

Študijný program / *Study programme:* Informatika / *Computer Science*

Témy dizertačných prác

1. Abduktívne usudzovanie nad ontológiami s využitím kalkulu so spätným reťazením.....	3
2. Aktivizácia a použiteľnosť pre virtuálne múzeum.....	4
3. Algebraicke konštrukcie optimálnych štruktúr.....	6
4. Algoritmy na kubických grafoch.....	7
5. Algoritmy pre vnoriteľnosť grafov do plôch.....	8
6. Algoritmy pre vnoriteľnosť grafov do plôch.....	9
7. Automatické rozpoznávanie nebezpečných typov oblakov.....	10
8. Automatizovaná kvalitatívna analýza slovenských textov.....	12
9. Automaty a algoritmicke problémy v algebre.....	13
10. Bezpečnosť, súkromie a ich kvantifikácia.....	14
11. Bezpečnosť - formálny prístup.....	15
12. Biologicky motivované výpočtové modely.....	16
13. Detekcia malvéru založená na technikách umelej inteligencie umožňujúcich vysvetlenia.....	17
14. Detekcia tandemových opakovaní z dát získaných nanopórovým sekvenovaním.....	18
15. Diferenciálna analýza v kontexte pangenómových grafov.....	19
16. Formálne metódy pre verifikáciu a špecifikáciu konkurentných a paralelných systémov.....	20
17. Fundamentálne vlastnosti informácie a zložitosť problémov.....	21
18. Hybridný sémantický parser s využitím hlbokého učenia pre klasifikáciu rečových aktov.....	22
19. Komunikácia vo (formálnych) výpočtových modeloch.....	24
20. Kryptoanalýza symetrických šifier.....	25
21. Metódy spracovania dát zo sekvenačných technológií tretej generácie.....	26
22. Metódy umelej inteligencie v počítačových hrách.....	27
23. Miery nezafarbitelnosti kubických grafov.....	28
24. Modelovanie problémov v prostredí inteligentných energetických sietí.....	29
25. Neurálno-symbolické techniky v reprezentácii znalostí.....	31
26. Optimalizácia a znovupoužitie pri vývoji rozsiahlych softvérových systémov.....	32
27. Poradná zložitosť v modeloch výpočtov.....	33
28. Simulácia veľkých rozmerov dynamiky viacerých kvapalín s pohyblivými prekážkami.....	34
29. Smerom k vteleným inteligentným agentom so sebauvedomením.....	37
30. Spracovanie svetelných kriviek satelitov a kozmického odpadu za účelom ich identifikácie.....	38
31. Spracovanie veľkých genomických dát.....	40
32. Univerzálny autonómny transportný systém ATS na inteligentnej vozovke.....	42
33. Usudzovacie algoritmy pre ontológie a deskripčné logiky.....	45
34. Využitie umelej inteligencie na automatizáciu spracovania a analýzy optických spektier.....	46

Dissertation Thesis Descriptions

1. AI methods in computer games.....	27
2. Abductive reasoning with ontologies based on a reverse consequence calculus.....	3
3. Advice complexity of computational models.....	33
4. Algorithms for graph embeddability into surfaces.....	8
5. Algorithms for graph embeddability into surfaces.....	9
6. Algorithms on cubic graphs.....	7
7. Automata and Algorithmic problems in Algebra.....	13
8. Automated qualitative analysis of texts in Slovak.....	12
9. Automatic detection of dangerous cloud types.....	10
10. Biologically motivated computational models.....	16
11. Communication in (formal) computational models.....	24
12. Cryptanalysis of symmetric ciphers.....	25
13. Detection of tandem repeats from nanopore sequencing data.....	18
14. Differential Analysis in the Context of Pan-Genome Graphs.....	19
15. Formal methods for verifications and specifications of concurrent and parallel systems.....	20
16. Fundamental properties of information and complexity of problems.....	21
17. Hybrid Deep Learning for Semantic Parsing Including Semantic Utterance Classification.....	22
18. Large Scale Simulations for Multiple Fluid Dynamics With Moving Interfaces.....	34
19. Malware Detection Based on Explainable AI.....	17
20. Measures of uncolourability of cubic graphs.....	28
21. Methods for processing data from third generation sequencing technologies.....	26
22. Modeling problems in the smart grid environment.....	29
23. Neural-symbolic reasoning techniques in knowledge representation.....	31
24. Optimal Structures Based on Algebraic Constructions.....	6
25. Optimization and Reuse in Development of Large Software Systems.....	32
26. Processing of light curves of satellites and space debris for the purpose of their identification.....	38
27. Processing the big genomic datasets.....	40
28. Reasoning algorithms for ontologies and description logics.....	45
29. Safety, security, privacy and its quantification.....	14
30. Security - formal approach.....	15
31. The Universal Autonomous Transport System ATS.....	42
32. Towards self-aware embodied intelligent agents.....	37
33. Utilization of artificial intelligence to automate processing and analysis of optical spectra.....	46
34. Virtual Museum Activisation and Usability.....	4

Študijný program / *Study programme:*

Informatika / *Computer Science*

Názov / *Title*

Abduktívne usudzovanie nad ontológiami s využitím kalkulu so spätným reťazením
Abductive reasoning with ontologies based on a reverse consequence calculus

Jazyk záverečnej práce / *Language of Thesis*

anglický / *English*

Školiteľ / *Tutor*

doc. RNDr. Martin Homola, PhD.

Anotácia / *Annotation*

Abduktívne usudzovanie je v oblasti ontológie (a špecificky deskriptívnych logík) stále novou a neštandardnou inferenčnou úlohou. V súčasnosti sú známe viaceré návrhy a implementácie abduktívnych inferenčných strojov; sú však založené na prehľadávaní obrovského priestoru hypotetických vysvetlení s opakovaným volaním externého DL odvodzovača. Efektívnejšie prístupy k abdukcii s využitím spätného reťazenia sú známe v oblasti logického programovania. Len v nedávnej dobe sa objavili odvodzovacie algoritmy pre deskriptívne logiky založené na kalkuloch s dopredným reťazením. Tieto techniky umožňujú preskúmať abduktívne metódy založené na spätnom vyhodnocovaní takýchto kalkulov.

Abductive reasoning is still a novel and non-standard reasoning task in the area of ontologies, and specifically description logics. Several work have yielded abductive reasoners, however such approaches often have to search through a vast space of possible explanations, repeatedly calling an external DL reasoner. More efficient methods which employ backward reasoning are known in the area of Logic Programming. Recently a novel class of DL reasoning algorithms based on consequence calculus appeared, which enables to explore also more direct backward abduction techniques.

Cieľ / *Aim*

- Sémantická charakterizácia abduktívnej inferencie v DL založená na spätnom reťazení • Návrh a implementácia abduktívneho inferenčného algoritmu postaveného na dosiahnutých teoretických výsledkoch • Teoretická a empirická evalvácia
- *Semantic characterization of abductive inference in DL based on backward application of consequence calculus • Development and implementation of an abductive reasoning algorithm based on the obtained theoretical results • Theoretical and empirical evaluation*

Literatúra / *Literature*

[1] Elsenbroich, C., Kutz, O. and Sattler, U. A case for abductive reasoning over ontologies. In: OWLED 2006 [2] Pukancová, J. and Homola, M. Tableau-Based ABox Abduction for the ALCHO Description Logic. In: DL 2017 [3] Du, J., Qi, G., Shen, Y.D. and Pan, J.Z., 2012. Towards practical ABox abduction in large description logic ontologies. International Journal on Semantic Web and Information Systems (IJSWIS), 8(2):1-33 [4] Simancik, F., Kazakov, Y. and Horrocks, I. Consequence-based reasoning beyond Horn ontologies. In: IJCAI 2011
[1] Elsenbroich, C., Kutz, O. and Sattler, U. A case for abductive reasoning over ontologies. In: OWLED 2006 [2] Pukancová, J. and Homola, M. Tableau-Based ABox Abduction for the ALCHO Description Logic. In: DL 2017 [3] Du, J., Qi, G., Shen, Y.D. and Pan, J.Z., 2012. Towards practical ABox abduction in large description logic ontologies. International Journal on Semantic Web and Information Systems (IJSWIS), 8(2):1-33 [4] Simancik, F., Kazakov, Y. and Horrocks, I. Consequence-based reasoning beyond Horn ontologies. In: IJCAI 2011

Študijný program / *Study programme:*

Informatika / *Computer Science*

Názov / *Title*

Aktivizácia a použiteľnosť pre virtuálne múzeum
Virtual Museum Activisation and Usability

Jazyk záverečnej práce / *Language of Thesis*

anglický / *English*

Školiteľ / *Tutor*

doc. RNDr. Andrej Ferko, PhD.

Anotácia / *Annotation*

Projekt skúma meranie kvality vytvárania a kódovania multimediálnych objektov vo vzdelávacích hrách s digitálnym kultúrnym dedičstvom.

The project explores the measurement of quality of the development and coding of media objects in educational games with the digital cultural heritage.

Cieľ / *Aim*

Navrhne procedurálnu definíciu virtuálneho múzea a na nej postavenú alternatívnu metodológiu s aktivizáciou pomocou vzdelávacích hier (Serious Games). Preskúmame možnosti na rozšírenie funkčnosti kódovania Europeana Data Model a prezentačného nástroja MOVIO o podporu vzdelávacích hier (Serious Games) na aktivizáciu virtuálnych návštevníkov. Konkrétne budeme skúmať alternatívy merania virtuálneho času pre hry na najlepšie pohľady, interakciu a virtuálne davy.

We will propose a procedural definition of the virtual museum. We plan to built on it an alternative methodology of activization using educational games (Serious Games). We will explore extending the functionality of the Europeana Data Model and of the presentation tool MOVIO. In particular, how to encode or support them with educational games (Serious Games) for the activation of virtual visitors. Specifically, we will examine alternatives of measuring virtual time for games using the best views, user interaction, and virtual crowds.

Literatúra / *Literature*

BELOTTI, F et al. 2012. A serious game model for cultural heritage. Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH). Volume 5 Issue 4, December 2012. CAMERON, F. – KENDERDINE, S. eds. 2007. Theorizing Digital Cultural Heritage. MIT Press 2007. FONI, A.E. et al. 2010. A taxonomy of visualization strategies for cultural heritage applications. Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH). Volume 3 Issue 1, June 2010. GLASSNER, A. 2004. Interactive Storytelling. Natick: AK Peters 2004 QVORTRUP, L. ed. 2001. Virtual Interaction. Springer 2001. Virtual Space. Springer 2001. Články z najnovších konferencií zo zoznamu <http://kesen.realtimerendering.com/> a časopisu JOCCH.

BELOTTI, F et al. 2012. A serious game model for cultural heritage. Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH). Volume 5 Issue 4, December 2012. CAMERON, F. – KENDERDINE, S. eds. 2007. Theorizing Digital Cultural Heritage. MIT Press 2007. FONI, A.E. et al. 2010. A taxonomy of visualization strategies for cultural heritage applications. Journal on Computing and Cultural Heritage (JOCCH). Volume 3 Issue 1, June 2010. GLASSNER, A. 2004. Interactive Storytelling. Natick: AK Peters 2004 QVORTRUP, L. ed. 2001. Virtual Interaction. Springer 2001. Virtual Space. Springer 2001. Recent papers from conferences <http://kesen.realtimerendering.com/> and JOCCH journal.

Poznámka / *Comment*

Klíčové slová / *Keywords*

Virtual Museum, Activisation, Usability Testing, Serious Games

Virtual Museum, Activisation, Usability Testing, Serious Games

Študijný program / Study programme:

Informatika / Computer Science

Názov / Title

Algebraické konštrukcie optimálnych štruktúr

Optimal Structures Based on Algebraic Constructions

Jazyk záverečnej práce / Language of Thesis

anglický / English

Školiteľ / Tutor

doc. RNDr. Tatiana Jajcayová, PhD.

Anotácia / Annotation

In order to construct combinatorial structures exhibiting a high level of local similarities, one must opt for methods from algebra, namely, permutation group theory and partial permutations inverse semigroup theory. This method is becoming more and more used in those parts of Graph Theory that have traditionally not been associated with the use of Algebra, such as Extremal Graph Theory. This development is also a consequence of the introduction of computing machinery in this area. The language of Algebra, in particular Group and Semigroup Theories, is the most natural language to be employed in many of the large scale searches and computations.

Cieľ / Aim

The goal of the theses is to study and analyze algebraic constructions and apply them into some optimization problems, for instance in Extremal Graph Theory.

Literatúra / Literature

R. Jajcay, T. Jajcayova, N. Szakacs and M.B. Szendrei. Inverse monoids of partial graph automorphism. J. of Algebraic Combinatorics, pages, 2020. Mark V. Lawson. Inverse semigroups: The Theory of Partial Symmetries. World Scientific, 1998.

Študijný program / Study programme:

Informatika / Computer Science

Názov / Title

Algoritmy na kubických grafoch

Algorithms on cubic graphs

Jazyk záverečnej práce / Language of Thesis

anglický / English

Školiteľ / Tutor

doc. RNDr. Robert Lukot'ka, PhD.

Anotácia / Annotation

Mnohé významné problémy v teórii grafov sa dajú zredukovať na kubické grafy. Štúdium kubických grafov je preto dôležitou súčasťou teórie grafov. Napriek obmedzeniu kladenému na stupne v kubickom grafe mnohé dôležité problémy, ktoré sú NP-ťažké pre všeobecné grafy zostávajú NP-ťažké aj pre kubické grafy. Cieľom práce je skúmať algoritmy (exaktné, aproximatívne, parametrizované) na ťažké problémy na kubických grafoch jednak z hľadiska ich teoretickej výpočtovej zložitosti ako aj z hľadiska praktickej použiteľnosti na inštanciách dôležitých vo výskume.

Many important problems in graph theory can be reduced to cubic graphs. Therefore, the study of cubic graphs is an important part of graph theory. Despite the restriction on the degrees, many important problems that are NP-hard for general graphs are still NP-hard for cubic graphs.

The aim of the thesis is to investigate algorithms (exact, approximation, parametrized) for hard problems on cubic graphs with regard to their theoretical computational complexity and to their usability in practical instances arising in the research.

Študijný program / Study programme:Informatika / Computer Science

Názov / Title

Algoritmy pre vnoriteľnosť grafov do plôch

*Algorithms for graph embeddability into surfaces***Jazyk záverečnej práce / Language of Thesis**

anglický / English

Školiteľ / Tutor

prof. RNDr. Martin Škoviera, PhD.

Anotácia / Annotation

Východiskom práce je fakt, že existuje polynomiálny algoritmus na určenie maximálneho rodu grafu. Dôkaz je existenčný a žiaden taký algoritmus zatiaľ nebol implementovaný. Plánujeme skúmať podobné problémy v širšom kontexte signovaných grafov a lokálne maximálnych vnorení. Jedným z cieľov by malo byť navrhnutie a implementovanie polynomiálneho algoritmu pre niektorý z problémov vnoriteľnosti. Predpokladané metódy sú skôr kombinatorické než topologické.

The point of departure is the fact that there exist a polynomial time algorithm for determining the maximum genus of a graph. The proof is existential and no such algorithm has ever been implemented. We intend to study similar problems in a more general setting of signed graphs and locally maximal embeddings. One of the aims should be designing and implementing a polynomial-time algorithm for one of these embeddability problems. Expected methods are combinatorial rather than topological.

Cieľ / Aim*Cutting-edge research in the area specified in the title*

Študijný program / Study programme:Informatika / Computer Science

Názov / Title

Algoritmy pre vnoriteľnosť grafov do plôch

*Algorithms for graph embeddability into surfaces***Jazyk záverečnej práce / Language of Thesis**

anglický / English

Školiteľ / Tutor

prof. RNDr. Martin Škoviera, PhD.

Anotácia / Annotation

Východiskom práce je fakt, že existuje polynomiálny algoritmus na určenie maximálneho rodu grafu. Dôkaz je existenčný a žiaden taký algoritmus zatiaľ nebol implementovaný. Plánujeme skúmať podobné problémy v širšom kontexte signovaných grafov a lokálne maximálnych vnorení. Jedným z cieľov by malo byť navrhnutie a implementovanie polynomiálneho algoritmu pre niektorý z problémov vnoriteľnosti. Predpokladané metódy sú skôr kombinatorické než topologické.

The point of departure is the fact that there exist a polynomial time algorithm for determining the maximum genus of a graph. The proof is existential and no such algorithm has ever been implemented. We intend to study similar problems in a more general setting of signed graphs and locally maximal embeddings. One of the aims should be designing and implementing a polynomial-time algorithm for one of these embeddability problems. Expected methods are combinatorial rather than topological.

Cieľ / Aim*Cutting-edge research in the area specified in the title*

Študijný program / *Study programme:*

Informatika / *Computer Science*

Názov / *Title*

Automatické rozpoznávanie nebezpečných typov oblakov
Automatic detection of dangerous cloud types

Jazyk záverečnej práce / *Language of Thesis*

slovenský / *Slovak*

Školiteľ / *Tutor*

prof. RNDr. Roman Ďurikovič, PhD.

Konzultant / *Consultant*

doc. RNDr. Milan Ftáčnik, CSc.

Anotácia / *Annotation*

Jedná sa o výskumnú úlohu aplikačného charakteru. Problém automatického rozpoznávania nebezpečných typov oblakov ešte uspokojivo nebol vyriešený. Cieľom práce je vymyslieť a aplikovať spoľahlivú metódu pre automatické rozpoznanie dôležitých typov oblakov v letectve (towering cumulus – TCU a CB – Cumulonimbus). Ponúkajú sa rôzne možnosti od určovania typu oblakov z kamerových snímkov alebo satelitných údajov pomocou neurónových sietí po detekciu jadier oblakov pomocou dataminingu nad radarovými dátami. Finálny výskum môže ukázať, že pre spoľahlivé určovanie je potrebné spojenie viacerých metód.

It is a research task of an application nature. The problem of automatic detection of dangerous cloud types has not yet been satisfactorily solved. The aim of this work is to devise and apply a reliable method for automatic recognition of important types of clouds in aviation (towering cumulus - TCU and CB - Cumulonimbus). Various options are offered, from determining the type of clouds from camera images or satellite data using neural networks to the detection of cloud cores using data mining over radar data. Final research may show that a combination of several methods is needed for reliable determination.

Cieľ / *Aim*

1. Cieľom práce je vymyslieť a aplikovať spoľahlivú metódu pre automatické rozpoznanie dôležitých typov oblakov v letectve (towering cumulus – TCU a CB – Cumulonimbus). 2. Vyhodnocovanie kamerových snímkov alebo satelitných údajov pomocou neurónových sietí. 3. Štúdium a implementácia nových metód simulácii tvorby oblakov. 4. Generovanie syntetických dát a rozšírenie tréningových dát.

1. The aim of this work is to devise and apply a reliable method for automatic recognition of important types of clouds in aviation (towering cumulus - TCU and CB - Cumulonimbus). 2. Evaluation of camera images or satellite data using neural networks. 3. Study and implementation of new methods of cloud formation simulation. 4. Generation of synthetic data and extension of training data.

Literatúra / *Literature*

[2015] Valk, Westrhenen - Cb-Tcu classification based on radar and satellite observations <http://bibliotheek.knmi.nl/knmipubWR/WR2015-01.pdf> Rumi, E., Kerr, D., Sandford, A., Coupland, J. and Brettle, M. (2015), Field trial of an automated ground-based infrared cloud classification system. *Met. Apps*, 22: 779-788. doi:10.1002/met.1523 <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/met.1523> Henken, Cintia & Schmeits, Maurice & Deneke, Hartwig & Roebeling, R.. (2011). Using MSG-SEVIRI Cloud Physical Properties and Weather Radar Observations for the Detection of Cb/TCu Clouds. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. 50.

10.1175/2011JAMC2601.1. https://www.researchgate.net/publication/228859464_Using_MSG-SEVIRI_Cloud_Physical_Properties_and_Weather_Radar_Observations_for_the_Detection_of_CbTCu_Clouds
[2015] Valk, Westrhenen - Cb-Tcu classification based on radar and satellite observations <http://bibliotheek.knmi.nl/knmipubWR/WR2015-01.pdf> Rumi, E., Kerr, D., Sandford, A., Coupland, J. and Brettle, M. (2015), Field trial of an automated ground#based infrared cloud classification system. *Met. Apps*, 22: 779-788. doi:10.1002/met.1523 <https://rmets.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/met.1523> Henken, Cintia & Schmeits, Maurice & Deneke, Hartwig & Roebeling, R.. (2011). Using MSG-SEVIRI Cloud Physical Properties and Weather Radar Observations for the Detection of Cb/TCu Clouds. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. 50. 10.1175/2011JAMC2601.1. https://www.researchgate.net/publication/228859464_Using_MSG-SEVIRI_Cloud_Physical_Properties_and_Weather_Radar_Observations_for_the_Detection_of_CbTCu_Clouds

Poznámka / Comment

Firma Microstep-MIS vie pomôcť s poskytnutím rôznych dátových sád aj odborným poradenstvom. Je možná aj prípadná pracovná spolupráca v tejto oblasti popri PhD štúdiu.
Microstep-MIS can help with the provision of various data sets as well as professional advice. Possible work cooperation in this area in addition to the PhD study is also possible.

Kľúčové slová / Keywords

cloud simulation, cloud classification
cloud simulation, cloud classification

Študijný program / *Study programme:*

Informatika / *Computer Science*

Názov / *Title*

Automatizovaná kvalitatívna analýza slovenských textov
Automated qualitative analysis of texts in Slovak

Jazyk záverečnej práce / *Language of Thesis*

slovenský / *Slovak*

Školiteľ / *Tutor*

doc. RNDr. Martin Takáč, PhD.

Anotácia / *Annotation*

V sociálnych vedách rastie množstvo digitalizovaných textov, ktoré treba analyzovať z hľadiska obsiahnutých tém, latentných významov, sentimentov a sémantických kategórií. Algoritmy strojového učenia by mohli pomôcť proces analýzy automatizovať. Sú tu však prekážky: 1) chýbajúce nástroje pre texty v slovenčine. 2) mnohé state-of-the-art nástroje potrebujú príliš veľké množstvo anotovaných tréningových dát 3) slabá transparentnosť algoritmov - chýba vysvetlenie ako dospeli k výsledku. Dizertačná práca sa zameria na výskum vhodných algoritmov strojového učenia použiteľných na kvalitatívnu analýzu slovenských textov s dôrazom na učenie z menšieho množstva dát a na transparentnosť - analýzu a vizualizáciu vytvorených sémantických reprezentácií.

A growing number of digitized texts in social sciences that need to be analysed qualitatively - by topics, latent meanings, sentiments and semantic categories - call for automation. Machine learning algorithms can provide help, but there are the following obstacles: 1) lack of tools for texts in Slovak language 2) many state-of-the-art tools require too many annotated training data 3) lack of transparency - missing explanations. This doctoral research will focus on survey and design or adaptation of suitable machine learning algorithms usable for qualitative analysis of Slovak text with an emphasis on learning from scarce data and on transparency - visualisation and analysis of emerged semantic representations.

Literatúra / *Literature*

Nan-Chen, Ch et. al. (2018): Using Machine Learning to Support Qualitative Coding in Social Science: Shifting The Focus to Ambiguity. *ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems* 9(4), 39. Humphreys, A. and Wang, R.J.-H. (2018): Automated Text Analysis for Consumer Research. *Journal of Consumer Research* 44(6):1274-1306 Honkela, T. et al. (2010): GICA: Grounded Intersubjective Concept Analysis. Technical report TKK-ICS-R41. Aalto University. Nan-Chen, Ch et. al. (2018): Using Machine Learning to Support Qualitative Coding in Social Science: Shifting The Focus to Ambiguity. *ACM Transactions on Interactive Intelligent Systems* 9(4), 39. Humphreys, A. and Wang, R.J.-H. (2018): Automated Text Analysis for Consumer Research. *Journal of Consumer Research* 44(6):1274-1306 Honkela, T. et al. (2010): GICA: Grounded Intersubjective Concept Analysis. Technical report TKK-ICS-R41. Aalto University.

Kľúčové slová / *Keywords*

kvalitatívna analýza, strojové učenie, dolovanie v texte
qualitative analysis, machine learning, text mining

Študijný program / Study programme:

Informatika / Computer Science

Názov / Title

Automaty a algoritmicke problémy v algebre
Automata and Algorithmic problems in Algebra

Jazyk záverečnej práce / Language of Thesis

anglický / English

Školiteľ / Tutor

doc. RNDr. Tatiana Jajcayová, PhD.

Anotácia / Annotation

Various types of automata are instrumental in the study of structural and algorithmic questions in Algebra. This approach was widely used in Combinatorial Group Theory. Our focus will be on Inverse semigroup and grupoid presentations. This proved to be fruitful as shown by the combinatorial approach introduced for inverse monoids by Munn and extended by Stephen. We plan to employ this approach and apply it to different algorithmic questions.

Študijný program / Study programme:

Informatika / *Computer Science*

Názov / Title

Bezpečnosť, súkromie a ich kvantifikácia

Safety, security, privacy and its quantification

Jazyk záverečnej práce / Language of Thesis

slovenský / *Slovak*

Školiteľ / Tutor

doc. RNDr. Damas Gruska, PhD.

Anotácia / Annotation

Práca je zameraná na formalizovanie a kvantifikovanie stupňov bezpečnosti či zachovania súkromia v softvérových a hardvérových systémoch. Predpokladá sa využívanie teórie informácií, pravdepodobnosti či metód štatistiky.

The aim of the thesis is to formalize and quantify levels of safety, security and privacy in hardware and software systems. Information theory, probability theory, and statistics are among the methods to be used.

Študijný program / Study programme:

Informatika / Computer Science

Názov / Title

Bezpečnosť - formálny prístup

Security - formal approach

Jazyk záverečnej práce / Language of Thesis

slovenský / Slovak

Školiteľ / Tutor

doc. RNDr. Damas Gruska, PhD.

Anotácia / Annotation

Cieľom práce je výskum prípadne vývoj v oblasti bezpečnosti aplikáciou formálnych metód verifikácie a špecifikácie. Bezpečnosť definujeme pomocou vlastností ako opacity, non-interference a pod., či už ako kvalitatívne alebo kvantitatívne vlastnosti, ktoré chceme analyzovať pomocou formálnych metód a a odpovedajúcich softvérových nástrojov.

The aim of the thesis is research, perhaps also development, in the field of security by application of formal methods for verification and specification. Security will be defined by terms as opacity, non-deducibility, etc, either as qualitative or quantitative properties, which will be analyzed by means of formal methods and corresponding software tools.

Študijný program / Study programme:

Informatika / *Computer Science*

Názov / Title

Biologicky motivované výpočtové modely

Biologically motivated computational models

Jazyk záverečnej práce / Language of Thesis

slovenský / *Slovak*

Školiteľ / Tutor

doc. RNDr. Damas Gruska, PhD.

Anotácia / Annotation

Ciele široko zameranej témy sú: výskum v oblasti biologicky motivovaných výpočtových modelov, skúmanie ich vlastností, vzájomného vzťahu, návrh vlastných modelov, porovnanie s existujúcimi, nástroje na verifikáciu, model checking a pod.

The aim of the thesis is research in the field of biologically motivated computational models, a study of their properties, relationships, a proposal of new models and their comparison with existing ones, tools for their verifications, model checking etc,

Študijný program / *Study programme:*

Informatika / *Computer Science*

Názov / *Title*

Detekcia malvéru založená na technikách umelej inteligencie umožňujúcich vysvetlenia
Malware Detection Based on Explainable AI

Jazyk záverečnej práce / *Language of Thesis*

anglický / *English*

Školiteľ / *Tutor*

doc. RNDr. Martin Homola, PhD.

Anotácia / *Annotation*

Súčasný systémy na detekciu malvéru (MDS) využívajú napríklad metódy heuristiky a strojového učenia. Tieto metódy ale neumožňujú získané vyhodnotenie správania procesov v informačnom systéme ako škodlivé či neškodné nejako zdôvodniť alebo vysvetliť. Využitie metód tzv. Explainable AI, ako sú napr. neurálno-symbolické techniky, naopak umožní doplniť takéto analýzy informačných systémov o vysvetlenia prečo bol daný proces vyhodnotený ako škodlivý alebo ako neškodný.

Current malware detection systems (MDS) based on heuristics and machine learning do not allow to look under do hood and derive explanations for classification of malicious or benign computer system behaviors. Basing MDS systems on novel approaches under the Explainable AI paradigm, e.g. Neural-Symbolic Reasoning and other techniques, may help to improve MDS with the ability to provide explanations why a particular evaluation of the analyzed computer systems was obtained.

Cieľ / *Aim*

Aplikácia metód Explainable AI na tvorbu MDS systémov. Konkrétne ciele budú stanovené s prihliadnutím na výskumné záujmy uchádzača.

Application of Explainable AI techniques in MDS systems. Particular goals will be set considering also the preference of the applicant.

Literatúra / *Literature*

[1] Švec, P., Balogh, Š., Homola, M. 2021. Experimental Evaluation of Description Logic Concept Learning Algorithms for Static Malware Detection. To appear in: ForSE 2021 [2] Bühmann, L., Lehmann, J. and Westphal, P., 2016. DL-Learner—A framework for inductive learning on the Semantic Web. *Journal of Web Semantics*, 39, pp.15-24 [3] Garcez, A.D.A., Gori, M., Lamb, L.C., Serafini, L., Spranger, M. and Tran, S.N., 2019. Neural-Symbolic Computing: An Effective Methodology for Principled Integration of Machine Learning and Reasoning. arXiv preprint arXiv:1905.06088

[1] Švec, P., Balogh, Š., Homola, M. 2021. Experimental Evaluation of Description Logic Concept Learning Algorithms for Static Malware Detection. To appear in: ForSE 2021 [2] Bühmann, L., Lehmann, J. and Westphal, P., 2016. DL-Learner—A framework for inductive learning on the Semantic Web. Journal of Web Semantics, 39, pp.15-24 [3] Garcez, A.D.A., Gori, M., Lamb, L.C., Serafini, L., Spranger, M. and Tran, S.N., 2019. Neural-Symbolic Computing: An Effective Methodology for Principled Integration of Machine Learning and Reasoning. arXiv preprint arXiv:1905.06088

Študijný program / Study programme:Informatika / *Computer Science*

Názov / Title

Detekcia tandemových opakovaní z dát získaných nanopórovým sekvenovaním

*Detection of tandem repeats from nanopore sequencing data***Jazyk záverečnej práce / Language of Thesis**slovenský / *Slovak***Školiteľ / Tutor**

prof. RNDr. Mária Lucká, PhD.

Anotácia / Annotation

V súčasnosti sú známe desiatky tandemových opakovaní asociovaných s chorobami, najmä neurologickými poruchami. Jedná sa hlavne o CG-bohaté oblasti, ktoré sú nestabilné a sú subjektom rôznych mutácií, ako rozsiahle zvýšenie počtu opakovaní, ale i zmeny v samotnom opakujúcom motive. Skúmanie týchto tandemových opakovaní komplikuje ich samotný rozsah, ktorý zďaleka prevyšuje dĺžku čítaní produkovaných druhou generáciou sekvenovania. Vývoj technológie nanopórového sekvenovania však ponúka riešenie tohto problému, keďže produkuje veľmi dlhé čítania. Dáta sú však charakteristické svojou vysokou chybovosťou i skutočnosťou, že nepredstavujú priamo DNA sekvencie, ale signály odchýlok elektrického prúdu nameraných počas prechodu DNA molekuly cez nanopóry sekvenátora. Tandemové opakovania sa v signáloch javia ako opakujúce sa časti, avšak kvôli nízkemu podielu signálu k šumu i časovej deformovanosti, ich detekcia je veľmi náročná. Cieľom dizertačnej práce bude hľadanie nových metód pre detekciu a charakterizáciu tandemových opakovaní, pričom hlavným zámerom by mali byť najmä nestabilné tandemové opakovania asociované s chorobami. V súčasnosti, väčšina existujúcich metód je založená na preklade signálu na DNA reťazce, v ktorých je detekcia tandemových opakovaní triviálnejšou úlohou. Proces prekladu je však pamäťovo i časovo náročný, a taktiež chybový. Predpokladom presnejšej či efektívnejšej metódy bude preto použitie surových signálov.

Študijný program / Study programme:Informatika / Computer Science

Názov / TitleDiferenciálna analýza v kontexte pangenómových grafov
*Differential Analysis in the Context of Pan-Genome Graphs***Jazyk záverečnej práce / Language of Thesis**

anglický / English

Školiteľ / Tutor

doc. Mgr. Tomáš Vinař, PhD.

Anotácia / Annotation

Identifying significant differences between individual samples is a key problem in many areas, including diagnostics (tumor development), met-agenomic analysis (differences in sample composition), transcription analysis (differential expression), and epidemiology (strain identification). While it is often possible to assemble sequencing data and compare the actual sequences, such approaches require high coverage and may still be biased in the case of difficult-to-assemble sequences. Pan-genome graphs, providing both qualitative and quantitative information about the range of patterns expected in datasets, will enable us to identify significant differences even between low-coverage samples that would be impossible to assemble and compare otherwise. Even though combinatorial approaches were already proposed in the literature, further development of probabilistic frameworks will increase the sensitivity and address issues of statistical significance of findings. We have already developed a probabilistic graph-based framework for working with low-coverage sequencing datasets that can be adapted to the purpose of differential analysis. Similar methodology can also be developed for long read technologies (such as Oxford Nanopore). Such comparative analysis is also essential in employing differential analysis in medical framework, where the trade-off between cost and sensitivity is a substantial issue.

Študijný program / Study programme:

Informatika / Computer Science

Názov / Title

Formálne metódy pre verifikáciu a špecifikáciu konkurentných a paralelných systémov
Formal methods for verifications and specifications of concurrent and parallel systems

Jazyk záverečnej práce / Language of Thesis

slovenský / Slovak

Školiteľ / Tutor

doc. RNDr. Damas Gruska, PhD.

Anotácia / Annotation

Ciele široko zameranej témy sú: výskum v oblasti formálnych metód pre špecifikáciu a verifikáciu konkurentných a paralelných systémov, softvérových alebo hardvérových, návrh vlastných modelov, porovnanie s existujúcimi, nástroje na verifikáciu, model checking a pod.

The aim of the thesis is research in formal methods, which includes: verification and specification of concurrent and parallel software or hardware systems, models of computation, their comparison with existing models, tools for verification, model checking etc.

Študijný program / Study programme:

Informatika / Computer Science

Názov / Title

Fundamentálne vlastnosti informácie a zložitosť problémov

Fundamental properties of information and complexity of problems

Jazyk záverečnej práce / Language of Thesis

anglický / English

Školiteľ / Tutor

prof. RNDr. Branislav Rován, PhD.

Anotácia / Annotation

Dosiahnuť nové výsledky v oblasti skúmania základných vlastností pojmu informácia a vplyvu dodatočnej informácie na zložitosť riešenia problémov. Výskum bude nadväzovať na doterajšie dosiahnuté výsledky na pracovisku (týkajúce sa napríklad užitočnosti informácie, aktuálnosti informácie a pod.).

To achieve new results in the research of fundamental properties of the notion of information and the influence of additional information on the complexity of problem solving. The research shall build upon the research achieved at the department (concerning, e.g., the usefulness of information, timeliness of information, etc.)

Cieľ / Aim

Dosiahnuť nové výsledky v oblasti skúmania základných vlastností pojmu informácia a vplyvu dodatočnej informácie na zložitosť riešenia problémov. Výskum bude nadväzovať na doterajšie dosiahnuté výsledky na pracovisku (týkajúce sa napríklad užitočnosti informácie, aktuálnosti informácie a pod.).

To achieve new results in the research of fundamental properties of the notion of information and the influence of additional information on the complexity of problem solving. The research shall build upon the research achieved at the department (concerning, e.g., the usefulness of information, timeliness of information, etc.)

Študijný program / *Study programme:*

Informatika / *Computer Science*

Názov / *Title*

Hybridný sémantický parser s využitím hlbokého učenia pre klasifikáciu rečových aktov
Hybrid Deep Learning for Semantic Parsing Including Semantic Utterance Classification

Jazyk záverečnej práce / *Language of Thesis*

anglický / *English*

Školiteľ / *Tutor*

doc. RNDr. Martin Homola, PhD.

Anotácia / *Annotation*

Strojové porozumenie hovorenej reči využíva sémantickú klasifikáciu rečových aktov do jednej z preddefinovaných sémantických kategórií. V súčasnosti sa využíva predovšetkým strojové učenie, vrátane hlbokého učenia. Jednou nevýhodou tohto prístupu je jeho nepriehľadnosť: systémy odvodí výsledok v podobe výslednej kategórie, ale nie je možné nahliadnuť pod kapotu a zistiť prečo je výsledok práve takýto. Súčasný trend v umelej inteligencii smeruje preto k hybridným prístupom, ktoré kombinujú strojové učenie s prístupmi umožňujúcimi vysvetlenia, ako sú napr. sémantické technológie. Predovšetkým ontológie sa javia ako mimoriadne sľubná možnosť, keďže ako hlavnú inferenčnú úlohu podporujú práve klasifikáciu sémantických kategórií.

Conversational machine understanding systems aim to automatically classify spoken utterance into one of a set of predefined semantic categories. Current systems employ mostly machine learning techniques, including deep learning. One of the disadvantages of these techniques is that they are largely opaque and while they can be used to derive certain answers, it is often not possible to look under the hood and ask why something was derived. Therefore one of the recent trends is to combine machine learning in hybrid systems with some explainable AI technology, such as semantic technologies. Ontologies seem to be particularly promising in this case, as they support classification of semantic categories as the main reasoning task.

Cieľ / *Aim*

- Navrhnuť hybridný prístup pre strojové porozumenie reči
- Využiť hlboké učenie pre klasifikáciu rečových aktov na nižšej úrovni
- Aplikovať ontológie a ďalšie sémantické technológie pre klasifikáciu kategórií na vyššej, symbolickej úrovni
- Preskúmať možné využitie fuzzy a pravdepodobnostných rozšírení sémantických technológií, ako aj abduktívnej inferencie pre zlepšenie efektívnosti na symbolickej úrovni
- Preskúmať možnosti vysvetliteľnosti, ktoré budú umožnené práve zapojením symbolickej vrstvy
- *Propose a hybrid framework for conversational machine understanding*
- *Use deep learning on corpora such as query click logs to obtain lower level utterance classification*
- *Apply ontologies and other semantic technologies to classify the utterances on a higher, symbolic level*
- *Explore fuzzy and probabilistic extensions of semantic technologies and abductive reasoning techniques to improve efficiency on the symbolic level*
- *Explore explainability enabled by the addition of the symbolic level*

Literatúra / *Literature*

[1] Aron, Jacob. How innovative is Apple's new voice assistant, Siri? *New Scientist* 2836, 2011 [2] Olney, A., Louwrese, M., Matthews, E., Marineau, J., Hite-Mitchell, H. and Graesser, A. Utterance classification in AutoTutor. In: *HLT-NAACL 2003* [3] Hijjawi, M., Bandar, Z. and Crockett, K. User's utterance classification using machine learning for Arabic Conversational Agents. In: *CSIT 2013* [4] Petasis, G., Möller, R. and Karkaletsis, V., 2013, September. *BOEMIE: Reasoning-based Information Extraction*. In *NLPAR@ LPNMR* (pp. 60-75)

[1] Aron, Jacob. *How innovative is Apple's new voice assistant, Siri?* *New Scientist* 2836, 2011 [2] Olney, A., Louwerse, M., Matthews, E., Marineau, J., Hite-Mitchell, H. and Graesser, A. *Utterance classification in AutoTutor*. In: *HLT-NAACL 2003* [3] Hijjawi, M., Bandar, Z. and Crockett, K. *User's utterance classification using machine learning for Arabic Conversational Agents*. In: *CSIT 2013* [4] Petasis, G., Möller, R. and Karkaletsis, V., 2013, September. *BOEMIE: Reasoning-based Information Extraction*. In *NLPAR@ LPNMR* (pp. 60-75)

Študijný program / Study programme:

Informatika / *Computer Science*

Názov / Title

Komunikácia vo (formálnych) výpočtových modeloch

Communication in (formal) computational models

Jazyk záverečnej práce / Language of Thesis

anglický / *English*

Školiteľ / Tutor

doc. RNDr. Dana Pardubská, CSc.

Anotácia / Annotation

štúdium vplyvu spôsobu a množstva komunikácie na výpočtovú silu/zložitosť výpočtových modelov/problémov

Study of influence of type and amount of communication on computational power / complexity of computational models / problems

Študijný program / Study programme:

Informatika / *Computer Science*

Názov / Title

Kryptoanalýza symetrických šifier

Cryptanalysis of symmetric ciphers

Jazyk záverečnej práce / Language of Thesis

slovenský / *Slovak*

Školiteľ / Tutor

doc. RNDr. Martin Stanek, PhD.

Anotácia / Annotation

Výber vhodnej triedy symetrických šifier a preskúmanie súčasného stavu konštrukcie a analýzy používaných algoritmov. Zlepšenie metód kryptoanalýzy, prípadne návrh vlastných metód.

Teoretická analýza zložitosti a predpokladov navrhnutých postupov, spolu s ich experimentálnym overením.

Študijný program / Study programme:

Informatika / Computer Science

Názov / Title

Metódy spracovania dát zo sekvenačných technológií tretej generácie

Methods for processing data from third generation sequencing technologies

Jazyk záverečnej práce / Language of Thesis

slovenský / Slovak

Školiteľ / Tutor

doc. Mgr. Tomáš Vinař, PhD.

Anotácia / Annotation

Najnovšie sekvenačné technológie produkujú sekvencie, ktoré sú síce veľmi dlhé, na druhej strane ich chybovosť sa pohybuje až do 30%. Využitie takýchto dát si vyžaduje formuláciu a výskum nových algoritmických problémov. Cieľom práce je formulovať nové problémy súvisiace s takýmito sekvenovacími technológiami a hľadať riešenia prostredníctvom techník strojového učenia, tvorby efektívnych algoritmov a pravdepodobnostného modelovania.

The newest sequencing technologies produce long sequences with large error rates of up to 30%. Using such data requires formulation and research of new algorithmic problems. The goal of the thesis is to formulate new problems related to the third generation sequencing technologies and provide solutions using machine learning, algorithmic, and probabilistic modeling techniques.

Študijný program / *Study programme:*

Informatika / *Computer Science*

Názov / *Title*

Metódy umelej inteligencie v počítačových hrách

AI methods in computer games

Jazyk záverečnej práce / *Language of Thesis*

anglický / *English*

Školiteľ / *Tutor*

doc. RNDr. Martin Homola, PhD.

Anotácia / *Annotation*

Skoro všetky počítačové hry vykazujú nejakú formu "inteligentného správania". Aj dnes je však úplne bežné, že tieto správania sú implementované hardkódovanými algoritmami bez využitia metód UI. Širšia aplikácia metód UI tak pre oblasť počítačových hier predstavuje zaujímavú výzvu, ktorá môže priniesť posun k skutočne inteligentným hrám.

Almost any computer game exhibit "intelligent behaviours" however until this day these are often implemented by hardcoded algorithms without application of mainstream AI methods. Application of these methods thus presents an interesting challenge which may help to push towards really intelligent computer games.

Cieľ / *Aim*

Aplikácia metód umelej inteligencie na rôzne problémy v počítačových hrách. Konkrétne ciele budú stanovené s prihliadnutím na výskumné záujmy uchádzača.

Application AI methods on various problems in computer games. Particular goals will be set considering also the research interests of the applicant.

Literatúra / *Literature*

[1] Garcez, A.D.A., Gori, M., Lamb, L.C., Serafini, L., Spranger, M. and Tran, S.N., 2019. Neural-Symbolic Computing: An Effective Methodology for Principled Integration of Machine Learning and Reasoning. arXiv preprint arXiv:1905.06088. [2] Besold, T.R., Garcez, A.D.A., Bader, S., Bowman, H., Domingos, P., Hitzler, P., Kühnberger, K.U., Lamb, L.C., Lowd, D., Lima, P.M.V. and de Penning, L., 2017. Neural-symbolic learning and reasoning: A survey and interpretation. arXiv preprint arXiv:1711.03902. [3] Hitzler, P., Bianchi, F., Ebrahimi, M. and Sarker, M.K., 2019. Neural-symbolic integration and the Semantic Web. *Semantic Web*

[1] Laird, J. and VanLent, M., 2001. Human-level AI's killer application: Interactive computer games. AI magazine, 22(2), pp.15-15. [2] Nareyek, A., 2004. AI in computer games. Queue, 1(10), p.58. [3] Magerko, B., Laird, J.E., Assanie, M., Kerfoot, A. and Stokes, D., 2004, July. AI characters and directors for interactive computer games. In AAAI (pp. 877-883).

Študijný program / Study programme:Informatika / Computer Science

Názov / TitleMiere nezafarbitelnosti kubických grafov
*Measures of uncolourability of cubic graphs***Jazyk záverečnej práce / Language of Thesis**

anglický / English

Školiteľ / Tutor

prof. RNDr. Martin Škoviera, PhD.

Anotácia / Annotation

farbami tak, aby susedné hrany mali vždy rôznu farbu. Tie, ktoré potrebujú štyri farby, sa nazývajú nezafarbitelné. Nezafarbitelné kubické grafy (nazývané tiež snarky) hrajú kľúčovú úlohu ako potenciálne protipríklady k viacerým dôležitým a dlhodobo otvoreným hypotézam v diskkrétnej matematike. Existujú rozličné miery nezafarbitelnosti kubických grafov, napr. nepárnosť, rezistencia, počet 1-faktorov potrebných na pokrytie všetkých hrán a iné. Čím viac je snark nezafarbitelný, tým ťažšie je overiť, že spĺňa tú-ktorú hypotézu. Cieľom dizertačnej práce je dosiahnuť nové výsledky týkajúce sa mier nezafarbitelnosti kubických grafov ako aj vzťahov medzi nimi. Výsledky môžu mať štruktúrálny, konštrukčný aj výpočtový charakter.

Every cubic graph can be edge-coloured with three or four colours in such a way that adjacent edges receive distinct colours. Uncolourable cubic graphs (known as snarks) play a key role as potential counter-examples to several important and long-standing conjectures in discrete mathematics. There exist various measures of uncolourability of cubic graphs, e.g. oddness, resistance, perfect matching index, and others. The more is a snark uncolourable, the harder is to prove that it satisfies a conjecture in question. The aim of the dissertation is to obtain new results concerning the measures of uncolourability of cubic graphs and relationships between them. Results may have structural, construction, and computational character.

Cieľ / Aim*cutting-edge research in the topic*

Názov / Title

Modelovanie problémov v prostredí inteligentných energetických sietí

Modeling problems in the smart grid environment

Jazyk záverečnej práce / Language of Thesis

slovenský / Slovak

Školiteľ / Tutor

prof. RNDr. Mária Lucká, PhD.

Anotácia / Annotation

S narastajúcou spotrebou elektrickej energie rastú obavy a snaha o ochranu životného prostredia. Táto snaha vedie k nárastu integrovania rôznych typov obnoviteľných zdrojov energie do energetických sietí, zvyšujúc tak náročnosť ich spoľahlivého riadenia. Návrh inteligentných energetických sietí vybavených inteligentnými meračmi (smart metrami) je neodmysliteľný od mohutného rozvoja od informačno-komunikačných nástrojov, algoritmov a metód. Využívanie distribuovaných zdrojov energie (solárnych elektrární, veterných elektrární, ...) umožňuje na jednej strane zníženie odberu elektrickej energie z hlavnej siete, ale zvyšuje nároky na riadenie a spoľahlivosť celého systému, nakoľko vnáša do celého systému neurčitost'. Pretože neexistuje veľa možností na uskladnenie vyprodukovanej energie, je potrebné čo najpresnejšie predikovať výrobu a spotrebu energie so zahrnutím neurčitosti, pričom cieľom je minimalizácia nákladov na energiu a čo najspoľahlivejšie riadenie. Novou výzvou súčasnosti je aj podpora elektromobility a jej zahrnutie do prostredia energetických sietí. Integrácia obnoviteľných zdrojov energie zmenila architektúru energetických sietí z jednosmerných na obojsmerné. Spotrebiteľia (consumers) s obnoviteľnými zdrojmi sa stávajú aj možnými dodávateľmi energie (prosumers). Z centrálne riadenej siete sa postupne stáva decentralizovaná sústava, pozostávajúca z viacerých autonómnych súčastí, nazývaných mikrogridy (MG), kde prosumeri môžu obchodovať s vyrobenou elektrinou. Z matematického a informatického hľadiska sú pri návrhu, riadení a optimalizácii sietí a ich súčastí - mikrogridov aplikované najnovšie poznatky z oblasti teórie hier, umelej inteligencie, strojového učenia, štatistických metód.

With increasing electricity consumption, concerns and efforts to protect the environment are growing. This effort leads to an increase in the integration of various types of renewable energy sources into energy networks, increasing thus the complexity of their reliable control. Design of smart grids equipped with smart meters is impossible without an intensive development of information and communication tools, algorithms and methods. The use of distributed renewable energy resources (solar power plants, wind power plants, ...) enables reduction of the electricity consumption from the main grid, but increases demands on the management and reliability of the entire system and introduces uncertainty into the entire system. As there are not many options for storing the energy produced, it is necessary to predict the production and consumption of energy as accurately as possible. It must include uncertainties and stochasticity of the processes with the aim of minimizing the energy costs and managing them as reliably as possible. A new challenge today is also to promote electromobility and integrate it into the environment of energy networks [1] [2]. The integration of renewable energy sources has changed the architecture of energy networks from one-way to two-way. Consumers with renewable sources are also becoming potential energy suppliers (prosumers). The centrally controlled network gradually becomes a decentralized system, consisting of several autonomous components, called microgrids (MG), where prosumers can trade with the electricity produced. From a mathematical and informatical point of view, the latest knowledge in the field of game theory, artificial intelligence, machine learning, statistical methods

is applied into the design, management and optimization of networks and their components - microgrids [3] [4].

Cieľ / Aim

Vývoj nových nástrojov a metód pre modelovanie problémov inteligentných energetických sietí.
Development of new tools and methods for modeling the smart grids problems.

Literatúra / Literature

[1] Zhao, H. et al.: Stochastic Optimization of Microgrid Participating Day-Ahead Market Operation Strategy with Consideration of Energy Storage System and Demand Response. *Energies*. 13, 5, 1255 (2020). <https://doi.org/10.3390/en13051255> [2] Laha, A. et al.: Game Theory Based Charging Solution for Networked Electric Vehicles: A Location-Aware Approach. *IEEE Trans. Veh. Technol.* 68, 7, 6352–6364 (2019). <https://doi.org/10.1109/TVT.2019.2916475> [3] LAURINEC, P., LUCKÁ, M. Interpretable multiple data streams clustering with clipped streams representation for the improvement of electricity consumption forecasting. *Data Mining and Knowledge Discovery*, March 2019, Volume 22, Issue 2, pp. 413-445. <https://doi.org/10.1007/s10618-018-0598-2> [4] LAURINEC, P., LÓDERER, M., LUCKÁ, M., ROZINAJOVÁ, V. Density-based unsupervised ensemble learning methods for time series forecasting of aggregated or clustered electricity consumption. *Journal of Intelligent Information Systems*, pp. 1-21. March 2019. <https://doi.org/10.1007/s10844-019-00550-3>.

[1] Zhao, H. et al.: Stochastic Optimization of Microgrid Participating Day-Ahead Market Operation Strategy with Consideration of Energy Storage System and Demand Response. Energies. 13, 5, 1255 (2020). https://doi.org/10.3390/en13051255 [2] Laha, A. et al.: Game Theory Based Charging Solution for Networked Electric Vehicles: A Location-Aware Approach. IEEE Trans. Veh. Technol. 68, 7, 6352–6364 (2019). https://doi.org/10.1109/TVT.2019.2916475 [3] LAURINEC, P., LUCKÁ, M. Interpretable multiple data streams clustering with clipped streams representation for the improvement of electricity consumption forecasting. Data Mining and Knowledge Discovery, March 2019, Volume 22, Issue 2, pp. 413-445. https://doi.org/10.1007/s10618-018-0598-2 [4] LAURINEC, P., LÓDERER, M., LUCKÁ, M., ROZINAJOVÁ, V. Density-based unsupervised ensemble learning methods for time series forecasting of aggregated or clustered electricity consumption. Journal of Intelligent Information Systems, pp. 1-21. March 2019. https://doi.org/10.1007/s10844-019-00550-3.

Študijný program / *Study programme:*

Informatika / *Computer Science*

Názov / *Title*

Neurálno-symbolické techniky v reprezentácii znalostí

Neural-symbolic reasoning techniques in knowledge representation

Jazyk záverečnej práce / *Language of Thesis*

anglický / *English*

Školiteľ / *Tutor*

doc. RNDr. Martin Homola, PhD.

Anotácia / *Annotation*

Neurálno-symbolické techniky kombinujú strojové učenie a symbolické metódy UI ako je napr. logika. Tento kombinovaný prístup umožňuje napr. hľadanie vysvetlení prečo bol nejaký výsledok odvodený, zatiaľ čo metódy strojového učenia takéto vysvetlenia typicky neumožňujú.

Neural-symbolic reasoning combines machine learning with symbolic AI approaches such as logic. Neural-symbolic methods are able provide explanations why such and such results are derived and can thus improve pure machine learning techniques which often do not allow any form of explanations.

Cieľ / *Aim*

Aplikácia neurálno-symbolických metód na rôzne problémy v reprezentácii znalostí. Konkrétne ciele budú stanovené s prihliadnutím na výskumné záujmy uchádzača.

Application of neural-symbolic reasoning methods on various problems in knowledge representation. Particular goals will be set considering also the preference of the applicant.

Literatúra / *Literature*

[1] Garcez, A.D.A., Gori, M., Lamb, L.C., Serafini, L., Spranger, M. and Tran, S.N., 2019. Neural-Symbolic Computing: An Effective Methodology for Principled Integration of Machine Learning and Reasoning. arXiv preprint arXiv:1905.06088. [2] Besold, T.R., Garcez, A.D.A., Bader, S., Bowman, H., Domingos, P., Hitzler, P., Kühnberger, K.U., Lamb, L.C., Lowd, D., Lima, P.M.V. and de Penning, L., 2017. Neural-symbolic learning and reasoning: A survey and interpretation. arXiv preprint arXiv:1711.03902. [3] Hitzler, P., Bianchi, F., Ebrahimi, M. and Sarker, M.K., 2019. Neural-symbolic integration and the Semantic Web. *Semantic Web*

*[1] Garcez, A.D.A., Gori, M., Lamb, L.C., Serafini, L., Spranger, M. and Tran, S.N., 2019. Neural-Symbolic Computing: An Effective Methodology for Principled Integration of Machine Learning and Reasoning. arXiv preprint arXiv:1905.06088. [2] Besold, T.R., Garcez, A.D.A., Bader, S., Bowman, H., Domingos, P., Hitzler, P., Kühnberger, K.U., Lamb, L.C., Lowd, D., Lima, P.M.V. and de Penning, L., 2017. Neural-symbolic learning and reasoning: A survey and interpretation. arXiv preprint arXiv:1711.03902. [3] Hitzler, P., Bianchi, F., Ebrahimi, M. and Sarker, M.K., 2019. Neural-symbolic integration and the Semantic Web. *Semantic Web**

Študijný program / *Study programme:*

Informatika / *Computer Science*

Názov / *Title*

Optimalizácia a znovupoužitie pri vývoji rozsiahlych softvérových systémov
Optimization and Reuse in Development of Large Software Systems

Jazyk záverečnej práce / *Language of Thesis*

slovenský / *Slovak*

Školiteľ / *Tutor*

doc. Ing. Ivan Polášek, PhD.

Anotácia / *Annotation*

Rastúce požiadavky a zložitosť softvérových systémov vyžadujú sofistikovaný a kreatívny proces analýzy a návrhu s intenzívnou spoluprácou mnohých expertov s rôznymi špecializáciami, ktorí sú informovaní o reálnom stave a problémoch až v čase analýzy a vývoja. Preto patrí medzi hlavné motivácie tohto výskumu analyzovať a navrhnúť rôzne metódy v nasledovných oblastiach: 1. kolaboratívny a paralelný vývoj nad spoločnými modelmi softvéru pre zvyšovanie produktivity a efektívnosti práce, 2. vizualizácia paralelných vrstiev s jednotlivými modulmi, prípadmi použitia, verziami, s alternatívnymi a paralelnými tokmi scenárov na zníženie vágnych a redundantných prvkov, na dosiahnutie odľahčenej a optimálnej architektúry, 3. progresívne metódy výučby programovania v grafickom prostredí, vo virtuálnej a rozšírenej realite, 4. refaktorovanie a opätovné použitie znalostí v modeloch a zdrojovom kóde, 5. fúzia modelov, vizualizácia dynamiky scenárov a funkcionality softvérových architektúr, 6. multidimenzionálna vizualizácia štruktúry zdrojového kódu vo virtuálnej a rozšírenej realite (VR a XR), tém a zdrojov znalostí, evolúcie a kvality (identifikácia vzorov a antivzorov), autorov a používateľov, prepojenia s modelom na zníženie kognitívnej záťaže a zložitosti rozsiahlych UML modelov pomocou vrstiev, rozkladajúcich systém na preskúmanie a hlbšie pochopenie, ktoré môže viesť k efektívnejším implementáciám.

Growing requirements and the complexity of software systems involve a sophisticated and creative process of analysis and design with the intensive cooperation of many experts with various specializations, who are informed about the real state and problems at the last moment in the time of analysis and development process. Therefore, one of the main motivations for this research is to analyze and design diverse appropriate methods in the following areas of research: 1. collaborative and parallel modeling and development through the common and shared software models for increasing productivity and work efficiency, 2. visualization of parallel layers in multidimensional space with particular modules, use cases, versions, or alternative and parallel flow of scenarios to reduce vague and redundant elements, to achieve a lean and optimal architecture, 3. progressive and advanced methods of teaching programming in a graphical environment, in virtual and augmented reality, 4. refactoring and reusing knowledge in models and source code, 5. fusion of models, visualization of functionality, patterns and use case scenarios in software architectures, 6. multidimensional visualization of source code structure in virtual and augmented reality (VR and AR); topics and sources of knowledge; evolution and quality (identification of patterns and bad smells); authors and users; interconnections with the models to reduce cognitive load and complexity of large UML models using layers, decomposing the system for review and deeper understanding, which can lead to more effective implementations.

Študijný program / Study programme:

Informatika / Computer Science

Názov / Title

Poradná zložitosť v modeloch výpočtov
Advice complexity of computational models

Jazyk záverečnej práce / Language of Thesis

anglický / English

Školiteľ / Tutor

prof. RNDr. Rastislav Kráľovič, PhD.

Anotácia / Annotation

In several areas of theoretical computer science the hardness of performing a computational task stems from the unavailability of some information about the input. E.g. in online algorithms, the output must be constructed incrementally without the knowledge of the future input; in distributed computing, the processors may only have a local view of the communication network; in streaming algorithms, the algorithm is only allowed to read the input once with a very limited memory. In such cases, extensive research effort has been invested into identifying which properties are important for the problem at hand. Traditionally a qualitative approach has been used, analyzing the impact of particular types of information (e.g. What happens if the processes know the diameter of the topology? What if the online scheduling algorithm knows the maximum length of a job?). In the recent decade a quantitative approach was introduced, where the question is What happens if the algorithm/process is allowed to have a short but otherwise arbitrary information (advice) about the unknown part? The general direction of the thesis is in investigating the advice complexity in (some of the) settings mentioned above. It is a general framework that will be made into a specific proposal after being tailored to the particular interests of the student after personal consultation.

Študijný program / *Study programme:*

Informatika / *Computer Science*

Názov / *Title*

Simulácia veľkých rozmerov dynamiky viacerých kvapalín s pohyblivými prekážkami.
Large Scale Simulations for Multiple Fluid Dynamics With Moving Interfaces

Jazyk záverečnej práce / *Language of Thesis*

anglický / *English*

Školiteľ / *Tutor*

prof. RNDr. Roman Ďurikovič, PhD.

Anotácia / *Annotation*

Coupling 2D and 3D Simulation in a Lagrangian Way A 2D simulation based on the SWE is often used to simulate large bodies of water. Although a real-time simulation can be achieved \cite{Hagen05} various limitations result from the 2D nature of the simulation. Because a height field is used to represent the fluid no complex effects, like drops, splashes or breaking waves, might be simulated. One simply solution is to add uncoupled particles to the simulation like in \cite{Chentanez10}, where sprays, foam, and waterfalls were simulated by generating uncoupled particles and interaction between these particles and the height field was handled. Simulation of breaking waves was achieved by adding fluid sheets in \cite{Thurey07}. A full coupling of 2D and 3D simulation was presented in \cite{Thurey06} using lattice Boltzmann method. Even better results were achieved in \cite{Chentanez11}, where the approach from \cite{Irving06} was enhanced. A combination of tall cells and 3d grid cells was employed to simulate water in real-time. Although good results were achieved using the previously mentioned methods all handle the fluid in Eulerian way. We would like to couple SPH-based shallow water simulation with a full 3D SPH simulation. The use of SPH for both the 2D and the 3D simulation gives a fully Lagrangian approach. The 3D simulation will be used only near the fluid surface where the complex effect with high visual impact occur. Therefore the most of the fluid domain will be simulated with a fast 2D approach and a fast simulation should be achieved. Erosion Process and Fluid Mixing in 2D SPH We would like to add advection of concentrations between particles to SPH-based shallow water simulation. A 2D representation of the fluid can not fully capture the diffusion and sedimentation processes in the fluid. Therefore we will create new particles by dividing every fluid particle to multiple particles in the vertical direction. These particles will move together in the fluid simulation and will be taken in the computation as a single particle. In the mixing process, where concentrations will be advected, the created particles will be handled as separate particles and carry the dissolved material. The proposed approach to fluid mixing can be exploited in the erosion process as well as in mixing of several fluids. Because several subsamples of dissolved material are stored for every simulation particle a volumetric raytracing can be performed. A realistic visualization of the erosion process can be acquired in this way. Multiresolution Simulation A multiresolution simulation is usually used to enhance the efficiency of the simulation. In \cite{Adams07} a 3 to 8-times speedup was achieved. Several concepts of particle merging and splitting were used in the resampling process. From two \cite{Adams07} to several particles \cite{Desbrun99} were merged and split. Virtual particles were used in \cite{Keiser06}. Different criterion for particle merging and splitting were used as well. The speed of the deformation was used in \cite{Desbrun99} and the geometrical complexity was used in \cite{Adams07}. A different approach was proposed in \cite{Cohen10}. A translating Eulerian grid was used to concentrate the computation into important regions and the rest was simulated by particles. This concept can be taken as a level of detail approach as well as the solution from \cite{Solenthaler11}, where a high resolution simulation was used to capture the regions of interest. We would like to employ

the multiresolution simulation to concentrate the computation into region of visual importance. A higher-resolution simulation will be used in this regions. Such regions are the regions where an interaction between fluid and solid occurs. Another criterion will be view dependent criterion based on the field of view of the camera and the distance from the camera. It is difficult to say which resampling solution will perform best for a 2D particle-based simulation. Because of that we will try several solutions and employ the one with best trade-off between speed and stability. Enhancing Sampling of the Fluid A low sampling of the fluid can result in visual artifacts. To resolve this problem in \cite{Ando11} particles were added in the thin fluid regions to prevent rupturing of this regions. A particle was added among two candidate particles and the physical properties were redistributed between the created and candidate particles. This method is employed for the PIC/FLIP method and no such resampling is needed for the 3D SPH because such problem do not occur here.

Coupling 2D and 3D Simulation in a Lagrangian Way A 2D simulation based on the SWE is often used to simulate large bodies of water. Although a real-time simulation can be achieved \cite{Hagen05} various limitations result from the 2D nature of the simulation. Because a height field is used to represent the fluid no complex effects, like drops, splashes or breaking waves, might be simulated. One simply solution is to add uncoupled particles to the simulation like in \cite{Chentanez10}, where sprays, foam, and waterfalls were simulated by generating uncoupled particles and interaction between these particles and the height field was handled. Simulation of breaking waves was achieved by adding fluid sheets in \cite{Thurey07}. A full coupling of 2D and 3D simulation was presented in \cite{Thurey06} using lattice Boltzmann method. Even better results were achieved in \cite{Chentanez11}, where the approach from \cite{Irving06} was enhanced. A combination of tall cells and 3d grid cells was employed to simulate water in real-time. Although good results were achieved using the previously mentioned methods all handle the fluid in Eulerian way. We would like to couple SPH-based shallow water simulation with a full 3D SPH simulation. The use of SPH for both the 2D and the 3D simulation gives a fully Lagrangian approach. The 3D simulation will be used only near the fluid surface where the complex effect with high visual impact occur. Therefore the most of the fluid domain will be simulated with a fast 2D approach and a fast simulation should be achieved. *Erosion Process and Fluid Mixing in 2D SPH* We would like to add advection of concentrations between particles to SPH-based shallow water simulation. A 2D representation of the fluid can not fully capture the diffusion and sedimentation processes in the fluid. Therefore we will create new particles by dividing every fluid particle to multiple particles in the vertical direction. These particles will move together in the fluid simulation and will be taken in the computation as a single particle. In the mixing process, where concentrations will be advected, the created particles will be handled as separate particles and carry the dissolved material. The proposed approach to fluid mixing can be exploited in the erosion process as well as in mixing of several fluids. Because several subsamples of dissolved material are stored for every simulation particle a volumetric raytracing can be performed. A realistic visualization of the erosion process can be acquired in this way. *Multiresolution Simulation* A multiresolution simulation is usually used to enhance the efficiency of the simulation. In \cite{Adams07} a 3 to 8-times speedup was achieved. Several concepts of particle merging and splitting were used in the resampling process. From two \cite{Adams07} to several particles \cite{Desbrun99} were merged and split. Virtual particles were used in \cite{Keiser06}. Different criterion for particle merging and splitting were used as well. The speed of the deformation was used in \cite{Desbrun99} and the geometrical complexity was used in \cite{Adams07}. A different approach was proposed in \cite{Cohen10}. A translating Eulerian grid was used to to concentrate the computation into important regions and the rest was simulated by particles. This concept can be taken as a level of detail approach as well as the solution from \cite{Solenthaler11}, where a high resolution simulation was used to capture the regions of interest. We would like to employ the multiresolution simulation to concentrate the computation into region

of visual importance. A higher-resolution simulation will be used in these regions. Such regions are the regions where an interaction between fluid and solid occurs. Another criterion will be view dependent criterion based on the field of view of the camera and the distance from the camera. It is difficult to say which resampling solution will perform best for a 2D particle-based simulation. Because of that we will try several solutions and employ the one with best trade-off between speed and stability. Enhancing Sampling of the Fluid A low sampling of the fluid can result in visual artifacts. To resolve this problem in \cite{Ando11} particles were added in the thin fluid regions to prevent rupturing of these regions. A particle was added among two candidate particles and the physical properties were redistributed between the created and candidate particles. This method is employed for the PIC/FLIP method and no such resampling is needed for the 3D SPH because such problem do not occur here.

Ciel' / Aim

1. SPH optimization for large fluid dynamics simulation. 2. Study and implement the SPH method implement the terrain as a granular material with different properties. 3. Study the sea dynamics movement.

1. SPH optimization for large fluid dynamics simulation. 2. Study and implement the SPH method implement the terrain as a granular material with different properties. 3. Study the sea dynamics movement.

Literatúra / Literature

Minimálne 100 článkov SIGGRAPH, CASA, EG. [1] Lee, H., and Han, S. Solving the shallow water equations using 2d sph particles for interactive applications. Visual Computer 26 (June 2010), 865, 872. [2] Solenthaler, B., and Gross, M. Two-scale particle simulation. ACM Trans. Graph. 30 (Aug. 2011), 81:1, 81:8. and other SIGGRAPH and CSA papers.

At least 100 recent papers from SIGGRAPH a CASA conferences. Starting papers are following: [1] Lee, H., and Han, S. Solving the shallow water equations using 2d sph particles for interactive applications. Visual Computer 26 (June 2010), 865, 872. [2] Solenthaler, B., and Gross, M. Two-scale particle simulation. ACM Trans. Graph. 30 (Aug. 2011), 81:1, 81:8. and other SIGGRAPH and CSA papers.

Poznámka / Comment

Možno očakávať, že výsledky dizertácie budú publikovateľné v časopisoch, ktoré pokrýva databáza Mathematical Reviews alebo databáza SCOPUS, SCI napríklad v Computer Graphics Forum, Shape modeling, The Arabian Journal for Science and Engineering, a konferenciách IEEE Information Visualization, ACM SCCG.

Expected publication in scientific journals SCOPUS, SCI for example v Computer Graphics Forum, Shape modeling, The Arabian Journal for Science and Engineering, IEEE Information Visualization, ACM SCCG.

Kľúčové slová / Keywords

large fluid simulation, smoothed particle hydrodynamics, shallow water equation, fluid surface, boundary handling

large fluid simulation, smoothed particle hydrodynamics, shallow water equation, fluid surface, boundary handling

Študijný program / Study programme:

Informatika / Computer Science

Názov / Title

Smerom k vteleným inteligentným agentom so sebauvedomením

Towards self-aware embodied intelligent agents

Jazyk záverečnej práce / Language of Thesis

anglický / English

Školiteľ / Tutor

prof. Ing. Igor Farkaš, Dr.

Anotácia / Annotation

Embodied cognition approach to building intelligent artificial agents entails that having a body is crucial for acquiring knowledge during agent's interactions with the world. Information about one's own body (body schema) is crucial for the agent, and it consists of various components, including sensory-motor prediction, self-other distinctions, spatial knowledge and others.

Cieľ / Aim

1. Design an embodied robotic architecture that will satisfy minimal criteria for a self-aware embodied agent based on neural networks. 2. Train the model and test its functionality in a robotic toy world.

Literatúra / Literature

M. Hoffmann et al: Body Schema in Robotics: A Review. IEEE Transactions on Autonomous Mental Development, 2010, https://www.researchgate.net/publication/224182540_Body_Schema_in_Robotics_A_Review G. Schillaci, V. Hafner, B. Lara: Exploration Behaviors, Body Representations, and Simulation Processes for the Development of Cognition in Artificial Agents. Frontiers in Robotics and AI, 2016, <https://doi.org/10.3389/frobt.2016.00039> P. Vicente, L. Jamone, A. Bernardino: Online Body Schema Adaptation Based on Internal Mental Simulation and Multisensory Feedback, Frontiers in Robotics and AI, 2016, <https://doi.org/10.3389/frobt.2016.00007>

Študijný program / *Study programme:*

Informatika / *Computer Science*

Názov / *Title*

Spracovanie svetelných kriviek satelitov a kozmického odpadu za účelom ich identifikácie
Processing of light curves of satellites and space debris for the purpose of their identification

Jazyk záverečnej práce / *Language of Thesis*

anglický / *English*

Školiteľ / *Tutor*

prof. RNDr. Roman Ďurikovič, PhD.

Konzultant / *Consultant*

Mgr. Jiří Šilha, PhD.

Anotácia / *Annotation*

1. Charakterizácie vesmírnych objektov (tvar, povrchové vlastnosti ako funkcia typ objektu), využitie ML, hlavný cieľ (FMFI). 2. Výpočet rotácie, natočenia objektov, využitie ML (FMFI + Vyoma). 3. Zlepšenie dráh vesmírnych, využitie ML (FMFI+UniRioja++Vyoma).

1. Characterization of space objects (shape, surface properties as a function of object type), use of ML, main goal (FMFI). 2. Calculation of rotation, rotation of objects, use of ML (FMFI + Vyoma). 3. Improvement of space orbits, use of ML (FMFI + UniRioja ++ Vyoma).

Cieľ / *Aim*

V téme sa jedná o spracovanie svetelných kriviek satelitov a kozmického odpadu za účelom ich identifikácie a charakterizácie. Svetelné krivky sa nachádzajú vo verejne dostupných katalógoch, ako napr. ten of FMFI (<https://www.sdcd.space-debris.sk/>), ktorého dáta budú časom pribúdať. Každý objekt odráža svetlo smerom k pozorovateľovi, pričom tento signál sa dá zmerať. Zároveň je tento signál, svetelná krivka (zmena jasnosti s časom), aj tzv. footprint (stopa) daného objektu, ktorá je výsledkom kombinácie jeho tvaru, odrazových vlastností, geometrie, povrchových vlastností objektu a rotácii objektu. Analytickými metódami používanými v astronómii je možné limitované informácie zo svetelných kriviek metodicky získať. Avšak existujú parametre, ktoré sa zanedbávajú a môžu byť kľúčové na detailnejšie identifikovanie, alebo popis objektu. Práca študenta(-tky) by pokrývala spracovanie vyše 300,000 reálnych svetelných kriviek pre vyše 5000 objektov odpadu a satelitov, ktoré sa nachádzajú v Ruskom MMT katalógu (<http://mmt9.ru/satellites/>), za účelom získať bližšie informácie o sledovanom objekte, ak je známa jeho vzájomnú geometriu voči pozorovateľovi-slnku a nejaký typ informácie o jeho tvare. Predpokladá sa extenzívne využitie problematiky machine learning (ML), kde by sa použili reálne a aj syntetické krivky. Algoritmus by sa aplikoval aj na dáta FMFI a uvažovali by sa aj syntetické dáta získane pomocou fiktívneho ďalekohľadu umiestnenom na obežnej dráhe Zeme, scenár, pri ktorom sa geometria prudko mení v porovnaní s pozorovaniami zo Zeme. Získaný ML algoritmus by sa tiež použil na identifikáciu objektu. Na základe známych populácií a ich kriviek, by sa identifikovali pozorovaný objekt vďaka jeho krivke (footprint). Tento problém je eventuálne možné rozšíriť na identifikáciu prirodzených telies ako sú asteroidy, ktoré sú menej komplexného tvaru (<http://alcd.org/>), avšak u nich chýba známy tvar pre ML. Asteroid prípadov so známym tvarom je len limitované množstvo, môžu však poslúžiť ako testovacie prípady pre vyvinutý ML algoritmus.

The topic is the processing of light curves of satellites and space waste for the purpose of their identification and characterization. Light curves can be found in publicly available catalogs, such as the one of FMFI (<https://www.sdcd.space-debris.sk/>), whose data will increase over time. Each object reflects light towards the observer, and this signal can be measured. At the same time, this signal, the light curve (change in brightness with time), also the so-called footprint of

a given object, which is the result of a combination of its shape, reflection properties, geometry, surface properties of the object and rotation of the object. By analytical methods used in astronomy, it is possible to methodically obtain limited information from light curves. However, there are parameters that are neglected and can be key to more detailed identification or description of the object. The student's work would cover the processing of more than 300,000 real light curves for more than 5,000 waste objects and satellites, which are in the Russian MMT catalog (<http://mmt9.ru/satellites/>), in order to obtain more detailed information about the monitored object. , if its mutual geometry relative to the observer-sun and some type of information about its shape is known. Extensive use of machine learning (ML) issues is assumed, where real and synthetic curves would be used. The algorithm would also be applied to FMFI data, and synthetic data obtained using a fictitious telescope placed in Earth's orbit would also be considered, a scenario in which the geometry changes sharply compared to observations from Earth. The obtained ML algorithm would also be used to identify the object. Based on known populations and their curves, the observed object would be identified by its curve (footprint). This problem may be extended to the identification of natural bodies such as asteroids, which are less complex in shape (<http://alcddef.org/>) but lack the known form for ML. The asteroid of cases with a known shape is only a limited number; but they can serve as test cases for the developed ML algorithm.

Literatúra / Literature

Karpov et al., Mini-MegaTORTORA Wide-Field Monitoring System with Subsecond Temporal Resolution: Observation of Transient Events, Proceedings of a conference held at Special Astrophysical Observatory, Nizhny Arkhyz, Russia 3-7 October 2016, Astronomical Society of the Pacific, 2017, p.526, Silha et al., Space debris observations with the Slovak AGO70 telescope: Astrometry and light curves, Advances in Space Research, Volume 65, Issue 8, 15 April 2020, Pages 2018-2035.

Karpov et al., Mini-MegaTORTORA Wide-Field Monitoring System with Subsecond Temporal Resolution: Observation of Transient Events, Proceedings of a conference held at Special Astrophysical Observatory, Nizhny Arkhyz, Russia 3-7 October 2016, Astronomical Society of the Pacific, 2017, p.526, Silha et al., Space debris observations with the Slovak AGO70 telescope: Astrometry and light curves, Advances in Space Research, Volume 65, Issue 8, 15 April 2020, Pages 2018-2035.

Poznámka / Comment

Momentálne pripravujeme Európsky projekt s kolegami z 8 krajín EÚ, pričom dvaja, Univerzita La Rioja (ES) a start-up Vyoma (DE), majú silný záujem o krivky pre zlepšenie dráh a zistenie správania sa objektov. La Rioja má aj experta na ML, zatiaľ čo Vyoma sa sústreďí na pozorovania z vesmíru.

Kľúčové slová / Keywords

light curves of satellites, space debris, identification
light curves of satellites, space debris, identification

Študijný program / *Study programme:*

Informatika / *Computer Science*

Názov / *Title*

Spracovanie veľkých genomických dát

Processing the big genomic datasets

Jazyk záverečnej práce / *Language of Thesis*

slovenský / *Slovak*

Školiteľ / *Tutor*

prof. RNDr. Mária Lucká, PhD.

Anotácia / *Annotation*

Významný pokrok v rozvoji súčasných sekvenovacích technológií, ich rýchlosť a dostupnosť, prináša so sebou nové výzvy na spracovanie a uloženie obrovského množstva genomických dát. Problémom spracovania veľkých dát vo všeobecnosti sú špeciálne prístupy a metódy, ktoré zohľadňujú ich rôznosť a premenlivosť, ale zároveň aj ich vzájomnú súvislosť a objem. Veľkou výzvou je hľadanie takých nástrojov a modelov práce s veľkými dátami, ktoré budú schopné rýchlo vyhľadať a uchovať všetky podstatné informácie a na druhej strane minimalizovať objem uložených dát. Základným nástrojom pre zvládnutie práce s veľkými súborami v oblasti genomiky je zistenie podobnosti, resp. rozdielnosti osekvenovaných postupností. Nakoľko klasické metódy porovnávania viacerých postupností narážajú na hranice výpočtovej zložitosti, do popredia sa dostávajú tzv. metódy bez zarovnania (alignment-free) založené na iných prístupoch, akými sú napr. rôzne transformácie na číselné postupnosti alebo metódy založené na porovnávaní počtu k-tic. Cieľom dizertačnej práce bude hľadanie nových algoritmov a informatických nástrojov na zefektívnenie práce s veľkými genomickými postupnosťami, ktoré zjednodušia prácu s nimi, umožnia ich kategorizáciu, uloženie, prehľadávanie a rýchlejší prístup k nim. Predpokladom efektívneho spracovania bude okrem iného aj použitie distribuovaného počítania a vhodných paralelizovaných techník.

Significant advances in the development of current sequencing technologies, their speed and availability, bring with them new challenges for the processing and storage of vast amounts of genomic data. The problem of big data processing in general are special approaches and methods that take into account their diversity and variability, but also their interrelationship and volume. The big challenge today is to find tools and models for working with large data that will be able to quickly find and store all the essential information and, on the other hand, minimize the volume of stored data. The basic tool for mastering the work with large sets of these in the field of genomics is to determine the similarity, respectively. differences in sequenced sequences. Since the classical methods of comparing several sequences reach the limits of computational complexity, the so-called alignment-free methods based on other approaches, such as various transformations to numerical sequences or methods based on the comparison of the number of k-tics [1] [2]. The aim of the dissertation will be to find new algorithms and effective computational tools for processing large genomic sequences, which will simplify the work with them, allow their categorization, faster access, storage and retrieval [3]. The prerequisite for efficient processing will be, among other things, the use of distributed computing and suitable parallelization techniques.

Cieľ / *Aim*

hľadanie nových algoritmov a informatických nástrojov na zefektívnenie práce s veľkými genomickými postupnosťami.

hľadanie nových algoritmov a informatických nástrojov na zefektívnenie práce s veľkými genomickými postupnosťami.

Literatúra / Literature

[1] <http://combio.pl/research.php> [2] FARKAŠ, T., SITARČÍK, J., BREJOVÁ, B., LUCKÁ, M. SWSPM: A novel alignment-free DNA comparison method based on signal processing approaches. *Evolutionary Bioinformatics*, Volume 15: 1-15, May 2019. <https://doi.org/10.1177/1176934319849071> [3] Computational pan-genomics: status, promises and challenges. *Briefings in Bioinformatics*, Volume 19, Issue 1, January 2018, Pages 118–135, <https://doi.org/10.1093/bib/bbw089>

[1] <http://combio.pl/research.php> [2] FARKAŠ, T., SITARČÍK, J., BREJOVÁ, B., LUCKÁ, M. *SWSPM: A novel alignment-free DNA comparison method based on signal processing approaches. Evolutionary Bioinformatics, Volume 15: 1-15, May 2019. https://doi.org/10.1177/1176934319849071* [3] *Computational pan-genomics: status, promises and challenges. Briefings in Bioinformatics, Volume 19, Issue 1, January 2018, Pages 118–135, https://doi.org/10.1093/bib/bbw089*

Študijný program / Study programme:Informatika / Computer Science

Názov / TitleUniverzálny autonómny transportný systém ATS na inteligentnej vozovke
*The Universal Autonomous Transport System ATS***Jazyk záverečnej práce / Language of Thesis**

anglický / English

Školiteľ / Tutor

prof. RNDr. Roman Ďurikovič, PhD.

Anotácia / Annotation

: Automatické dopravné systémy v ohraničenom priestore Ich charakteristickou črtou je použitie výhradne len autonómnych vozidiel a vylúčenie vodičov z ohraničeného priestoru, čo privedie k zvýšeniu poriadku v doprave a výraznému zníženiu počtu dopravných nehôd. Najpokročilejším v tejto kategórii je systém Public Rapid Transport (PRT) od britskej firmy Ultra Global Ltd., ktorý vozi pasažierov na letisku Heathrow od roku 2011 a má pripravených mnoho projektov po celom svete. Existujúce a pripravované systémy tejto kategórie však neriešia dopravu komplexne, ale len v určitých segmentoch dopravy, napr. len osobnú dopravu v špeciálnych vozidlách, alebo len nákladnú dopravu.

ATS requires that we develop a whole new technology "i-vehicles for i-roads" for computer-driven autonomous vehicles. The technology is based on the information interaction between the local navigation system of an on-board computer in the i-vehicle, and passive identifiers on a reconditioned road - the i-road. One of the most important objectives of the ATS introduction as the new transport system is a significant increase in traffic safety. Our goal is a ten-fold reduction in the number of road accidents in the ATS compared with the current average rate of traffic accidents (assuming 100% deployment of computer-controlled vehicles inside the ATS confinement). This ambitious goal is based on the assumption that about 95% of road accidents are caused by drivers, and only a small percentage is a result of technical failures of vehicles. Transport in the ATS will be organized by the Central Control System (CCS). It will be set up in a way to minimize the possible collisions. The CCS will use such means as: strict adherence to the speed limit ruled for each section (curves, intersections, etc.) of the road. The CCS will also ensure smooth and fully controlled switching in between the lanes, thus virtually eliminating emergency situations when overtaking. With the ATS system, seat belt fastening will be mandatory; the vehicle will not move unless all the passengers have been fastened. ATS will eliminate effects of the weather as much as possible. For example, the Central Control System will limit the maximum speed of the vehicles according to the rainfall intensity. ATS developers plan to develop a highly sturdy reading device to receive the information from i-roads that would be as robust and weather proof as possible. Based on preliminary analyses, we plan to develop three-dimensional laser scanning identifiers, little or non-relevant to the water layer on their surface, which will be a few millimeters above the road surface. In the case of normal rainfall (any current traffic situation collapses during a flood situation, usually as a result of vehicle chain accidents) it will be possible to get a high-quality laser-scanned position of the identifier and receive the current vehicle position on the road from its data. The information on the vehicle position shall be read by the detector as many as 5,000 times per second. This way we can acquire a vast redundancy in the flow of information on the vehicle position, compared to the quantity of information on the vehicle position that drivers use nowadays. This suggests that if the vehicle has its location information available many times per second, even if half of this information gets lost, the safety and control of the vehicle movement is still fully sufficient.

Cieľ / Aim

A3 Bezpečnosť a spoľahlivosť pohybu systému v ATS (nezávislý výskum a vývoj) A3.1 Analýza súčasného stavu riešenia bezpečnosti a spoľahlivosti autonómnych vozidiel a autonómnych systémov vo svete. A3.2 Analýza externých rizík: výskyt ľudí, zvierat, alebo materiálu v dráhe vozidiel, vplyvy počasia, nečistôt na snímanie údajov z i-vozovky a okolia vozidla. A3.3 Analýza metód identifikácie externých prekážok (výskyt ľudí, zvierat, alebo materiálu v dráhe vozidiel) a metód reakcie systému. A3.4 Výskum metód na predchádzanie stretu s detegovanými prekážkami. A3.5 Výskum zabezpečenia optimálnej komunikácie medzi Bezpečnostným Systémom (BS) a ostatnými systémami vozidla (NS a riadiaci systém). A3.6 Analýza a výskum možností hardvérového riešenia BS. A3.7 Výskum riešenia bezpečnostného systému i-vozidla a jeho integrácie do i-vozidla. A3.8 Výskum vplyvov počasia na spoľahlivosť a bezpečnosť navigačného a bezpečnostného systému ATS A3.9 Implementácia metód bezpečnosti a spoľahlivosti v systéme ATS. A3.10 Integrácie metód bezpečnosti a spoľahlivosti do systému ATS. A3.11 Testovanie a overenie metód bezpečnosti a spoľahlivosti v systéme ATS. A1 Centrálny riadiaci systém, navigačný systém vozidla a možnosti integrácie ATS (základný výskum) A1.1 Analýza súčasného stavu podobných úloh vo svete. A1.2 Definícia požiadaviek a vypracovanie návrhu optimálneho riešenia riadenia systému ATS. A1.3 Výskum virtuálnej reprezentácie priestoru ATS pre centrálny počítač. A1.4 Výskum komplexného efektívneho riadenia dopravy v ATS centrálnym počítačom s rešpektovaním pravidiel dopravy. A1.5 Výskum efektívneho riešenia havarijných a nepredvídaných udalostí na úrovni ATS (blokovanie vozovky, úplná alebo čiastočná strata komunikácie a pod.). A1.6 Výskum efektívneho riadenia dopravy v ATS centrálnym počítačom so softvérom "operational management". A1.7 Vytvorenie virtuálneho modelu ATS a simulácia jeho funkčnosti s mnohými vozidlami v ohraničených areáloch. A1.8 Výskum zabezpečenia optimálnej komunikácie medzi NS a ostatnými systémami vozidla (bezpečnostný systém a riadiaci systém). A1.9 Výskum optimálnej navigácie vozidla riadeného riadiacim systémom. A1.10 Vývoj virtuálnej reprezentácie priestoru ATS pre NS. A1.11 Výskum metód na zabezpečenie dodržania bezpečných vzdialeností v bežnej premávke aj pri havarijných situáciách, automatického plynulého prechodu križovatiek a automatického radenia vozidiel a automatického parkovania. A1.12 Analýza a výskum možností hardwarového riešenia NS. A1.13 Výskum metód uchovania údajov pre potreby analýz v prípade nehody („čierna skrinka“).

The proposed ATS is a new universal autonomous comprehensive transport system, in which the industrially-manufactured electric vehicles of all types (cars, buses, trucks etc.) will be moving about within a bounded area on reconditioned existing roads, without drivers, and only guided by on-board computers. ATS is based on the original technology "intelligent vehicles on intelligent roads" designed by prof. Branislav Sitár. • Highly organized transport constantly controlled by a central control system • The system combines the benefits of individual mobility while maintaining the benefits of public transport • Modularity - local ATS systems can be easily combined into larger units The goals of continuous research on the project: A3 Safety and reliability of the ATS movement system (independent research and development) Analysis of the current status of safety and reliability of autonomous vehicles and autonomous systems in the world. Analysis of external risks: the prevalence of people, animals or materials in the course of the vehicle, weather conditions, dirt for the purposes of monitoring information on the i-road and around the vehicle. Analysis of methods for the identification of external obstacles (presence of humans, animals or materials in the vehicle) and methods of response. Research on methods of preventing collision with the detected obstacles. Research to ensure optimal communication between safety systems (BS) and other vehicle systems (NS and control system). The analysis and research into the hardware solution of safety systems. Research on the security system solution of the i-vehicle and its integration into the i-vehicle. Research on the effects of weather conditions on the reliability and safety of the navigation and security system of ATS

Literatúra / Literature

[1] Virtual assistants and self-driving cars - IEEE Conference Publication ieeexplore.ieee.org/document/7972192/ by G Lugano - 2017 [2] Increasing Fairness by Delegating Decisions to Autonomous Agents www.ifaamas.org/Proceedings/aamas2017/pdfs/p419.pdf May 8, 2017 [3] Towards social autonomous vehicles: Efficient collision avoidance ... journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0186103 by F Riaz - 2017 [4] Proceedings of the 16th Conference on Autonomous Agents and ... dl.acm.org/citation.cfm?id=3091125 May 12, 2017 - AAMAS 2017 [5] Designing Autonomous Vehicles - arXiv <https://arxiv.org/pdf/1708.01925> by F Riaz - 2017 [6] A Rational Agent Controlling an Autonomous Vehicle: Implementation ... <https://arxiv.org/abs/1708.01925> by LER Fernandes - 2017 Mnohé svetové firmy (Google, GM, Ford, Tesla, BMW, Merceds Benz) a ďalšie automobilky v tomto smere už intenzívne pracujú. Na bežné vozidlá pripevnia optické kamery, radary a lidary a palubnými počítačmi riadia vozidlá po obyčajných vozovkách. Tento systém je relatívne málo efektívny, drahý a pomalý. Je otázne, kto bude kupovať počítačom riadené vozidlo, ak bude 2-3 krát drahšie ako bežné auto. Súčasné používanie bezpilotných vozidiel spolu s vozidlami riadenými vodičmi, ktoré medzi sebou nekomunikujú, môže skôr zvýšiť chaos na cestách a tým aj počet dopravných nehôd. Študent si naštuduje a urobí prehľad v priemyselnej oblasti a u konkurencie, zároveň naštuduje odborné články IEEE CS z oblasti riadenia, komunikácie a strojového učenia. Minimálne 100 článkov

[1] *Virtual assistants and self-driving cars - IEEE Conference Publication ieeexplore.ieee.org/document/7972192/ by G Lugano - 2017* [2] *Increasing Fairness by Delegating Decisions to Autonomous Agents www.ifaamas.org/Proceedings/aamas2017/pdfs/p419.pdf May 8, 2017* [3] *Towards social autonomous vehicles: Efficient collision avoidance ... journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0186103 by F Riaz - 2017* [4] *Proceedings of the 16th Conference on Autonomous Agents and ... dl.acm.org/citation.cfm?id=3091125 May 12, 2017 - AAMAS 2017* [5] *Designing Autonomous Vehicles - arXiv <https://arxiv.org/pdf/1708.01925> by F Riaz - 2017* [6] *A Rational Agent Controlling an Autonomous Vehicle: Implementation ... <https://arxiv.org/abs/1708.01925> by LER Fernandes - 2017* *Machine learning research papers from IEEE database. At least 100 recent papers related to autonomous agents and autonomous cars.*

Poznámka / Comment

Výsledky práce budú publikované v karentovanom časopise a zahraničných časopisoch ako sú JAMSI, IEEE Information Visualization, IEEE Transport systems.

Applicant is expected to publish the WoS journal publications and present the results at international conferences such as JAMSI, IEEE Information Visualization, IEEE Transport systems, local conference Aplimat or other related to the topic.

Kľúčové slová / Keywords

autonómne autá, inteligentná vozovka
Autonomous cars, intelligent road

Študijný program / Study programme:

Informatika / Computer Science

Názov / Title

Usudzovacie algoritmy pre ontológie a deskripčné logiky
Reasoning algorithms for ontologies and description logics

Jazyk záverečnej práce / Language of Thesis

anglický / English

Školiteľ / Tutor

doc. RNDr. Martin Homola, PhD.

Anotácia / Annotation

Cieľom práce je skúmať inovatívne inferenčné techniky pre deskripčné logiky, vrátane možnosti sústrediť sa na hybridné techniky ktoré kombinujú symbolickú inferenciu so strojovým učením.
The goal of this thesis is to explore novel reasoning techniques for description logics, including possibly hybrid reasoning techniques combining symbolic reasoning with machine learning.

Cieľ / Aim

Konkrétne ciele budú stanovené s prihliadnutím na výskumné záujmy uchádzača.

Particular goals will be set considering also the preference of the applicant.

Študijný program / *Study programme:*

Informatika / *Computer Science*

Názov / *Title*

Využitie umelej inteligencie na automatizáciu spracovania a analýzy optických spektier
Utilization of artificial intelligence to automate processing and analysis of optical spectra

Jazyk záverečnej práce / *Language of Thesis*

slovenský / *Slovak*

Školiteľ / *Tutor*

prof. RNDr. Roman Ďurikovič, PhD.

Konzultant / *Consultant*

doc. Mgr. Peter Čermák, PhD.

Anotácia / *Annotation*

Modelovanie absorpčných alebo emisných optických spektier je vo veľa aplikáciách jedinou cestou ako dosiahnuť informácie o podstate rôznych dejov alebo zložení ťažko dostupných prostredí. Dobrým príkladom je analýza emisných spektier meteorov horiacich v atmosfére, kde zaznamenané optické spektrum predstavuje väčšinou jediný priamy zdroj informácií o ich zložení (hlavne v prípade ak meteor zhorí celý v atmosfére). Ďalším dobrým príkladom je štúdium zloženia atmosfér exoplanét. V oboch prípadoch je veľmi dôležitým faktorom ovplyvňujúcim presnosť výsledku voľba algoritmu spracovania nameraných spektier. Cieľom projektu je v prvej časti nadviazať na predchádzajúce výsledky pracoviska experimentálnej fyziky v oblasti modelovania a interpretácie atomárnych alebo molekulárnych optických spektier. Ide napríklad o vytvorenie programu na spracovanie emisných spektier dusíkových výbojov [1]. V predkladanom projekte sa budeme hlavne zaoberať vývojom programu na spracovanie a interpretáciu spektier meteorov. Pôjde o spektrá zaznamenané systémom AMOS v rámci projektu „Study of meteoroid composition by meteor spectroscopy and simulated ablation of meteorites“ podporeného programom ESA PECS. *In many applications, modeling of absorption or emission optical spectra is the only way to obtain information about the nature of various events or the composition of difficult to access environments. A good example is the analysis of emission spectra of meteors burning in the atmosphere, where the recorded optical spectrum is usually the only direct source of information about their composition (especially if the meteor burns whole in the atmosphere). Another good example is the study of the composition of exoplanet atmospheres. In both examples, a very important factor influencing the accuracy of the result is the choice of the algorithm for processing the measured spectra. The aim of the project is in the first part to build on previous results of experimental physics in the field of modeling and interpretation of atomic or molecular optical spectra. For example, the creation of a program for processing emission spectra of nitrogen discharges [1]. In this project we will mainly deal with the development of a program for processing and interpretation of meteor spectra. These will be the spectra recorded by the AMOS system within the project "Study of meteoroid composition by meteor spectroscopy and simulated ablation of meteorites" supported by ESA PECS.*

Cieľ / *Aim*

Cieľom projektu je vytvorenie algoritmu a zodpovedajúceho používateľského prostredia umožňujúceho: · strojové rozpoznanie rôznych zložiek optického spektra (napríklad rozlíšiť príspevky v spektre od študovaného deje od tých spôsobených zariadeniami použitými na pozorovanie) · použitím informácií o jednotlivých prvkoch uložených v spektroskopických databázach automaticky detegovať ich prítomnosť v spektre (kvalitatívna analýza) · na základe

predchádzajúcich informácií určiť zastúpenie jednotlivých elementov vo vzorke a fyzikálne podmienky (napr. teplotu a celkový tlak) skúmaného objektu (kvantitatívna analýza)

The aim of the project is to create an algorithm and a corresponding user environment enabling:
· *Machine recognition of the various components of the optical spectrum (for example, to distinguish spectrum contributions from the studied event from those caused by the devices used for observation)* · *Automatically detect their presence in the spectrum (qualitative analysis) using information about individual elements stored in spectroscopic databases* · *On the basis of previous information, determine the representation of individual elements in the sample and the physical conditions (eg temperature and total pressure) of the examined object (quantitative analysis)*

Literatúra / Literature

Minimálne 100 článkov IEEE, ACM SIGGRAPH, CASA, EG. [1] Čermák P, Annušová A, Rakovský J, Martišoviš V and Veis P 2018 Plasma Sources Sci. Technol. 27 055009. [2] Zhou, J., Huang, B., Yan, Z. et al. Emerging role of machine learning in light-matter interaction. Light Sci Appl 8, 84 (2019) doi:10.1038/s41377-019-0192-4 [3] Roman Ďurikovič, Vladimír Ďurikovič, Numerická matematika pre informatika, Riešené príklady v programe MATHEMATICA May 2011 Publisher: University of Saint Cyril and Metod Press, Trnava, Slovakia ISBN: 978-80-8105-271-2
At least 100 recent papers published by IEEE, ACM SIGGRAPH, CASA, EG. [1] Čermák P, Annušová A, Rakovský J, Martišoviš V and Veis P 2018 Plasma Sources Sci. Technol. 27 055009. [2] Zhou, J., Huang, B., Yan, Z. et al. Emerging role of machine learning in light-matter interaction. Light Sci Appl 8, 84 (2019) doi:10.1038/s41377-019-0192-4 [3] Roman Ďurikovič, Vladimír Ďurikovič, Numerická matematika pre informatika, Riešené príklady v programe MATHEMATICA May 2011 Publisher: University of Saint Cyril and Metod Press, Trnava, Slovakia ISBN: 978-80-8105-271-2

Poznámka / Comment

Výsledky práce budú publikované v karentovanom časopise a zahraničných časopisoch ako sú JAMSI, IEEE Information Visualization, IEEE Transport systems.

Applicant is expected to publish the WoS journal publications and present the results at international conferences such as JAMSI, IEEE Information Visualization, IEEE Transport systems, local conference Aplimat or other related to the topic.

Kľúčové slová / Keywords

optická spektroskopia, optimalizácia, strojové učenie
optical spectroscopy, optimization, machine learning