as code generation and bug identification.

Open Source Large Language Models in Software Development: A survey of popular open source large language models, such as BERT, RoBERTa, and T5, and their applications in software development tasks.

Model Fine-tuning and Transfer Learning for Software Tasks: Techniques for adapting pre-trained language models to specific software development tasks using transfer learning and fine-tuning, including code generation, documentation, and code reviews.

Evaluating Model Performance in Software Development: Methods and metrics for assessing the quality and effectiveness of language model outputs in software development, including both quantitative and qualitative analyses.

Bias and Fairness in Language Models for Software Development: Understanding and addressing biases present in large language models and their implications for software development, with a focus on ensuring fairness and inclusivity in generated code and recommendations.

Infrastructure for AI-powered Software Development: An overview of the infrastructure required for AI-driven software development, including vector stores, distributed computing, and storage solutions for efficient language model utilization.

Code Review and Collaboration with AI: Techniques for leveraging language models in collaborative code review processes, including detecting issues, suggesting improvements, and enhancing overall code quality.

Advanced Prompt Engineering Techniques for Developers: In-depth exploration of techniques for optimizing prompts in software development contexts, such as enhancing code generation, improving error detection, and facilitating code refactoring.

Domain-specific Prompt Engineering in Software Development: Strategies and examples for crafting prompts specific to various software development domains, such as web development, mobile development, data science, and game development.

Interactive Applications and Conversational AI for Developers: Designing prompts for interactive software development applications, such as AI-assisted code editors, developer chatbots, and conversational agents for user support.

Data Collection and Dataset Curation for Software Development: Techniques for creating, collecting, and curating datasets to train language models and improve their performance on software development tasks.

Final Project Presentations and Course Wrap-up: Students present their final projects, showcasing their prompt engineering skills applied to real-world software development problems, followed by a course review and discussion on future developments in the field.

8. Balogh János: Pakolási algoritmusok

Leírás:

A ládapakolási feladat változatai (és a rokon pakolási feladatok) általában NP-nehéz 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

MSc kurzus extra teljesítéssel PhD hallgatóknak

angolul ha van legalább 1 magyarul nem tudó hallgató / available in English

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. Berend Gábor: Interpretability of neural networks

Topics:

The course covers the latest research on understanding AI models (including generative models, such as the GPT family), and the opportunities and challenges that arise from interpreting and trying to understand AI model behavior. The topics of the course include techniques such as sparse coding of neural representations, activation and attribution patching and further interpretability methods, including logit lens or distributed alignment search.

Szakirodalom:

* recent publications accepted at leading AI conferences (e.g. NeurIPS, ICLR, ICML, *ACL)

* Hastie, T., Tibshirani, R., & Wainwright, M. (2015). Statistical learning with sparsity. Monographs on statistics and applied probability, 143(143), 8.

* Leonard Bereska, Stratis Gavves (2024): Mechanistic Interpretability for AI Safety - A Review. Transactions on Machine Learning Research