

Proposal for PhD study "Process Control" at FCHPT STU, 2024/2025	
<i>Supervisor</i>	
Supervisor	prof. Ing. Miroslav Fikar, DrSc.
Supervisor specialist (opt)	
# D1 publications / 5 years	0
# Q1 publications / 5 years	7
# Q2 publications / 5 years	0
H index	(WoS) 15
Publication/Project 1	M. Mojto – K. Ľubušký – M. Fikar – R. Paulen: Data-Based Design of Multi-Model Inferential Sensors. Computers & Chemical Engineering, zv. 178, 2023.
Publication/Project 2	Data based Process Control, APVV, 2022-2025 (PI)
Additional funding	FrontSeat, H-EU, 2022-2025 (Coordinator)
<i>PhD Topic</i>	
Title	Data Based Process Control
Title in Slovak	Dátovo orientované procesné riadenie
Abstract	The main aim of the proposed research project is to investigate and design new data-driven advanced methods of automatic control and monitoring in process industries to improve efficiency of process plants, their monitoring, and process control and to improve profitability, stability, and competitiveness. We will focus on processes with heat and mass transfer where efficiency can be improved significantly. These processes are inherently complex, exhibit nonlinear and hybrid behaviour that has consequences in control quality and performance. Optimal control and monitoring will cover interplay of techniques of applied statistics, treatment of big data, data-based state estimation, inferential sensors, dynamic optimisation, predictive control. Also, important will be software implementation of proposed solutions, available to a larger community in open-source code as well as verification of the proposed methods in laboratory conditions and with data from industrial partners.
Abstract in Slovak	Cieľom navrhovaného projektu je skúmať a navrhovať nové dátovo orientované postupy v oblasti automatizácie, monitorovania a riadenia v procesnom priemysle tak, aby zvyšovali účinnosť, ziskovosť, bezpečnosť a konkurencieschopnosť. Zameriame sa na procesy s prestupom látky a tepla, kde je možné dosiahnuť výrazné zlepšenie účinnosti. Tieto inherentne zložité procesy vykazujú veľkú mieru nelinearit či hybridné správanie spôsobujúce problémy s ich riadením. Optimálne riadenie a monitorovanie bude zahŕňať interakcie metód aplikovanej štatistiky, spracovanie veľkých údajov (big data), dátovo orientovaného odhadu stavu, inferenčných senzorov, dynamickú optimalizáciu a prediktívne riadenie. Teoretické výsledky projektu budú prístupné širokej odbornej verejnosti v podobe softvérových balíkov s otvoreným kódom a ich vhodnosť bude overená v laboratórnych podmienkach a na údajoch od priemyselných partnerov.
<i>Evaluation</i>	
Committee/head	passed, 20.2.2024

Proposal for PhD study "Process Control" at FCHPT STU, 2024/2025		
<i>Supervisor</i>		
Supervisor	doc. Ing. MSc. Martin Klaučo, PhD.	
Supervisor specialist (opt)	Ing. Karol Kiš, PhD.	
# D1 publications / 5 years		1
# Q1 publications / 5 years		2
# Q2 publications / 5 years		2
H index		12/10 Scopus/WoS
Publication/Project 1	M. Furka – M. Kalúz – M. Fikar – M. Klaučo: Guidelines for Secure Process Control: Harnessing the Power of Homomorphic Encryption and State Feedback Control. IEEE ACCESS , 2023.	
Publication/Project 2	J. Oravec – M. Klaučo: Real-time tunable approximated explicit MPC. Automatica , zv. 142, str. 110315, 2022.	
Additional funding	podané 3 projekty (VAIA - R3, APVV-VV-2024, VEGA-2024): zatiaľ s neznámym výsledkom	
<i>PhD Topic</i>		
Title	Scaling Nearly-Optimal Explicit Model Predictive Controllers for Complex Chemical Processes	
Title in Slovak	Škálovanie takmer optimálnych explicitných modelov prediktívneho riadenia pre komplexné chemické procesy	
Abstract	Industrial applications, especially in the chemical industry, heavily depend on optimal control strategies, which allow us to maintain top performance of individual components. Unfortunately, the cost of deployment of traditional model predictive control strategies is limited by the cost of implementation of advanced controllers, the cost of hardware necessary to run the strategies, and the ability to certify that the control strategy will provide suitable control action in allotted time under any circumstances. This project deals with the design of approximate, nearly optimal, control strategies that adhere to all requirements of the industry, and is deployable on platforms with limited computational resources, like a PLC device. By introducing a machine-learning approach to construct explicit control laws, we allow for fast execution of the evaluation of control strategies, as well as the ability to consider multiple-input multiple-output complex systems, like a distillation column. This project will also explore concepts on how to certify traditional key indicators of control strategies, like feasibility and satisfaction of constraints. The student is required to have suitable knowledge of Matlab and Python environments to train machine learning models.	
Abstract in Slovak	Priemyselné aplikácie, obzvlášť v chemickom priemysle, sú silne závislé na optimálnych regulátoroch, ktoré nám umožňujú udržiavať najvyšší výkon jednotlivých komponentov. Bohužiaľ, náklady na nasadenie tradičného optimálneho prediktívneho riadenia sú obmedzené nákladmi na implementáciu týchto pokročilých regulátorov, nákladmi na hardvér potrebný na evaluáciu stratégií a schopnosťou certifikovať, že riadiaca stratégia poskytne hodnotu akčného zásahu v pridelenom čase a za akýchkoľvek okolností. Tento projekt sa zaoberá návrhom aproximovaných, takmer optimálnych, riadiacich stratégií, ktoré spĺňajú všetky požiadavky priemyslu a dajú sa nasadiť na platformách s obmedzenými výpočtovými zdrojmi, ako je napríklad PLC zariadenie. Zavedením prístupu strojového učenia na konštrukciu explicitných zákonov riadenia umožňujeme rýchlu evaluáciu zákona riadenia, ako aj schopnosť zohľadniť mnohorožmerové komplexné systémy, ako je napríklad destilačná kolóna. Tento projekt bude tiež skúmať možnosti, ako certifikovať tradičné kľúčové indikátory riadiacich stratégií, ako je rešiteľnosť a garancia technologických obmedzení. Požadujeme, aby mal študent vhodné znalosti programovacích jazykov Matlab a Python na tréning modelov strojového učenia.	
<i>Evaluation</i>		
Committee/head	passed, 20.2.2024	

Proposal for PhD study "Process Control" at FCHPT STU, 2023/2024		
<i>Supervisor</i>		
Supervisor	doc. Ing. Radoslav Paulen, PhD.	
Supervisor specialist (opt)		
# D1 publications / 5 years		1 WoS
# Q1 publications / 5 years		0 WoS
# Q2 publications / 5 years		10 WoS
H index		14 WoS
Publication/Project 1	C. E. Valero – M. Villanueva – B. Houska – R. Paulen: Set-Based State Estimation: A Polytopic Approach. In Preprints of the 21st IFAC World Congress (Virtual), Berlin, Germany, July 12-17, 2020, vol. 21, pp. 11428–11433, 2020.12-17, 2020, vol. 21, pp. 11428–11433, 2020.	
Publication/Project 2	VEGA 1/0691/21: Efficient control of industrial plants using data (PI)	
Additional funding		
<i>PhD Topic</i>		
Title	Set-based control of nonlinear systems	
Title in Slovak	Množinové riadenie nelineárnych systémov	
Abstract	As the computers and algorithms get generally faster, many new control concepts become tractable and can be developed. Set-based control is one of these, where the primary use of sets is in enveloping a space of possible evolutions of variables of a system over time. If these envelopes can be obtained in reasonable time, many properties of dynamic systems such as stability or robustness can be reasoned about. The first goal of the thesis is to build a novel type of multi-base set arithmetics that combines elements such as interval analysis, convex-set theory, and polynomial-functions theory to achieve the best trade-off between accuracy of representation and the burden associated with the underlying calculations to obtain the envelopes. The second goal of the thesis is to develop methods of synthesis of controllers that can be used for safe and reliable control of nonlinear systems. The project of the thesis will be finished with a successful demonstration of the developed techniques on a laboratory plant.	
Abstract in Slovak	Ako sa počítače a algoritmy stávajú rýchlejšími, viaceré prelomové koncepty riadenia sa stávajú dostupnými a môžu byť rozvíjané. Množinové riadenie patrí k takýmto konceptom, kde hlavným účelom využitia množín je nájdenie všetkých možných scenárov vývoja systému v čase. Ak je takáto informácia dostupná v rozumnom čase, môže byť vyšetrených veľa vlastností systému, ako napríklad stabilita a robustnosť. Prvým cieľom práce je vytvorenie novej multi-bázovej množinovej aritmetiky, ktorá kombinuje intervalovú analýzu, teóriu konvexných množín a teóriu polynomických funkcií, na dosiahnutie najlepšieho pomeru presnosti a výpočtovej sily potrebnej na prácu. Druhou úlohou práce je vytvoriť metódy na návrh riadenia použiteľné pre bezpečné a spoľahlivé riadenie nelineárnych sústav. Práca na predkladanej téme bude ukončená experimentálnym overením vyvinutých metód na laboratórnom zariadení.	
<i>Evaluation</i>		
Committee/head	passed, 20.2.2024	

Proposal for PhD study "Process Control" at FCHPT STU, 2023/2024		
<i>Supervisor</i>		
Supervisor	doc. Ing. Radoslav Paulen, PhD.	
Supervisor specialist (opt)		
# D1 publications / 5 years		1 WoS
# Q1 publications / 5 years		0 WoS
# Q2 publications / 5 years		10 WoS
H index		14 WoS
Publication/Project 1	M. Mojto – K. Ľubušký – M. Fikar – R. Paulen: Data-based design of inferential sensors for petrochemical industry. Computers & Chemical Engineering, vol. 153, pp. 107437, 2021.	
Publication/Project 2	VEGA 1/0691/21: Efficient control of industrial plants using data (PI)	
Additional funding		
<i>PhD Topic</i>		
Title	Development of reliable and explainable models for industrial monitoring, optimization, and control	
Title in Slovak	Vývoj spoľahlivých a vysvetliteľných modelov pre priemyselné monitorovanie, optimalizáciu a riadenie	
Abstract	<p>Safe and sustainable process systems, which constitute the backbone of a modern, developed society, require sensing of key process variables, estimation of unmeasured variables, and application of actions that steer the systems towards desired goals. Automation of human decisions in such tasks would make these decisions become fast, reliable, and error-free. A key technology on the rise in this context is the use of combined mathematical modelling and statistical learning to gather information through software (soft) sensors to monitor, assess, and steer the behaviour of dynamic systems (e.g., industrial processing plants, water, gas and energy networks, or manmade machines and vehicles) into desired operating regimes. The delivered tools will exploit domain knowledge – making the designed mathematical models explainable – and assess and improve the information content of the data – making the models reliable and fit for industrial needs.</p>	
Abstract in Slovak	<p>Bezpečné a udržateľné procesné systémy, ktoré tvoria chrbticu modernej, rozvinutej spoločnosti, vyžadujú snímanie kľúčových procesných premenných, odhad nameraných premenných a uplatňovanie činností, ktoré smerujú systémy k požadovaným cieľom. Automatizácia ľudských rozhodnutí pri takýchto úlohách umožní, aby sa tieto rozhodnutia stali rýchlymi, spoľahlivými a bezchybnými. Kľúčovou technológiou na vzostupe je v tomto kontexte používanie kombinovaného matematického modelovania a štatistického učenia na zhromažďovanie informácií prostredníctvom softvérových senzorov na monitorovanie, hodnotenie a riadenie správania dynamických systémov (napr. priemyselných spracovateľských závodov, vody, plynu a energetických sietí alebo umelých strojov a vozidiel) do požadovaných prevádzkových režimov. Vyvinuté nástroje budú využívať fyzikálne poznanie – vďaka čomu budú navrhnuté matematické modely vysvetliteľné – a budú schopné posúdiť a zlepšiť informačný obsah údajov – vďaka čomu budú modely spoľahlivé a vhodné pre priemyselné potreby.</p>	
<i>Evaluation</i>		
Committee/head	passed, 20.2.2024	

Proposal for PhD study "Process Control" at FCHPT STU, 2023/2024		
<i>Supervisor</i>		
Supervisor	doc. Ing. Radoslav Paulen, PhD.	
Supervisor specialist (opt)		
# D1 publications / 5 years		1 WoS
# Q1 publications / 5 years		0 WoS
# Q2 publications / 5 years		10 WoS
H index		14 WoS
Publication/Project 1	R. Paulen – M. Jelemenský – Z. Kovacs – M. Fikar: Economically optimal batch diafiltration via analytical multi-objective optimal control. Journal of Process Control, vol. 28, pp. 73–82, 2015.	
Publication/Project 2	VEGA 1/0691/21: Efficient control of industrial plants using data (PI)	
Additional funding		
<i>PhD Topic</i>		
Title	Modelling, Optimal Design and Optimal Operation of Membrane Processes	
Title in Slovak	Modelovanie, optimálny návrh a optimálna prevádzka membránových procesov	
Abstract	Membrane processes are crucial in various industrial sectors, including water purification, pharmaceuticals, and food processing, due to their efficiency and sustainability. This proposed research aims to develop an integrative framework that combines advanced mathematical modeling techniques with optimization algorithms to achieve optimal design and operation of membrane processes. The study will involve the development of comprehensive mathematical models that capture the complex phenomena involved in membrane processes, considering factors such as mass transfer, fluid dynamics, and membrane fouling. Furthermore, the research will focus on optimizing the design parameters of membrane systems to enhance performance, minimize energy consumption, and reduce environmental impact. Finally, the proposed framework will facilitate real-time optimization strategies for the optimal operation of membrane processes, ensuring efficient and sustainable operation under varying operating conditions. Overall, this research will contribute to the advancement of membrane technology and its widespread adoption in industrial applications.	
Abstract in Slovak	Membránové procesy sú kľúčové v rôznych priemyselných odvetviach, vrátane čistenia vody, farmaceutického priemyslu a spracovania potravín, vďaka ich účinnosti a udržateľnosti. Navrhovaný výskum si kladie za cieľ vyvinúť integratívny rámec, ktorý kombinuje pokročilé matematické modelovacie techniky s optimalizačnými algoritmi s cieľom dosiahnuť optimálne navrhovanie a prevádzku membránových procesov. Štúdia bude zahŕňať vývoj komplexných matematických modelov, ktoré zachytávajú zložité fenomény spojené s membránovými procesmi, pričom sa zohľadnia faktory ako prestup látky, hydrodynamika a zanášanie membrány. Ďalej sa výskum bude zameriavať na optimalizáciu návrhových parametrov membránových systémov s cieľom zlepšiť výkon, minimalizovať spotrebu energie a znížiť environmentálny vplyv. Nakoniec, navrhovaný rámec umožní stratégie na real-time optimalizáciu pre optimálnu prevádzku membránových procesov, čo zabezpečí efektívnu a udržateľnú prevádzku pri rôznych prevádzkových podmienkach. Celkovo prispeje tento výskum k rozvoju membránovej technológie a jej rozsiahlemu použitiu v priemyselných aplikáciách.	
<i>Evaluation</i>		
Committee/head	passed, 20.2.2024	