

Doctoral Courses 2026-2027I. (fall) semester

1. Dr. Kertész Attila, Dr. Hamza Baniata: Blockchain Fundamentals and Applications / Blokklánc rendszerek alapjai és alkalmazásai (IDPT229)

Only in English

Topics:

- Course Introduction and Learning Objectives (Theoretical)
- Blockchain Overview and Introduction (Theoretical)
- Layers and Technical Concepts of Blockchain Systems (Theoretical)
- Ownership, Transaction Records (Ledger), Incentives, Attacks (Sybil, BFT, Double Spending), (Distributed) Consensus (Theoretical)
- Symmetric and Asymmetric Encryption (Theoretical)
- Cryptographic Hash Functions, Digital Signatures, Decentralized networks, Proof of Work (Theoretical)
- Key Problem Challenges and Solutions (Block Finality, Energy Consumption, Security and Privacy, DAG, Sharding, SPV, etc.) (Theoretical)
- Proof of Work alternatives (PoUW, PoS, PoA, PoET and dBFT) (Theoretical)
- Bitcoin demonstration and examples (Simple implementation using Python) (Practical)
- Smart Contracts and Solidity (Coin and NFT implementation/deployment with remix and Geth) (Practical)
- Blockchain use/integration Beyond Currency (PriFoB, FoBSim) (Practical)

Bibliography:

- Bitcoin and Cryptocurrency Technologies.
https://www.lopp.net/pdf/princeton_bitcoin_book.pdf
- SoK of Used Cryptography in Blockchain.
<https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?arnumber=8865045>
- Sok: A consensus taxonomy in the blockchain era.
<https://eprint.iacr.org/2018/754.pdf>
- SoK: Layer-Two Blockchain Protocols. <https://eprint.iacr.org/2019/360.pdf>
- Hamza Baniata and Attila Kertesz. "FoBSim: an extensible open-source simulation tool for integrated fog-blockchain systems." *PeerJ Computer Science* 7 (2021): e431.

2. Dr. Kertész Attila, Dr. Márkus András: IoT-Felhő rendszerek szimulációja / Simulating IoT-Cloud systems (IDPT224)

Available in English or Hungarian

Leírás: Napjainkban a számítási felhők egyre nagyobb teret hódítanak az internetes szolgáltatások körében. A legelterjedtebb felhő szolgáltatók felismerték az új technológiák, így pl. az IoT (Internet of Things) támogatás szükségességét, és rendelkeznek is bizonyos szintű IoT alkalmazásfejlesztő megoldásokkal. A köd paradigma kiegészíti a felhő erőforrásokat a felhasználóhoz közel elhelyezett, korlátozott kapacitású csomópontokkal, amelyeken nagy mennyiségű adatok hatékony feldolgozása és elemzése könnyebben megvalósítható, valós idejű IoT alkalmazások esetén is. Hatékony IoT-Köd-Felhő rendszerek tervezésének és üzemeltetésének komoly anyagi vonzata lehet, hiszen számtalan, a rendszert leíró paraméter (VM tulajdonságok, hálózati jellemzők) és erőforrásmenedzselő algoritmus (ütemező, tehermentesítő) finomhangolására van szükség. Ezért a kutatók körében elterjedtek a különböző szimulációs megoldások, amelyeket képesek realiztikusan modellezni és költséghatékonyan vizsgálni ezeket a rendszereket. Ilyen szimulációs megoldás a DISSECT-CF-Fog is, amely részletes modellel rendelkezik IoT rendszerek szimulálásra: képes szenzorokat, aktuátorokat és IoT eszközöket modellezni, illetve tetszőleges IoT alkalmazások viselkedését elemezni, amely köd és felhő erőforrásokat használ.

Tematika:

A bemutatásra kerülő főbb témakörök:

- Számítási felhők kialakulása, fajtái, tulajdonságai
- IoT rendszerek kialakulása, elemei, tulajdonságai
- A Cloud-to-Thing rendszerek jellemzői, felépítése
- Szimulációs megoldások
- A DISSECT-CF és DISSECT-CF-Fog szimulátor
- Ütemezési és tehermentesítő stratégiák
- Mobilitási és migrációs stratégiák

Topics: Nowadays, Cloud Computing has become one of the most trending services on the Internet. Cloud service providers recognised the need to support new technologies such as the Internet of Things (IoT) and various solutions for IoT application development. However, when using only clouds, the overloaded communication channels and increased response time can degrade the performance of IoT services. Fog Computing manages nodes with limited resource capacity, located close to end-users, providing efficient processing and analysis of large amounts of real-time IoT applications. The design and operation of efficient IoT-Fog-Cloud systems can have significant financial implications, as they can only be operated economically by fine-tuning a large number of parameters (VM properties,

network characteristics) and resource management algorithms (scheduler, offloading). Therefore, various simulation solutions are widely used by researchers to realistically model and cost-effectively test these systems. One such simulation solution is DISSECT-CF-Fog, which provides a detailed model for simulating IoT systems: it can model sensors, actuators and IoT devices, and analyse the behaviour of arbitrary IoT applications using fog and cloud resources.

The material of the course covers the following topics:

- Characterizing Cloud Computing: history, origins, types, properties
- IoT systems: origins, elements, properties
- Characteristics and structure of the Cloud-to-Thing Continuum
- Various simulation approaches
- The DISSECT-CF and the DISSECT-CF-Fog simulator
- Scheduling and offloading strategies
- Mobility and migration strategies

Bibliography:

- A. Kertész, Characterizing cloud federation approaches. In: Cloud computing: challenges, limitations and R&D solutions. Computer communications and networks. Springer, Cham, pp. 277-296, 2014.
- J. Gubbi, R. Buyya, S. Marusic, M. Palaniswami. Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. Future Generation Computer Systems, Volume 29, Issue 7, pp. 1645--1660, September 2013.
- A. Markus and A. Kertesz. A Survey and Taxonomy of Simulation Environments Modelling Fog Computing. Simulation Modelling Practice and Theory, Volume 101, 2020.

3. Dr. Nyúl László: Fuzzy módszerek a képfeldolgozásban / Use of Fuzzy Methods in image Processing (IDPT104-00057)

Available in English

Tematika:

Fuzzy halmazok, műveletek, fuzzy logika

Fuzzy halmazok tulajdonságai

Fuzzy képfeldolgozó rendszerek felépítése

Fuzzy képjavítási módszerek

Fuzzy éldetektálás és elősszekötés

Fuzzy képszegmentálás (klaszterezés, kNN, c-means)

Fuzzy összefüggőség és változatai, algoritmusai

Fuzzy összefüggőség alkalmazása orvosi képek szegmentálásában

Topics

Imperfection is inherently present in most image processing and image analysis problems. It may be in the image data, e.g. due to the acquisition device and process, noise, discretization artifacts, and inhomogeneity of the subject of imaging. On the other hand, in many real life image understanding applications the objectives and the expert knowledge can only be expressed in vague terms. Fuzzy set theory allows formally handling vague terms, and reasoning with degrees of truthfulness and falsehoods. Fuzzy logic is successfully applied in many fields, from control theory to pattern recognition and artificial intelligence. Expert systems, such as those in medical diagnostics also can benefit from fuzzy set theory. Fuzzy image processing is the collection of approaches that represent and process images, their segments and features as fuzzy sets. In this course we cover the basics of fuzzy set theory and fuzzy logic, and discuss, through examples, how fuzzy set representation can be applied in image processing at low-level (pixels), mid-level (image segments), and high-level (objects and scenes) tasks.

Bibliography:

- James C. Bezdek, James Keller, Rangu Krishnapuram, Nikhil R. Pal: Fuzzy Models and Algorithms for Pattern Recognition and Image Processing, Kluwer Academic Publishers, 1999.

4. Dr. Balázs Péter: Képrekonstrukció / Image Reconstruction (IDPT116)

In Hungarian. For foreign students reading course in English.

Tematika

Képek, vetületek, rekonstrukció, rekonstrukciós probléma.

Vetület-szelet tétel, analitikus rekonstrukciós módszerek, konvolúciós rekonstrukció.

Algebrai rekonstrukciós technikák.

Valószínűségi módszerek.

3D rekonstrukció.

CT, SPECT, PET berendezések működési elve és az alkalmazott rekonstrukciós módszerek.

A CT ipari és egyéb alkalmazásai.

Diszkrét tomográfia és alkalmazásai.

Irodalom

Balázs Péter: Képrekonstrukció, Typotex, 2011

G.T. Herman: Fundamentals of Computerized Tomography: Image Reconstruction from Projections, 2nd edition, Springer, 2010

G.T. Herman, A. Kuba: Discrete Tomography: Foundations, Algorithms, and Applications, Birkhauser, 1999

G.T. Herman, A. Kuba: Advances in Discrete Tomography and Its Applications, Birkhauser, 2007

A.C. Kak, M. Slaney: Principles of Computerized Tomographic Imaging, IEEE Press, New York, 1999

A. Markoe: Analytic Tomography, Cambridge University Press, 2006

Topics

Images, projections, reconstruction, the reconstruction problem

Projection–slice theorem, convolutional reconstruction

Algebraic reconstruction techniques, other reconstruction methods

3D object reconstruction, computerized tomography

Medical image reconstruction (CT, SPECT, PET, MRI)

Industrial and other applications of tomography

Discrete tomography and its applications (medicine, electron microscopy, non-destructive testing)

Bibliography

G. T. Herman: Fundamentals of Computerized Tomography: Image Reconstruction from Projections, 2nd edition, Springer, 2010

G. T. Herman, A. Kuba: Discrete Tomography: Foundations, Algorithms, and Applications, Birkhäuser, 1999

G. T. Herman, A. Kuba: Advances in Discrete Tomography and Its Applications, Birkhäuser, 2007

A. C. Kak, M. Slaney: Principles of Computerized Tomographic Imaging, IEEE Press, New York, 1999

A. Markoe: Analytic Tomography, Cambridge University Press, 2006

5. Dr. Kalmár György: Beágyazott mesterséges intelligencia / Embedded machine learning (IDPT234)

Only in English

Tematika:

- 1) Idősoros adatok jellemzőinek kinyerése, ezek fontossága beágyazott rendszerekben
- 2) Jelfeldolgozás gépi tanuláshoz
- 3) Hatékony modellstruktúrák
- 4) Modellkompresszió a hatékony predikció eszközei
- 5) Hardverarchitektúrák gépi tanuláshoz
- 6) Valós idejű döntéshozatal gépi tanulással
- 7) Beágyazott gépi tanuláshoz szükséges teljes munkafolyamat

Topics:

- 1) Extracting features from time series data and their importance in embedded systems
- 2) Signal processing for machine learning
- 3) Efficient model structures
- 4) Model compression as a tool for efficient prediction
- 5) Hardware architectures for machine learning
- 6) Real-time decision making with machine learning
- 7) Complete workflow for embedded machine learning

Bibliography:

- 1) *Raschka, S., Liu, Y., Mirjalili, V. Machine Learning with PyTorch and Scikit-Learn: Develop machine learning and deep learning models with Python, 2nd Edition, Packt Publishing, 2022. ISBN: 978-1801819312*
- 2) *Chadha, A. Deep Learning for Embedded Systems: A Hands-On Guide to Efficient Inference and Edge AI Apress, 2021. ISBN: 978-1484272141"*
- 3) *Vermesan, O., Diaz Nava, M., & Debaillie, B.: Embedded Artificial Intelligence: Devices, Embedded Systems, and Industrial Applications, River Publishers, 2023. ISBN-13: 978-8770228213*
- 4) *Situnayake, D., & Plunkett, J. :AI at the Edge: Solving Real-World Problems with Embedded Machine Learning, O'Reilly Media, 2023. ISBN-13: 978-1098120207"*
- 5) *Egyéb, kurrens publikációk*

Dr. London András: Optimalizálási módszerek a pénzügyekben (Optimization methods in finance)

reading course in Hungarian

Tematika:

1. Linear programming in finance (asset pricing, arbitrage)
2. Nonlinear programming in finance (volatility models)
2. Quadratic programming in finance (portfolio optimization)
4. Integer programming in finance (index fund construction)
5. Dynamic programming in finance (option pricing, asset backed securities)
6. Stochastic programming in finance (value-at-risk, asset management)
7. Robust optimization models in finance
8. Financial networks and optimization

Szakirodalom:

1. Cornuéjols–Tütüncü: Optimization Methods in Finance
2. Meucci: Risk and Asset Allocation
3. Mantegna-Stanley: Introduction to econophysics: correlations and complexity in finance