



Slovenská excelentnosť vo výskume
pokročilého automatického riadenia pre
inteligentný priemysel

V1.1. Úvodná správa o výskume v oblasti automatického riadenia na STUBA

Dátum 31.1.2024
v.1

OBSAH

Informácia o výstupe.....	3
Exekutívny sumár.....	4
Skratky.....	5
Oblasti výskumu.....	6
Závery.....	10

INFORMÁCIA O VÝSTUPE

Balík	NV1
Termín	31.1.2024
Dátum	31.1.2024
Verzia	v.1
Autori	Miroslav Fikar
Recenzenti	Alžbeta Lapšanská
Diseminačná úroveň	Public

Abstrakt	Projekt je orientovaný ako doplnkový k projektu FrontSeat podporeného v schéme Horizont Európa. Cieľom je vykonávať a financovať doplnkové aktivity, ktoré neboli v pôvodnom projekte uvažované. Hlavné ciele projektu sú: - Excelentný výskum v oblasti automatického riadenia - Vzdelávanie a posilňovanie výskumných väzieb v oblasti automatického riadenia - Rozvoj infraštruktúry pre podporu výskumu v oblasti automatického riadenia
-----------------	---

História revízií dokumentu

Verzia	Dátum	Zmeny	Autori
v.1	2024-01-31	Prvá verzia	Miroslav Fikar

Upozornenie

Financované Európskou úniou. Vyjadrené názory a stanoviská sú však len názormi autora (autorov) a nemusia nevyhnutne odrážať názory a stanoviská Európskej únie. Európska únia ani orgán poskytujúci príspevok za ne nemôžu niesť zodpovednosť.

EXEKUTÍVNY SUMÁR

Tento dokument je výstupom 1.1 „Úvodná správa o výskume v oblasti automatického riadenia na STUBA“ projektu FS-MATCH, ktorý je financovaný z programu Európskej únie, číslo projektu: 09I01-03-V04-00024, grantová schéma: VAIA 09I01-03-V04. Účelom správy je posúdiť súčasný stav výskumu na STUBA Vzhľadom na rozmanité výskumné témy, ktorými sa dnes STUBA zaoberá, správa sa zameriava na hlavnú tému, ktorou sa zaoberá projekt FrontSeat, konkrétne na aplikácie automatického riadenia relevantné pre potreby inteligentného priemyslu.

SKRATKY

Skratka	Význam
STU	Slovenská technická univerzita v Bratislave

OBLASTI VÝSKUMU

Trendy vo výskume na STU

Nové výskumné trendy sa do STUBA dostávajú dvoma spôsobmi. Jedným z nich je prijímanie nových výskumníkov, ktorí vďaka vlastnej odbornosti začleňujú nové výskumné smery. Druhým je spolupráca s inými výskumnými skupinami, ktoré sa zameriavajú na iné základné témy alebo pristupujú k problémom inak.

Na zvýšenie prieniku nových výskumných smerov výskumu sa odporúča citlivejšie a aktívnejšie využívať svoje silné stránky a identifikovať nové výskumné trendy pri účasti na konferenciách a následne ich spracovať vo forme vedeckých prác alebo článkov v časopisoch. Považuje sa za cenné zúčastňovať sa na konferenciách, ktoré presahujú tému riadenia automatizácie, aby sa nielen vytvorilo prepojenie na iné tematické oblasti, ale aby bolo možné odvodiť výskumné trendy iných oblastí výskumu a preniesť ich do STU.

Ďalším spôsobom, ako sa oboznámiť s novými výskumnými trendmi, je účasť na medzinárodných a renomovaných seminároch. To dáva ďalšiu príležitosť zachytiť vynikajúce prezentácie a zároveň diskutovať a vymieňať si názory s inými výskumníkmi. Účasť na týchto medzinárodných seminároch sa v dôsledku pandémie stala oveľa jednoduchšou, keďže mnohé semináre prešli na online prezentácie s využitím bežných webových konferenčných platforiem. Tretím opatrením na monitorovanie nových výskumných trendov je priebežné sledovanie nových grantových výziev, v ktorých sa často navrhujú nové dlhodobé výskumné otázky alebo výskumné smery.

Oblasti výskum na STU

Výskum v oblasti kybernetiky a automatického riadenia na STU prebieha na viacerých pracoviskách.

Fakulta chemickej a potravinárskej technológie, Ústav informatizácie, automatizácie a matematiky

Prediktívne riadenie: Prediktívne riadenie je úspešné v základnom výskume ako aj v priemyselných aplikáciách. Základným problémom je stabilita. Zameriavame sa na rozličné aspekty a vývoj nových metód explicitného a online prediktívneho riadenia

Dynamická optimalizácia: Zvyšujúce sa nároky na kvalitu v chemickom a petrochemickom priemysle vedú k rozvoju čoraz komplikovanejších stratégií riadenia. Navyše je potrebné poznať limity prevádzky a rýchlosť prechodového deja procesu. Teória optimálneho riadenia je schopná dať odpoveď aj na tieto otázky. V oblasti dynamickej optimalizácie sa výskum zameriava na problémy dynamiky mnohózložkových rektifikačných kolón, čistíarní odpadových vôd a iných zložitých procesov.

Modelovanie a riadenie chemických reaktorov, biochemických reaktorov, rektifikačných kolón a výmenníkov tepla: Výskum v tejto oblasti je zameraný na modelovanie a riadenie rôznych typov chemických a biochemických systémov.

Vzdelávanie v oblasti automatizácie: Výskum v tejto oblasti sa orientuje na použitie nových informačných technológií v pedagogickom procese, na interaktívne on-line bloky a automatické generovanie testovacích problémov. V súčasnosti je riešený problém perzonifikácie webovských stránok pre študentov.

Informačné technológie: Výskum v tejto oblasti sa orientuje na použitie informačných technológií pre spracovanie údajov a vizualizáciu, vývoj statických a dynamických webových stránok nielen pre účely

riadenia a merania signálov, ale aj pre všeobecnú správu a manipuláciu informácií, automatické spracovanie údajov z rôznych informačných zdrojov. Sú využívané riešenia na báze Open Source: web, mail, smb servery, databázy (MySQL), programovacie nástroje (PHP, JavaScript) na operačných systémoch GNU/Linux, FreeBSD, Solaris.

Distribuovaná a decentralizovaná optimalizácia: Výskum je zameraný na riadenie systému distribuovaným a decentralizovaným spôsobom s cieľom znížiť výpočtovú záťaž na výpočtovú jednotku alebo zvýšiť súkromie každého uzla v sieti. Tento prístup môže byť užitočný aj pri hľadaní globálneho optima nekonvexných optimalizačných problémov.

Garantovaný odhad parametrov: Kvalita výsledkov optimalizácie a riadenia na základe modelov silne závisí od presnosti použitých modelov. Podstatné je, že predikcie premenných, s ktorými sa uvažuje v optimalizačnom probléme, napr. kvalitatívne parametre produktu, sú presné. Kvalitu modelov je možné zlepšiť online prispôbením rozhodujúcich parametrov prostredníctvom robustných schém na odhad stavu a parametrov. V tomto ohľade sledujeme prístup zaručeného odhadu parametrov, aby sme získali robustné odhady neistých parametrov a zároveň sa vyhli nespoľahlivým aproximáciám, ktoré sú spojené s klasickými prístupmi k odhadom.

Strojnícka fakulta, Ústav automatizácie, informatizácie a merania

Prediktívne riadenie: Spoločné črty implicitných a explicitných formulácií optimalizačných úloh prediktívneho riadenia, v ich lineárnej, časovo-spojitej formulácii s využitím aplikácie techniky B-splajnových funkcií. Táto technika sa využíva na aproximáciu signálov, tak i kritériálnej funkcie riadenia spolu s jej uvažovanými obmedzeniami. Hlavným prínosom techniky B-splajnových funkcií v tejto aplikácii je ich parametricky veľmi efektívna – úsporná formulácia signálov, vedúca na nový tvar kritériálnej funkcie riadenia, v ktorom ako optimalizované premenné vystupujú len body tvoriace tzv. radiaci polygón splajnu. Ukazuje sa, že pri explicitnom vyjadrení optimálneho riadiaceho zákona cestou multiparametrického programovania, takto navrhnuté riešenie vedie na veľmi nízke počty kritických regiónov vytvárajúcich polytopickú partíciu nad prípustným stavovým priestorom, ktorú pri reprezentácii dátových štruktúr v explicitnom vyjadrení prediktívneho zákona riadenia je potrebné udržiavať v pamäti počítača. Týmto skúmané riešenie má predpoklady lepšie vyhovovať bežným technickým možnostiam nízko-nákladových vnorených platforiem pri implementácii riadenia v reálnom čase. Navyše počet vznikajúcich regiónov nie je priamo závislý na požadovanej dĺžke horizontu riadenia, garantujúcej stabilitu a rekurzívnu zlučiteľnosť riešenia.

Meranie: V súvislosti s rozvojom používania neistôt pri vyhodnocovaní meraní vzniká mnoho nových problémov v súvislosti so spracovaním nameraných údajov. Cieľom je vývoj metód a algoritmov na vyhodnocovanie meraní. Výskum je zameraný najmä na vypracovanie matematicko-štatistických modelov, vypracovanie teórie kalibrácie snímačov a prevodníkov, určenie neistôt pri kalibrácii snímačov pre normálne a iné rozdelenia, vypracovanie kalibračných vyhodnocovacích postupov použiteľných v laboratóriách, vyhodnotenie kalibrácie snímačov tepelných a mechanických veličín so spojitou stupnicou (snímače tlaku, termoelektrické snímače teploty, odporové snímače teploty atď.) Vývoj meracích metód je vysoko aktuálny a má významný vplyv na medzinárodnú vedeckú a priemyselnú spoluprácu a hospodársky rast vo svete.

Materiálovotechnologická fakulta, Ústav aplikovanej informatiky, automatizácie a mechatroniky

Výskum je orientovaný do oblasti informatizácie a automatizácie radiacích procesov na všetkých úrovniach riadenia priemyselnej výroby a reflektuje moderné trendy riadenia procesov podľa pyramídového modelu.

Základná stratégia riadenia vychádza striktne z požiadaviek európskej legislatívy na harmonizáciu procesov pre vývoj a prevádzkovanie hierarchických systémov riadenia, ako aj na požiadavky vertikálnej integrácie informačných systémov riadenia.

Výskum UIAM je orientovaný do nasledujúcich oblastí:

- analýza, modelovanie, simulácia a optimalizácia výrobných systémov a procesov,
- Big Data a získavanie znalostí pre riadenie procesov,
- vývoj integrovaných systémov riadenia priemyselných procesov,
- implementácia inteligentných metód riadenia a metód analýzy a spracovania údajov,
- výskum a vývoj v oblasti modelovania, simulácie a analýzy technologických procesov a mechanických a mechatronických systémov,
- riadenie robotických systémov,
- riadiace systémy pre bezpečnostno-kritické procesy v priemysle,
- aplikácie automatizácie (v automobilovom priemysle, v energetike, v strojárstve, zdravotníctve a pod.).

Vedecký profil UIAM je v súlade s trendmi, ktoré boli vytýčené konceptom Industry 4.0.

Fakulta elektrotechniky a informatiky, Ústav automobilovej mechatroniky

Vedeckovýskumná činnosť na Oddelení aplikovanej mechaniky a mechatroniky v oblasti základného výskumu je zameraná na vývoj numerických a semianalytických metód pre modelovanie a simuláciu mechanických a mechatronických prvkov zhotovených z funkčne gradovaných (FG) a multifunkčných (MF) kompozitných materiálov. Sú vyvíjané metódy pre homogenizáciu heterogénnych elektro-tepelno-mechanických materiálových vlastností, ktoré sú potom aplikované do vývoja nových konečných prvkov pre multifyzikálne (elektro-tepelno-mechanické, piezo-elektro-mechanické) analýzy. Dosiahnuté výsledky riešenia novými konečnými prvkami sú overované experimentálnymi metódami. Dosiahnuté vedecké výsledky sú publikované v špičkových svetových karentovaných časopisoch a na európskych a svetových kongresoch zameraných na výpočtové inžinierstvo, a na výpočtovú mechaniku a mechatroniku.

Modelovanie a pokročilé metódy automatického riadenia mechatronických systémov. Ide o základný výskum nových metód a algoritmov robustného, prediktívneho a optimálneho riadenia, so zameraním na algoritmy vhodné pre aplikáciu v mechatronických systémoch, kde časovo náročná časť výpočtov sa realizuje off line, samotný zákon riadenia je výpočtovo relatívne jednoduchý, implementovateľný nízkonákladovými mikropočítačmi. V stavovom priestore sa pritom využíva formulácia úloh robustného a optimálneho riadenia cez optimalizačné úlohy typu lineárnych a bilineárnych maticových nerovníc.

Výskum v oblasti “soft-computing” metód a “deep-learningu” (fuzzy logika, umelé neurónové siete, konvolučné neurónové siete) so zameraním na využitie výsledkov v zdravotníctve a v asistenčných systémoch automobilov.

Databázové a vizualizačné systémy - v tejto oblasti sa členovia oddelenia zameriavajú na aplikovaný výskum a využitie výsledkov v oblasti priemyslu (výrobné linky v strojárskom, automobilovom a potravinárskom priemysle) aj životného prostredia (napr. čističky odpadových vôd).

Modelovanie a riadenie mechatronických systémov s využitím kosimulácie, kde ide o rozvíjanie základného mechatronického prístupu k návrhu a vývoju mechatronických zariadení, do tejto oblasti výskumu sú zapojení aj viacerí diplomanti.

Využitie virtuálnej a zmiešanej reality v aplikáciách Industry 4.0 - kde sa výskumne realizujú mladí výskumní pracovníci a doktorandi z dvoch oddelení v novej, veľmi rýchlo sa rozvíjajúcej oblasti úzko prepojenej s nastupujúcou 4.priemyselnou revolúciou (Priemysel 4.0). Výskum tu smeruje k tvorbe digitálnych dvojčiat v zmiešanej realite, s funkčným testovaním na reálnych laboratórnych zariadeniach.

Využitie moderných webových technológií pre mechatronické systémy – ide o základný výskum zahŕňajúci základnú komunikáciu a spracovanie údajov s využitím nízkorozpočtových platforiem a tiež návrh a implementáciu pokročilých algoritmov riadenia s potlačením poruchy. Ide o výskumnú oblasť, kde sú zapojení členovia viacerých oddelení.

Vývoj a implementácia nových softvérových architektúr a komunikačných systémov pre mechatronické aplikácie, výskum sa orientuje na modulárne, ľahko rozširiteľné riešenia vhodné aj pre autonómne vozidlá. Ide o výskumnú oblasť, kde sú zapojení členovia viacerých oddelení.

Aplikovaný výskum v oblasti online riadenia mechatronických systémov sa orientuje najmä na návrh a realizáciu online laboratórií určených predovšetkým na vzdelávacie účely.

Riadenie udalostných systémov s využitím PLC a tvorba HMI pre tieto systémy patrí medzi oblasti aplikačného výskumu členov oddelenia, v spolupráci s praxou vyvíjajú inovátné riešenia.

Fakulta elektrotechniky a informatiky, Ústav robotiky a kybernetiky

Vedeckovýskumná činnosť na ústave sa zaoberá robotikou a kybernetikou. Uvádzame projekty riešené od roku 2023:

- 2023-2027, Neuroevolúcia riadenia, APVV-22-0169
- 2023-2027, Metódy umelej inteligencie na podporu diagnostiky v oftalmológii, APVV-22-0606
- 2024-2026, Budovanie laboratória na testovanie mobilných robotov určených do vonkajšieho prostredia, 036STU-4/2024
- 2024-2026, Hodnotenie kvality výrobkov digitálnym nástrojom umelej inteligencie, QUALByAI
- 2024-2026, Pokročilé metódy modelovania, identifikácie a riadenia biosystémov, VEGA 1/0229/24
- 2024-2025, COmplex COllaborative Human Robot Interaction Workplace, COCOHRIW - 3_euROBIN
- 2023-2025, AIDabiomeDIA Umelá inteligencia vo vývoji pokročilých metód biometrie a medicínskej diagnostiky, VEGA 1/0202/23
- 2023-2024, Neuroevolúcia pohybových systémov, 2023digVS016

ZÁVERY

Táto správa poskytuje prehľad o výskume v oblasti automatického riadenia na STU, konkrétne na 4 jej fakultách, ktoré poskytujú vzdelávanie a výskum v oblasti Kybernetika. Na viacerých pracoviskách existujú synergie a komplementárne aktivity, ktoré je vhodné podporovať a využívať.