

<b>Proposal for PhD study "Process Control" at FCHPT STU, 2020/2021</b>	
<i>Supervisor</i>	
<b>Supervisor</b>	prof. Ing. Miroslav Fikar, DrSc.
<b>Supervisor specialist (opt)</b>	Ing. Martin Kalúz, PhD.
<b># D1 publications / 5 years</b>	
<b># Q1 publications / 5 years</b>	2
<b># Q2 publications / 5 years</b>	12
<b>H index</b>	13
<b>Publication/Project 1</b>	M. Kalúz – J. García-Zubía – M. Fikar – L. Čirka: A Flexible and Configurable Architecture for Automatic Control Remote Laboratories. IEEE Transactions on Learning Technologies, č. 3, zv. 8, str. 299–310, 2015.
<b>Publication/Project 2</b>	[2017 - 2020] Energeticky efektívne procesné riadenie, VEGA
<b>Additional funding</b>	
<i>PhD Topic</i>	
<b>Title</b>	Research and Educational Remote Laboratories for Process Control
<b>Title in Slovak</b>	Výskumno-vzdelávacie vzdialené laboratória pre riadenie technologických procesov
<b>Abstract</b>	This work deals with the research and development of full-featured remote laboratories, which replace traditional approaches to laboratory experimentation by an approach of remote operation, using appropriate hardware, software, and networking. The work is primarily focused on the research of two classes of control schemes for remote experiments. The first class considers the scheme of a controller in the near vicinity of the controlled process. Such a controller is designed locally by a user and transferred to a place of execution. This scheme requires the design of methods for secure algorithm deployment, along with the mechanism of a remote parameter tuning. The second class of schemes considers a complete design and execution of control algorithms on the side of a user. In such a case, it is necessary to ensure an effective transfer of measurements and control actions between process and controller using computer networks, in which transient times are non-deterministic.
<b>Abstract in Slovak</b>	Táto práca sa zaoberá výskumom a vývojom plnohodnotných vzdialených laboratórií, ktoré dokážu nahradiť tradičný prístup vykonávania laboratórnej experimentálnej činnosti vzdialeným prístupom, sprostredkovaným prostredníctvom vhodného hardvéru, softvéru a počítačových sietí. Primárne sa zameriava na výskum návrhu a implementácie dvoch tried riadiacich schém pre vzdialené experimenty. Prvá trieda uvažuje schému lokálneho regulátora v bezprostrednej blízkosti riadeného procesu, ktorý bude vzdialeným používateľom navrhnutý a prenesený na miesto vykonávania. Takáto schéma vyžaduje návrh metód na bezpečné zavedenie algoritmov, ako aj zabezpečenie nastavovania parametrov riadenia na diaľku. Druhá trieda schém uvažuje kompletný návrh aj vykonávanie riadiacich algoritmov na strane používateľa. U tejto schémy je nevyhnutné zabezpečiť vhodnými metódami prenos meraní a akčných zásahov medzi procesom a regulátorom cez počítačovú sieť, ktorej prenosové časy sú nedeterministické.
<i>Evaluation</i>	
<b>Committee/head</b>	passed, 21.2.2020

<b>Proposal for PhD study "Process Control" at FCHPT STU, 2020/2021</b>	
<i>Supervisor</i>	
<b>Supervisor</b>	doc. Ing. Monika Bakošová, PhD.
<b>Supervisor specialist (opt)</b>	doc. Ing. Juraj Oravec, PhD.
<b># D1 publications / 5 years</b>	
<b># Q1 publications / 5 years</b>	5
<b># Q2 publications / 5 years</b>	
<b>H index</b>	8
<b>Publication/Project 1</b>	J. Oravec – M. Bakošová – L. Galčíková – M. Slávik – M. Horváthová – A. Mészáros: Soft-constrained robust model predictive control of a plate heat exchanger: Experimental analysis. Energy, zv. 180, str. 303–314, 2019.
<b>Publication/Project 2</b>	A. Vasičkaninová – M. Bakošová – Ľ. Čirka – M. Kalúz – J. Oravec: Robust Controller Design for a Laboratory Heat Exchanger. Applied Thermal Engineering, zv. 128, str. 1297–1309, 2018.
<b>Additional funding</b>	probably VEGA 2020-2023
<i>PhD Topic</i>	
<b>Title</b>	Robust Predictive Control of Chemical and Biochemical Processes
<b>Title in Slovak</b>	Robustné prediktívne riadenie chemických a biochemických procesov
<b>Abstract</b>	The aim of the thesis is to develop systematic approach to the synthesis of an efficient robust predictive control for constrained nonlinear systems. Research will be oriented on decomposition of a nonlinear control problem into a sequence of linear control problems, when a nonlinear non-convex optimization problem is reduced to a convex optimization problem. The robust predictive control methods will be developed with the aim to reduce the conservativeness and the designed algorithms will be based on the solution of linear matrix inequalities. Designed methods and algorithms will be implemented on specific chemical and biochemical processes.
<b>Abstract in Slovak</b>	Cieľom dizertačnej práce je rozpracovať systematický prístup k syntéze efektívneho robustného prediktívneho riadenia pre nelineárne systémy s neurčitostami a s obmedzeniami veličín. Výskum sa zameria na rozloženie nelineárneho problému riadenia na postupnosť lineárnych problémov, kedy sa problém nekonvexnej optimalizácie zredukuje na problém konvexnej optimalizácie. Budú sa vyvíjať metódy zamerané na zníženie konzervativizmu a algoritmy robustného prediktívneho riadenia založené na riešení lineárnych maticových nerovností. Navrhnuté metódy a algoritmy sa aplikujú na riadenie vybraných typov chemických a biochemických procesov.
<i>Evaluation</i>	
<b>Committee/head</b>	passed, 21.2.2020

Proposal for PhD study "Process Control" at FCHPT STU, 2020/2021		
<i>Supervisor</i>		
<b>Supervisor</b>	doc. Ing. Michal Kvasnica, PhD.	
<b>Supervisor specialist (opt)</b>	Ing. Martin Klaučo, PhD.	
<b># D1 publications / 5 years</b>		5
<b># Q1 publications / 5 years</b>		8
<b># Q2 publications / 5 years</b>		10
<b>H index</b>		15 (SCOPUS)
<b>Publication/Project 1</b>	M. Klaučo – M. Kalúz – M. Kvasnica: Machine learning-based warm starting of active set methods in embedded model predictive control. Engineering Applications of Artificial Intelligence, vol. 77, pp. 1–8, 2019.	
<b>Publication/Project 2</b>	A. Beccuti – M. Kvasnica – G. Papafotiou – M. Morari: A Decentralized Explicit Predictive Control Paradigm for Parallelized DC-DC Circuits. IEEE Transactions on Control Systems Technology, no. 1, vol. 21, pp. 136–148, 2013.	
<b>Additional funding</b>	Decent, Neurocast	
<i>PhD Topic</i>		
<b>Title</b>	Distributed and decentralized optimal control and machine learning	
<b>Title in Slovak</b>	Distribúované a decentralizované optimálne riadenie a strojové učenie	
<b>Abstract</b>	The aim of the thesis is to develop, implement and verify in experimental conditions novel methods, approaches, and algorithms for distributed and decentralized optimal control and machine learning based on solving optimization problems. The thesis will focus on decomposing a complex optimization problem into smaller parts, which will then be solved separately at numerous computational nodes. By doing so, the task will be parallelized by splitting one big optimization problem into several tasks of smaller size. To converge to the globally optimal solution, the thesis will investigate various centralized coordination schemes such as ADMM, ALADIN, or the dual decomposition algorithm. Existing approaches will be improved as to take dynamically changing computational capacities into account. Moreover, the coordination mechanism must be robust against adversary effects in terms of network communication and must take factors like speed, quality, and security of the communication into account. Another aim of the the thesis is to develop a fully decentralized coordination mechanism based on the peer-to-peer principle based on decentralized averaging. The developed methods, approaches and algorithms will be applied to synthesize optimization-based control systems and to perform machine learning that accounts for privacy of the training data. The results will be experimentally verified on processes of chemical and food technologies.	
<b>Abstract in Slovak</b>	Cieľom dizertačnej práce je výskum, vývoj, implementácia a experimentálne overenie metód, postupov a algoritmov na distribuované a decentralizované optimálne riadenie a strojové učenie založené na riešení optimalizačných problémov. Výskum a vývoj sa zamerajú na rozloženie komplexného optimalizačného problému na menšie časti, ktoré sa budú riešiť separátne na viacerých výpočtových uzloch. Tým sa úloha paralelizuje jej rozdelením na viaceré lokálne úlohy menšej veľkosti. Na dosiahnutie globálne optimálneho riešenia sa využije centralizovaná koordinácia pomocou metód ADMM, ALADIN a duálnej dekompozície. Dôležitým aspektom je pritom vyvinutie takej koordinačnej schémy, ktorá umožní využiť dynamicky v čase sa meniacu dostupnosť výpočtových kapacít určených na riešenie jednotlivých lokálnych optimalizačných problémov. Pri vývoji koordinačného mechanizmu je taktiež potrebné uvažovať s prvkami sieťovej komunikácie medzi jednotlivými lokálnymi uzlami z pohľadu rýchlosti, kvality a bezpečnosti komunikácie. Ďalším cieľom je výskum a vývoj plne decentralizovaného prístupu v zmysle peer-to-peer, ktorý si nebude vyžadovať centrálnu koordináciu pomocou techník decentralizovaného priemerovania. Navrhnuté metódy, postupy a algoritmy sa aplikujú na získanie optimálnych riadiacich algoritmov a na strojové učenie so zachovaním privátnosti učiacich dát. Výsledky budú experimentálne verifikované na procesoch chemickej a potravinárskej technológie.	
<i>Evaluation</i>		
<b>Committee/head</b>	passed, 21.2.2020	

<b>Proposal for PhD study "Process Control" at FCHPT STU, 2020/2021</b>		
<i>Supervisor</i>		
<b>Supervisor</b>	doc. Ing. Michal Kvasnica, PhD.	
<b>Supervisor specialist (opt)</b>	Ing. Martin Klaučo, PhD.	
<b># D1 publications / 5 years</b>		5
<b># Q1 publications / 5 years</b>		8
<b># Q2 publications / 5 years</b>		10
<b>H index</b>		15 (SCOPUS)
<b>Publication/Project 1</b>	Collaborative research agreement with ProGridTech	
<b>Publication/Project 2</b>	J. Drgoňa – D. Picard – M. Kvasnica – L. Helsen: Approximate model predictive building control via machine learning. Applied Energy, vol. 218, pp. 199–216, 2018.	
<b>Additional funding</b>	ProGridTech	
<i>PhD Topic</i>		
<b>Title</b>	Optimization-based scheduling and control of large-scale systems	
<b>Title in Slovak</b>	Plánovanie a riadenie rozľahlých systémov založené na optimalizácii	
<b>Abstract</b>	The aim of the thesis is to develop and to implement novel and unique methods, approaches, and algorithms that will employ optimization to schedule and to control large-scale systems where numerous dynamical systems interact with each other. The research will be focused on an effective modeling of large-scale systems that are subject to long-term contractual constraints (such as the minimal and maximal up/down-times) and short-term dynamical limits (e.g., minimal and maximal rise time). To arrive at an efficient long-term planning, the thesis will investigate various ways of modeling the contractual constraints using a combination of binary and continuous variables with the aim of minimizing the time required to solve the resulting optimization problem. To dynamical control large-scale systems, the project will employ model predictive control that is based on repetitively solving an optimization problem at each sampling instant. Here, the student will investigate various approaches to solving such problems in real time, including explicit model predictive control and approximations of the optimal solution by artificial intelligence/machine learning methods. All developed methods, approaches, and algorithms will be applied to schedule and to control power producing sources in the concept of virtual power plants.	
<b>Abstract in Slovak</b>	Cieľom dizertačnej práce je výskum, vývoj a implementácia metód, postupov a algoritmov využívajúcich optimalizáciu na plánovanie aktivít a riadenie rozľahlých systémov, v ktorých dochádza k interakciám medzi viacerými dynamickými systémami. Výskum sa zameria na efektívne modelovanie rozľahlých systémov podliehajúcich dlhodobým kontraktuálnym ohraničeniam (napr. ohraničenie na minimálnu a maximálnu dobu činnosti a odstávky) a krátkodobým dynamickým limitom (napr. minimálna a maximálna doba nábehu). Na vyriešenie úlohy dlhodobého plánovania sa preskúmajú rôzne možnosti vyjadrenia kontraktuálnych ohraničení pomocou spojitých a binárnych premenných s cieľom minimalizovať čas potrebný na vyriešenie výsledného optimalizačného problému. Na riadenie rozľahlých systémov sa použije technika prediktívneho riadenia založená na opakovanom riešení optimalizačného problému v každej perióde vzorkovania. Práca pritom preskúma rôzne možnosti riešenia optimalizačného problému založené na princípoch explicitného prístupu a využitia umelej inteligencie a strojového učenia na aproximáciu optimálneho riešenia. Vyvinuté metódy, postupy a algoritmy budú aplikované na plánovanie a riadenie zdrojov elektrickej energie v koncepte virtuálnych elektrární.	
<i>Evaluation</i>		
<b>Committee/head</b>	passed, 21.2.2020	

<b>Proposal for PhD study "Process Control" at FCHPT STU, 2020/2021</b>		
<i>Supervisor</i>		
<b>Supervisor</b>	doc. Ing. Michal Kvasnica, PhD.	
<b>Supervisor specialist (opt)</b>		
<b># D1 publications / 5 years</b>		5
<b># Q1 publications / 5 years</b>		8
<b># Q2 publications / 5 years</b>		10
<b>H index</b>		15 (SCOPUS)
<b>Publication/Project 1</b>	ITN POLCA (if approved)	
<b>Publication/Project 2</b>	M. Kvasnica – J. Löfberg – M. Fikar: Stabilizing polynomial approximation of explicit MPC. Automatica, č. 10, zv. 47, str. 2292–2297, 2011.	
<b>Additional funding</b>	ITN POLCA (if approved)	
<i>PhD Topic</i>		
<b>Title</b>	Predictive controllers with a low implementation footprint	
<b>Title in Slovak</b>	Prediktívne regulátory s nízkou implementačnou zložitou	
<b>Abstract</b>	The aim of the thesis is to develop of methods based on Sum-of-Squares for synthesis of controllers that respect process constraints, maximize performance, and feature a low implementation footprint in terms of required memory and computing power using polynomial approximation techniques to replace optimal feedback laws generated by model predictive control. The student will design, develop, and implement a novel code-generation software tool to allow to execute the controllers on low-cost commodity hardware platforms. The objective is to allow for a dissemination of the developed algorithms to a broad class of real-life applications. The results of the project will be experimentally tested on various processes of chemical and food technologies.	
<b>Abstract in Slovak</b>	Cieľom práce je vyvinúť metódy a algoritmy založené na sum-of-squares metódach na syntézu regulátorov, ktoré budú rešpektovať procesné ohraničenia, maximalizovať výkonnosť a predovšetkým sa budú vyznačovať nízkou implementačnou zložitou. Tá bude vyjadrená veľkosťou pamäťového odtlačku takýchto regulátorov ako aj množstvom výpočtového času potrebného na ich implementáciu v prostredí reálneho času. Nízka implementačná zložitou sa dosiahne nahradením optimálneho zákona riadenia jeho vhodnou aproximáciou v podobe polynómov. Študent navrhne a implementuje nové nástroje umožňujúce priame generovanie spustiteľného kódu pre takéto regulátory, aby sa umožnilo ich nasadenie na nízkonákladových riadiacich platformách. Cieľom je tak podstatne rozšíriť možnosti nasadenia pokročilých riadiacich algoritmov v praxi. Výsledky získané počas práce budú experimentálne overené na procesoch chemických a potravinárskych technológií.	
<i>Evaluation</i>		
<b>Committee/head</b>	passed, 21.2.2020	

<b>Proposal for PhD study "Process Control" at FCHPT STU, 2020/2021</b>	
<i>Supervisor</i>	
<b>Supervisor</b>	doc. Ing. Radoslav Paulen, PhD.
<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>	7
<b>H index</b>	8
<b>Publication/Project 1</b>	C. E. Valero – R. Paulen: Set-Theoretic State Estimation for Multi-output Systems using Block and Sequential Approaches. Editor(i): M. Fikar and M. Kvasnica, V Proceedings of the 22nd International Conference on Process Control, Slovak Chemical Library, Štrbské Pleso, Slovakia, str. 268–273, 2019.
<b>Publication/Project 2</b>	A. R. Gottu Mukkula – R. Paulen: Optimal experiment design in nonlinear parameter estimation with exact confidence regions. Journal of Process Control, zv. 83, str. 187–195, 2019.
<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 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, 21.2.2020

<b>Proposal for PhD study "Process Control" at FCHPT STU, 2020/2021</b>	
<i>Supervisor</i>	
<b>Supervisor</b>	doc. Ing. Radoslav Paulen, PhD.
<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>	7
<b>H index</b>	8
<b>Publication/Project 1</b>	C. E. Valero – R. Paulen: Set-Theoretic State Estimation for Multi-output Systems using Block and Sequential Approaches. Editor(i): M. Fikar and M. Kvasnica, V Proceedings of the 22nd International Conference on Process Control, Slovak Chemical Library, Štrbské Pleso, Slovakia, str. 268–273, 2019.
<b>Publication/Project 2</b>	A. R. Gottu Mikkula – R. Paulen: Optimal experiment design in nonlinear parameter estimation with exact confidence regions. Journal of Process Control, zv. 83, str. 187–195, 2019.
<b>Additional funding</b>	
<i>PhD Topic</i>	
<b>Title</b>	Hybrid modeling and real-time optimization of processes
<b>Title in Slovak</b>	Hybridné modelovanie a použitie neurčitých modelov pre optimalizáciu procesov
<b>Abstract</b>	Modern control architectures comprise elements designed to identify an optimal operating regime of the system, to reduce the uncertainty in key system variables by estimation using measurements (usually corrupted by noise), and to steer the system to the optimal operation regime by dynamic adjustment of available degrees of freedom. Despite these technologies being well understood, there are challenges to be addressed e.g., increased level of system complexity. One way of addressing the challenges is to combine first-principles and data-based modeling, i.e. to use hybrid modeling. As the data-based parts of models bear a significant level of uncertainty, which propagates through the whole control system and, thus, must be considered in the control design. Using the set-based methods, control values can be found to steer the system into an optimal regime in robust fashion while avoiding any violation of restrictions imposed by production quality or safety. The goal of the thesis is thus to innovate control system architecture such that the elements of the control system can exchange information about levels of uncertainty in the signals at their output and the acceptable level of uncertainty in the input signals. 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>	Moderné riadiace systémy pozostávajú z prvkov navrhnutých na určenie optimálnych prevádzkových režimov, prvkov na redukciu neurčitosti v kľúčových premených systému na základe odhadovania z nameraných dát (väčšinou zaťažených chybou merania) a prvkov na uvedenie systému do optimálneho prevádzkového režimu pomocou vhodného nastavenia dynamických stupňov voľnosti. Hoci existuje dobré porozumenie o funkčnosti týchto technológií, existujú viaceré výzvy ako napríklad zväčšujúca sa zložitosť systémov. Jedným zo spôsobov, ako na tieto výzvy odpovedať, je použitie hybridného modelovania, t.j. kombinácia mechanistického a databázového prístupu k modelovaniu. Keďže použitie databázových modelov so sebou prináša značnú mieru neurčitosti, ktorá sa potom šíri celým riadiacim systémom, táto musí byť braná do úvahy pri návrhu riadenia. Použitím množinových operácií je možné viesť systém robustne do optimálneho prevádzkového režimu a vyhnúť sa pritom porušeniu obmedzení na kvalitu produktov či na bezpečnosť. Cieľom práce je inovovať riadiace systémy tak aby si jednotlivé prvky riadiaceho systému navzájom vymieňali informácie o neurčitosti vstupno-výstupných signálov a o akceptovateľnej miere ich neurčitosti. Práca na predkladanej téme bude ukončená experimentálnym overením vyvinutých metód na laboratórnom zariadení.
<i>Evaluation</i>	
<b>Committee/head</b>	passed, 21.2.2020