

| <b>Proposal for PhD study "Smart Process Control" at FCHPT STU, 2025/2026</b> |  |
|---|--|
| <i>Supervisor</i>   |  |
| <b>Supervisor</b>   | prof. Ing. Miroslav Fikar, DrSc.   |
| <b>Supervisor specialist (opt)</b>  |  |
| <b># D1 publications / 5 years</b>  | 0  |
| <b># Q1 publications / 5 years</b>  | 5  |
| <b># Q2 publications / 5 years</b>  | 0  |
| <b>H index</b>  | (WoS) 15   |
| <b>Publication/Project 1</b>  | M. Mojto – K. Ľubušký – M. Fikar – R. Paulen: Data-Based Design of Multi-Model Inferential Sensors. Computers & Chemical Engineering, zv. 178, 2023.   |
| <b>Publication/Project 2</b>  | Data based Process Control, APVV, 2022-2025 (PI)   |
| <b>Additional funding</b>   | FrontSeat, H-EU, 2022-2025 (Coordinator)   |
| <i>PhD Topic</i>  |  |
| <b>Title</b>  | Data Based Process Control   |
| <b>Title in Slovak</b>  | Dátovo orientované procesné riadenie   |
| <b>Abstract</b>   | The main aim of this proposed research is to investigate and design new advanced methods of automatic control in process industries to improve efficiency profitability, stability, and competitiveness of process plants. 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 behavior that has consequences in control quality and performance. The project will effectively achieve its aim by implementing Model Predictive Control (MPC). We will focus on robust MPC design, incorporating modern research directions utilizing data-based models. Furthermore, we will prioritize the software implementation of proposed solutions, making them accessible to a wider community through open-source code. Finally, the effectiveness of the proposed methods will be rigorously verified through laboratory experiments and collaborations with industrial partners. |
| <b>Abstract in Slovak</b>   | Hlavným cieľom tohto navrhovaného výskumu je skúmať a navrhovať nové pokročilé metódy automatického riadenia v procesnom priemysle s cieľom zvýšiť efektívnosť ziskovosť, stabilitu a konkurencieschopnosť procesných prevádzok. Zameriame sa na procesy s prenosom tepla a látky, pri ktorých možno výrazne zvýšiť účinnosť. Tieto procesy sú vo svojej podstate zložité, vykazujú nelineárne a hybridné správanie, ktoré má dôsledky na kvalitu a výkonnosť riadenia. Projekt bude efektívne dosahovať svoj cieľ implementáciou prediktívneho riadenia (MPC). Zameriame sa na robustný návrh MPC, ktorý bude zahŕňať moderné smery výskumu využívajúce modely založené na údajoch. Okrem toho budeme uprednostňovať softvérovú implementáciu navrhovaných riešení, čím ich sprístupníme širšej komunite prostredníctvom otvoreného zdrojového kódu. Napokon, účinnosť navrhovaných metód bude dôsledne overená prostredníctvom laboratórnych experimentov a spolupráce s priemyselnými partnermi.  |
| <i>Evaluation</i>   |  |
| <b>Committee/head</b>   | Passed, 20.2.2025  |

| <b>Proposal for PhD study "Smart Process Control" at FCHPT STU, 2025/2026</b> |   |
|---|---|
| <i>Supervisor</i>   |   |
| <b>Supervisor</b>   | doc. Ing. Juraj Oravec, PhD.  |
| <b>Supervisor specialist (opt)</b>  |   |
| <b># D1 publications / 5 years</b>  | 3 (WoS)   |
| <b># Q1 publications / 5 years</b>  | 2 (WoS)   |
| <b># Q2 publications / 5 years</b>  | 5 (WoS)   |
| <b>H index</b>  | 9 (WoS)   |
| <b>Publication/Project 1</b>  | Y. Jiang - J. Oravec - B. Houska - M. Kvasnica: Parallel MPC for Linear Systems with Input Constraints, IEEE Transactions on Automatic Control, vol. 66, pp. 3401-3408, 2021  |
| <b>Publication/Project 2</b>  | VEGA 1/0297/22  |
| <b>Additional funding</b>   |   |
| <i>PhD Topic</i>  |   |
| <b>Title</b>  | Development of Advanced Methods for Embedded MPC  |
| <b>Title in Slovak</b>  | Vývoj pokročilých metód pre vnorené prediktívne riadenie  |
| <b>Abstract</b>   | The development of methods for embedded Model Predictive Control policies focuses on creating advanced approaches and algorithms to enable distributed or parallelizable control for complex and embedded systems. These control strategies aim to optimize control performance of the interconnected subsystems while ensuring computational efficiency, closed-loop system stability, and robustness subject to uncertainties and disturbances. The research project considers designing mathematically tractable approaches that introduce robust control policy to enable distributed and parallel decision-making, addressing challenges such as communication constraints, subsystem interactions, and the demands of real-time implementation.         |
| <b>Abstract in Slovak</b>   | Vývoj metód pre vnorené prediktívne riadenie založené na modeli sa zameriava na návrh pokročilých metód a algoritmov riadenia, ktoré umožňujú efektívne využiť distribuované alebo paralelné výpočty pre zložité alebo vnorené systémy. Tieto riadiace metódy majú za cieľ optimalizovať kvalitu riadenia vzájomne prepojených systémov, pri zabezpečení výpočtovej efektívnosti, stability uzavretého regulačného obvodu a robustnosti voči neurčitostiam a poruchám. Vedecký projekt zahŕňa návrh vhodných matematických prístupov, ktoré uvažujú robustné riadenie s ohľadom na distribuované a paralelné výpočty. Pritom sa riešia výzvy spojené s komunikačnými obmedzeniami, interakciami medzi systémami a požiadavky na implementáciu v reálnom čase. |
| <i>Evaluation</i>   |   |
| <b>Committee/head</b>   | Passed, 20.2.2025   |

| <b>Proposal for PhD study "Smart Process Control" at FCHPT STU, 2025/2026</b> |   |
|---|---|
| <i>Supervisor</i>   |   |
| <b>Supervisor</b>   | doc. Ing. Juraj Oravec, PhD.  |
| <b>Supervisor specialist (opt)</b>  | Ing. Juraj Holaza, PhD.   |
| <b># D1 publications / 5 years</b>  | 3 (WoS)   |
| <b># Q1 publications / 5 years</b>  | 2 (WoS)   |
| <b># Q2 publications / 5 years</b>  | 5 (WoS)   |
| <b>H index</b>  | 9 (WoS)   |
| <b>Publication/Project 1</b>  | J. Oravec, M. Klaučo: Real-time tunable approximated explicit MPC, Automatica, vol. 142, pp. 110315, 2022   |
| <b>Publication/Project 2</b>  | VEGA 1/0297/22  |
| <b>Additional funding</b>   |   |
| <i>PhD Topic</i>  |   |
| <b>Title</b>  | Design of Numerically Efficient Near-Optimal Control Methods  |
| <b>Title in Slovak</b>  | Návrh numericky efektívnych metód pre aproximované optimálne riadenie   |
| <b>Abstract</b>   | This PhD thesis focuses on developing novel control strategies and numerically efficient methods for evaluating near-optimal control laws. In particular, the research aims to design advanced methods and mathematically tractable control algorithms that enable real-time implementations of approximated control laws. The methods are developed with a special focus on minimizing computational complexity, addressing physical constraints, ensuring closed-loop system stability, and satisfying the recursive feasibility of the control law. By addressing the challenges associated with designing near-optimal control laws under the practical limitations of industrial implementations, this research project aims to bridge the gap between theoretical optimal control design methods and their real-world application in industrial plants.                           |
| <b>Abstract in Slovak</b>   | Táto dizertačná téma sa zameriava na vývoj nových metód riadenia a numericky efektívnych prístupov na vykonanie približných zákonov riadenia blížiacich sa k optimálnym zákonov riadenia. Výskum sa zameriava na návrh pokročilých metód a vhodných matematických formuláciach riadiacich algoritmov, ktoré umožňujú implementáciu aproximovaných riadiacich zákonov v reálnom čase. Tieto metódy sú vyvíjané s osobitným zreteľom na redukciu výpočtovej zložitosti, zohľadnenie fyzických obmedzení, zabezpečenie stability uzavretého regulačného obvodu a splnenie požiadaviek na rekurzívnu realizovateľnosť zákona riadenia. Riešením výziev spojených s návrhom takmer optimálnych zákonov riadenia, si tento výskumný projekt kladie za cieľ preklenúť medzeru medzi teoretickými prístupmi k návrhu optimálneho riadenia a ich reálnou aplikáciou v priemyselných podmienkach. |
| <i>Evaluation</i>   |   |
| <b>Committee/head</b>   | Passed, 20.2.2025   |

| <b>Proposal for PhD study "Smart Process Control" at FCHPT STU, 2025/2026</b> |   |
|---|---|
| <i>Supervisor</i>   |   |
| <b>Supervisor</b>   | doc. Ing. Radoslav Paulen, PhD.   |
| <b>Supervisor specialist (opt)</b>  |   |
| <b># D1 publications / 5 years</b>  | 1 (WoS)   |
| <b># Q1 publications / 5 years</b>  | 1 (WoS)   |
| <b># Q2 publications / 5 years</b>  | 5 (WoS)   |
| <b>H index</b>  | 15 (WoS)  |
| <b>Publication/Project 1</b>  | 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.  |
| <b>Publication/Project 2</b>  | VAIA 09I01-03-V05-00002: Spoľahlivé modelovanie, odhady a riadenie pre budúci procesný priemysel pomocou množinových nástrojov  |
| <b>Additional funding</b>   |   |
| <i>PhD Topic</i>  |   |
| <b>Title</b>  | Set-based control of nonlinear systems  |
| <b>Title in Slovak</b>  | Množinové riadenie nelineárnych systémov  |
| <b>Abstract</b>   | 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. |
| <b>Abstract in Slovak</b>   | 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>   |   |
| <b>Committee/head</b>   | Passed, 20.2.2025   |

| <b>Proposal for PhD study "Smart Process Control" at FCHPT STU, 2025/2026</b> |  |
|---|--|
| <i>Supervisor</i>   |  |
| <b>Supervisor</b>   | doc. Ing. Radoslav Paulen, PhD.  |
| <b>Supervisor specialist (opt)</b>  |  |
| <b># D1 publications / 5 years</b>  | 1 (WoS)  |
| <b># Q1 publications / 5 years</b>  | 1 (WoS)  |
| <b># Q2 publications / 5 years</b>  | 5 (WoS)  |
| <b>H index</b>  | 15 (WoS)   |
| <b>Publication/Project 1</b>  | 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.   |
| <b>Publication/Project 2</b>  | VAIA 09I03-03-V04-00530: Vývoj spoľahlivých a vysvetliteľných modelov pre priemyselný monitoring, optimalizáciu a riadenie   |
| <b>Additional funding</b>   |  |
| <i>PhD Topic</i>  |  |
| <b>Title</b>  | Development of reliable and explainable models for industrial monitoring, optimization, and control  |
| <b>Title in Slovak</b>  | Vývoj spoľahlivých a vysvetliteľných modelov pre priemyselné monitorovanie, optimalizáciu a riadenie   |
| <b>Abstract</b>   | 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.   |
| <b>Abstract in Slovak</b>   | 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. |
| <i>Evaluation</i>   |  |
| <b>Committee/head</b>   | Passed, 20.2.2025  |

| <b>Proposal for PhD study "Smart Process Control" at FCHPT STU, 2025/2026</b> |   |
|---|---|
| <i>Supervisor</i>   |   |
| <b>Supervisor</b>   | doc. Ing. Radoslav Paulen, PhD.   |
| <b>Supervisor specialist (opt)</b>  |   |
| <b># D1 publications / 5 years</b>  | 1 (WoS)   |
| <b># Q1 publications / 5 years</b>  | 1 (WoS)   |
| <b># Q2 publications / 5 years</b>  | 5 (WoS)   |
| <b>H index</b>  | 15 (WoS)  |
| <b>Publication/Project 1</b>  | 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.  |
| <b>Publication/Project 2</b>  | VAIA 09I03-03-V04-00530: Vývoj spoľahlivých a vysvetliteľných modelov pre priemyselný monitoring, optimalizáciu a riadenie  |
| <b>Additional funding</b>   |   |
| <i>PhD Topic</i>  |   |
| <b>Title</b>  | Modelling, Optimal Design and Optimal Operation of Membrane Processes   |
| <b>Title in Slovak</b>  | Modelovanie, optimálny návrh a optimálna prevádzka membránových procesov  |
| <b>Abstract</b>   | 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. |
| <b>Abstract in Slovak</b>   | 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>   |   |
| <b>Committee/head</b>   | Passed, 20.2.2025   |