

## Výroční zpráva ÚVAFM za r. 2019

V r. 2019 jsme pokračovali v zaměření na metody fuzzy modelování a jejich softwarovou implementaci. Výzkum je založen na rozvoji fundamentální teorie, která stojí za studovanými metodami. Naší hlavní strategií je aplikovat naše původní vědecky dobře zdůvodněné metody. V r. 2019 jsme se zaměřili na následující specifické cíle:

- Výzkum zaměřen na fúzi matematických nástrojů fuzzy modelování, pravděpodobnostních metod, a nástrojů klasicke matematiky (např. numerickou analýzu, funkcionální analýzu, optimalizaci, aj.).
- Vybrané problémy fuzzy přirozené logiky a jejích teoretických základů.
- Teoretické základy metod fuzzy modelování pro počítačové vidění.
- Teoretické základy metod pro dolování informací z dat a prognózování budoucího vývoje systémů na pomoci metod fuzzy modelování.
- Studium agregačních funkcí, topologie a jejich zobecnění včetně aplikací.
- Informační systémy pro podporu rozhodování pomoci zpracování a rozpoznávání objektů v lékařských obrázcích.

Všechny plánované aktivity ÚVAFM byly plněny. Pokračovali jsme v zaměření na fuzzy modelování, které postupně rozšiřujeme do nových oblastí matematiky a informatiky.

V roce 2019 jsme získali řadu netriviálních výsledků:

- Vyvinuli jsme nové metody numerického řešení diferenciálních (obyčejných i parciálních) a integrálních rovnic. Cílem bylo rozšířit metody jejich řešení s pomoci přístupů fuzzy modelování, a to zejména F-transformace vyššího stupně. Kromě jiného lze takto řešit také diferenciální rovnice s fuzzy koeficienty.
- Získali jsme mnoho hlubokých a netriviálních výsledků v oboru topologické teorie dynamických systémů na kompaktních prostorech, např. topologickou verzi Poincaré-Bendixonova teorému, zkonstruovali jsme parametrizovatelnou třídu skoro-Birkhoffových kohraničních atraktorů, studovali jsme topologii neuniformních hyperbolických atraktorů, Lorenzovo zobrazení získané přeložením jedné ze dvou větví symetrického unimodálního zobrazení, zkonstruovali jsme dynamický systém na Cantorově množině, který se dá vložit do reálné osy tak, že toto zobrazení na Cantorově množině má nulovou derivaci, a řadu dalších speciálních výsledků, které zasahují hluboko do teorie.
- Přispěli jsme ke třídě metod řazených do oblastí tzv. deep learning a metod zpracování hlubokých neuronových sítí. Zde jsme se zaměřili na návrh hlubokých neuronových sítí s jádry vytvořenými pomoci F-transformace vyššího stupně, dále jsme vyvinuli originální metody pro identifikaci objektů v obrázcích, které se mohou na různých obrázcích lišit, aj.
- V oblasti algebry jsme zavedli novou speciální dragon-fly algebru, jejíž prvky mohou reprezentovat nedefinované hodnoty a která má praktické aplikace v metodě identifikace vážek. Také jsme studovali vztahy mezi F-transformacemi na různých variantách fuzzy rozkladů a R-semimodulů. Zavedli jsme automaty definované monádami v kategoriích. Zavedli jsme kategorie dolních a horních svazových F-transformací, v nichž morfismy jsou fuzzy relace.

- Rozšířili metody kompozice fuzzy relací s možností zahrnout nedefinované hodnoty a také specifikovat nezbytné a pominutelné parametry, což rozšířilo praktickou aplikovatelnost těchto metod při identifikaci vlastností a objektů.
- Vylepšili jsme metody dolování dat, ve kterých mohou být chybějící údaje. Dále jsme studovali vliv míry neurčitosti v originálních datech na míru neurčitosti (šířku intervalu) vypočítané konfidence vydolovaných pravidel. Definovali jsme obecný pojem fuzzy čtyřpolní tabulky, ukázali jsme, jak navazuje na existující směry ve fuzzy asociační analýze, ukázali jsme, že má smysl uvažovat vhodné dvojice t-norem v definici fuzzy čtyřpolní tabulky, a dále jsme studovali vlastnosti odvozené z tohoto nově zavedeného pojmu.
- Zpracovali jsme různá data, např. statistické modelování rozšíření invazivních druhů na území Španělska, statistické zpracování dat o propustnosti světla znečištěnou atmosférou, nebo data týkající se faktorů ovlivňujících komunitní práci sociálních pracovníků.
- V oblasti formální fuzzy logiky a modelování přirozeného lidského usuzování jsme modifikovali teorii intermediálních kvantifikátorů a rozšířili ji o nové kvantifikátory „Many, a few, several a little“ a prozkoumali jsme jejich základní vlastnosti.
- Rozpracovali jsme další techniky fuzzy modelování pro dekompozici sezónních časových řad a jejich prognózování. Mimo jiné jsme navrhli metodu identifikace tzv. bear a bull fází ve finančních časových řadách, což je důležitý problém ve finančnictví.
- Významně jsme přispěli k teorii agregačních operátorů. Mimo jiné jsme studovali pojem zobecněné monotónnosti v daném směru a jeho vlastnosti, navrhli jsme novou konstrukci ordinálních sum t-norem a t-konorem na omezených svazech a dokázali jejich různé vlastnosti.
- Studovali jsme speciální míry a integrály, např. jak spojit OWA váhové funkce se zadanou pravděpodobnostní mírou tak, aby se vytvořila nová pravděpodobnostní míra a na základě ní zkonstruovali Choquetův integrál. Dále jsme zkonstruovali tento integrál na omezených posetech.
- Vyvinuli jsme speciální software pro selektivní detekci barvy na základě teoretických výsledků v oblasti speciálních kategorií.
- Rozšířili jsme software LFL Forecaster na zpracování časových řad o originální algoritmus na identifikaci úseků se stejným monotónním chováním a také identifikaci tzv. strukturních zlomů v časových řadách.
- Rozpracovali jsme nové verze jednoduchých diskrétních modelů multiagentních systémů – P kolonií, a prezentovali je na mezinárodních vědeckých akcích.
- Rozšířili jsme možnosti simulátoru morfogenetických systémů (Cytos) a s jeho pomocí provedli simulace několika typů bakteriálních buněk (Escherichia coli, Streptococcus lactis, Lactobacillus acidophilus).

### **10 nejlepších výsledků dosažených pracovníky ÚVAFM v roce 2019**

- Boroňski, J., Kupka, J. a Oprocha, P. A mixing completely scrambled system exists. Ergodic Theory and Dynamical Systems. 2019, 39(1), s. 62-73. ISSN 0143-3857.
- Kupka, J. a Rusnok, P. Fuzzy four-fold tables: their properties and use in fuzzy association analysis. INT J APPROX REASON. 2019, 108(May), s. 89-106. ISSN 0888-613X.
- Močkoř, J. F-transforms and Semimodule Homomorphisms. Soft Computing. 2019, 23(17), s. 7603-7619. ISSN 1432-7643.

- Murinová, P. a Novák, V. The theory of intermediate quantifiers in fuzzy natural logic revisited and the model of "Many". Fuzzy sets and Systems. 2019,
- Nguyen, L. T. N. L., Perfiljeva, I. a Holčapek, M. Boundary Value Problem: Weak Solutions Induced by Fuzzy Partitions. Discrete And Continuous Dynamical Systems B. 2020, 25(2), s. 715-732. ISSN 1531-3492.
- Štěpnička, M., CAO, T. H. N., Běhounek, L., Burda, M. a Dolný, A. Missing Values and Dragonfly Operations in Fuzzy Relational Compositions. INT J APPROX REASON. 2019, 113(October), s. 149-170. ISSN 0888-613X.
- Hurtík, P. a Tomasiello, S. A Review on the Application of Fuzzy Transform in Data and Image Compression. SOFT COMPUT. 2019, 23(23), s. 12641-12653. ISSN 1432-7643.
- Holčapek, M. A Graded Approach to Cardinal Theory of Finite Fuzzy Sets, Part II: Fuzzy Cardinality Measures and Their Relationship to Graded Equipollence:. FUZZY SET SYST. 2020, 380(February), s. 64-103. ISSN 0165-0114.
- Jin, L., Mesiar, R. a Yager, R. R. Melting Probability Measure With OWA Operator to Generate Fuzzy Measure: The Crescent Method. IEEE T FUZZY SYST. 2019, 27(6), s. 1309-1316. ISSN 1063-6706.
- Novák, V. Subtypes in Fuzzy Type Theory. FUZZY SET SYST. 2019, 363, s. 66-83. ISSN 0165-0114.

Publikační aktivita:

Počet článků s IF: 35

Počet příspěvků ve sbornících mezinárodních konferencí: 36

Projekty

Mezinárodní:

Název projektu	Poskytovatel	Období	Podpora v r. 2019 (1000 CZK)	Celková podpora projektu (1000 CZK)
The Lump Sum related to the Visegrad/V4EaP Scholarship for Oleksii Tyshchenko"	International Visegrad Fund (Slovensko) 51700967	2017-2019	15	76
EUSFLAT travel grants	EUSFLAT	2019	38	38
ERASMUS+ EPP-1-2008 - A2 -Strengthening Teaching Competences in Higher Education in Natural and Mathematical Sciences	ERASMUS+ KA2	2019-2021	241	1190

Národní granty:

Název projektu	Poskytovatel	Období	Podpora v r. 2019 (1000 CZK)	Celková podpora projektu (1000 CZK)
New approaches to aggregation operators in analysis and processing of data	GAČR 18-06915S	797	1,200	1320
New approaches to financial time series modelling based on soft computing	GAČR 18-13951S	2018-2020	952	2856
Complex topological structures	IRP 201824	2018-2020	51716	5720
Use of transdisciplinary synergy data science and fuzzy modeling tools and social work: Multidimensional Evidence Informed Practice	IRP 201821	2018-2020	531	2100

Smluvní výzkum:

Název projektu	Poskytovatel	Období	Podpora v r. 2019 (1000 CZK)	Celková podpora projektu (1000 CZK)
Consulting services in the area of case mathematical analysis and to modeling data supporting process management	EAGO systems spol. s r.o.	2019-2021	1046	3000
Statistical processing of data series 1 from measurement of Galvanic Skin Response using fyziometric mouse	Connexia elektrik, s.r.o..	20169	155	155
Formation of a function in PHP for processing of measured data in R	Connexia elektrik, s.r.o.	2019	22	22
Consulting and testing of the GAM method for the analysis of relations in the quality of atmosphere	Zdravotn. .stav se s.dlem v Ostravě	2019-2020	24	40

## **Vzdělávací činnost**

Pracovníci ÚVAFM se podíleli na výuce studentů:

- Mgr. pro katedry matematiky, informatiky a biologie
- Vedli diplomové práce Mgr. studentů
- PhD student pro katedry matematiky a informatiky