



Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

APVV-18-0522

Inteligentný systém riadenia pre modulárne výrobné systémy novej generácie Factory of the Future

Zodpovedný riešiteľ **doc. Ing. Patrik Grznár, PhD.**

Príjemca **Žilinská univerzita v Žiline**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Žilinská univerzita v Žiline, Strojnícka fakulta, Katedra priemyselného inžinierstva

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Akademia Techniczna - Humanistyczna w Bielsku-Białej, Wydział zarządzania i informatyki,
Katedra Inżynierii Produkcji, Polsko
Politechnika Lubelska, Wydział Mechaniczny, Polsko
AALBORG UNIVERSITET, The Faculty of Engineering and Science, Department of
Materials and Production, Dánsko

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

Jednotlivé prvky vlastného riešenia sú v súčasnosti predmetom prebiehajúceho interného schvaľovacieho procesu ochrany duševného vlastníctva. Po ukončení interného hodnotenia bude výsledok riešeného projektu podaný vo forme patentovej prihlášky na registráciu ÚPV SR.

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

2022:

1. V3 (CREPČ ID: 528030) Marschall, M.; Gregor, M.; Ďurica, L.; Vavřík, V.; Bielik, T.; Grznár, P.; Mozol, Š. (2022). Defining the number of mobile robotic systems needed for reconfiguration of modular manufacturing systems via simulation. In: Machines. Basel, Switzerland : Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), APRÍL 2022, Roč. 10, Č. 5, Article Number: 316, eISSN 2075-1702, DOI 10.3390/machines10050316 - Spôsob prístupu: <https://www.mdpi.com/2075-1702/10/5/316>. - Marschall, Martin (40%) - Gregor, Milan (15%) - Ďurica, Lukáš (5%) - Vavřík, Vladimír (5%) - Bielik, Tomáš (5%) - Grznár, Patrik (15%) - Mozol, Štefan (15%) - CCC; WOS CC; SCOPUS (2021: 2.899 – IF, Q2 – JCR; Q2 – SJR). - APVV-18-0522.
2. V3 (CREPČ ID: 782145) Oravec, M.; Duchoň, F.; Grznár, P.; Sabolová, L. (2022). Survey of hyperspectral imaging and applications. In: Zarządzanie Przedsiębiorstwem. – Opole, Polsko : Polish Association for Production Management, ISSN 1643-4773. Vol. 25, No. 1-2, DOI 10.25961/ent.manag.25.01.04, s. 22-28 [tlačená forma] - Oravec, Matúš (25%) - Duchoň, František (25%) - Grznár, Patrik (25%) - Sabolová, Lujza (25%) - APVV-18-0522.
3. V3 (CREPČ ID: 490604) Bubeník, P.; Kolesnyk, O.; Rakyta, M.; Čapek, J. (2022)

Benchmarking ako nástroj pre hodnotenie uplatnenia pokročilej technológie riadenia výrobného procesu. In: Technológ, Žilina, Slovensko : Žilinská univerzita v Žiline. Roč. 14, č. 2, s. 65-69, ISSN 1337-8996 [tlačaná forma] DOI 10.26552/tech.J.2022.2 - Spôsob prístupu: <https://drepo.uniza.sk/handle/hdluniza/583> - Bubeník, Peter (25%) - Kolesnyk, Olha (25%) - Rakyta, Miroslav (25%) - Čapek, Juraj (25%) - APVV-18-0522.

4. V2 Mozolová, L.; Grznár, P.; Mozol, Š.; Gregor, M.; Krajčovič, M. (2022). Využitie Taguchiho plánu pre optimalizáciu výrobnéj linky. In: Trends and Innovative Approaches in Business Processes 2022 (TIABP 2022), Proceedings of the XXV. International Scientific Conference. Košice : Technická univerzita v Košiciach, s. 89-95, ISBN: 978-80-553-4177-4 - Spôsob prístupu: <https://bfa72b92de.clvaw-cdnwnd.com/b4609734a984d78a8245a0cd6eae65c9/200000243-4d67c4d680/Zbornik%20TIABP%202022-3.pdf?ph=bfa72b92de>. - Mozolová Lucia (20%) - Grznár Patrik (20%) - Mozol Štefan (20%) - Gregor Milan (20%) – Krajčovič Martin (20%).

5. V2 (CREPČ ID: 508182) Vavřík, V.; Mozol, S.; Grznár, P. (2022). 2. The utilization of the longest common subsequence algorithm for creation product families. In: InvEnt 2022: Industrial engineering – Invention for enterprise [electronic] : proceedings. - 1st Edition. - Bielsko-Biala: Wydawnictwo Akademii Techniczno-Humanistycznej, 2022. - ISBN 978-80-970974-4-8 - s. 114-117. - Spôsob prístupu: <https://www.priemyselneinzierstvo.sk/wp-content/uploads/2022/07/InvEnt-2022-zbornik-1.pdf>. - Vavřík, Vladimír (34%) - Mozol, Štefan (33%) - Grznár, Patrik (33%).

2021:

1. Kolesnyk, O.; Bubeník, P.; Čapek, J. (2021). Cloud platform for learning factories. In: 14th International scientific conference on sustainable, modern and safe transport [elektronický dokument] / Bujňák, Ján [Zostavovateľ, editor] ; Guagliano, Mario [Zostavovateľ, editor]. – 1. vyd. – Amsterdam (Holandsko) : Elsevier, 2021. – (Transportation Research Procedia, ISSN 2352-1465, ISSN 2352-1457 ; Vol. 55). – ISSN (online) 2352-1465, s. 561-567 [online]. – Spôsob prístupu: <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85112608733&origin=inward&txGid=e3c4f492582c3d909105facf7545afed>. – DOI 10.1016/j.trpro.2021.07.022. – SCOPUS.

2. Stalmašeková, N. (2021). Technologies In Marketing - What They Have Brought And What They Can Bring To Us In The Future. In: Marketing Identity 2021 New Changes New Challenges [electronic] : Conference Proceedings from International Scientific Conference „Marketing Identity 2021 New Changes New Challenges“, 09th November 2021, online, Slovakia. - Trnava: Faculty of Mass Media Communication, University of Ss. Cyril and Methodius in Trnava, Slovakia. - [Stalmašeková Natália (100%)].

3. Gregor, M.; Grznár, P.; Vavřík, V.; Mozol, Š.; Mozolová, L. (2021). Development Of New Production Systems, Approaches And Structure Of The Product Due To Changes In Customer Requirements Past, Present And Future. In: Marketing Identity 2021 New Changes New Challenges [electronic] : Conference Proceedings from International Scientific Conference „Marketing Identity 2021 New Changes New Challenges“, 09th November 2021, online, Slovakia. - Trnava: Faculty of Mass Media Communication, University of Ss. Cyril and Methodius in Trnava, Slovakia. - [Gregor Milan (20%) - Grznár Patrik (20%) - Vavřík Vladimír (20%) - Mozol Štefan (20%) - Mozolová Lucia (20%)].

4. Burganová, N.; Grznár, P.; Mozol, Š.; Matys, M. (2021). Trends in the design of Factories of the Future. In: Trends and Innovative Approaches in Business Processes 2021 (TIABP 2021), Proceedings of the XXIV. International Scientific Conference. Košice : Technická univerzita v Košiciach, p. 72-76, ISBN: 978-80-553-3835-4. - Spôsob prístupu: <https://www.tiabp2019.sk/proceedings-of-tiabp-2021/>. - [Burganová Natália (25%) - Grznár Patrik (25%) – Mozol Štefan (25%) – Matys Marián (25%)].

5. Mozolová, L.; Mozol, Š.; Grznár, P.; Gregor, M. (2021). Comparison Of The Use Of 2D And 3D Views In The Tecnomatix Plant Simulation Platform. In: Trends and Innovative Approaches in Business Processes 2021 (TIABP 2021), Proceedings of the XXIV. International Scientific Conference. Košice : Technická univerzita v Košiciach, p. 25-29, ISBN: 978-80-553-3835-4. - Spôsob prístupu: <https://www.tiabp2019.sk/proceedings-of-tiabp-2021/>. - [Mozolová Lucia (25%) - Mozol Štefan (25%) - Grznár Patrik (25%) - Gregor Milan (25%)].

6. Vavřík, V.; Gregor, G.; Grznár, P.; Bubeník, P. (2021). The Future Directions for Current Adaptive Modular Systems. In: InvEnt 2021: Industrial engineering – Invention for enterprise [electronic] : proceedings. - 1st Edition. - Bielsko-Biala: Wydawnictwo Akademii Techniczno-

Humnistycznej, 2021. - ISBN 978-83-66249-78-3. - s. 120-123. - Spôsob prístupu: <https://www.priemyselneinzierstvo.sk/wp-content/uploads/2021/11/InvEnt-2021-Zbornik-e-book.pdf>. - [Vavřík Vladimír (25%) - Gregor Milan (25%) - Grznár Patrik (25%) - Bubeník Peter (25%)].

2020:

1. ADC (CREPČ ID: 210408) Vavřík, V.; Gregor, M.; Grznár, P.; Mozol, Š.; Schickerle, M.; Ďurica, L.; Marschall, M.; Bielik, T. (2020). Design of Manufacturing Lines Using the Reconfigurability Principle. In: Mathematics. Bazilej (Basel, Švajčiarsko) : Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), AUG 2020, Volume: 8, Issue: 8, Article Number: 1227, eISSN 2227-7390, DOI 10.3390/math8081227. - Spôsob prístupu: <https://www.mdpi.com/2227-7390/8/8/1227>. - [Vavřík Vladimír (30%) - Gregor Milan (10%) - Grznár Patrik (25%) - Mozol Štefan (10%) - Schickerle Marek (5%) - Ďurica Lukáš (10%) - Marschall Martin (5%) - Bielik Tomáš (5%)]. - CCC; WOS CC; SCOPUS (2019: 1.747 – IF, Q1 – JCR; Q3 – SJR). - APVV-18-0522.

2. ADC (CREPČ ID: 210977) Grznár, P.; Gregor, M.; Krajčovič, M.; Mozol, Š.; Schickerle, M.; Vavřík, V.; Ďurica, L.; Marschall, M.; Bielik, T. (2020). Modeling and Simulation of Processes in a Factory of the Future. In: Applied Sciences. Bazilej (Basel, Švajčiarsko) : Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI), JUL 2020, Volume: 10, Issue: 13, Article Number: 4503, eISSN 2076-3417, DOI 10.3390/app10134503. - Spôsob prístupu: <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/13/4503>. - [Grznár Patrik (25%) - Gregor Milan (10%) - Krajčovič Martin (25%) - Mozol Štefan (10%) - Schickerle Marek (5%) - Vavřík Vladimír (10%) - Ďurica Lukáš (5%) - Marschall Martin (5%) - Bielik Tomáš (5%)]. - CCC; WOS CC; SCOPUS (2019: 2.474 – IF, Q2 – JCR; Q1 – SJR). - APVV-18-0522.

3. AFD Stalmašeková, N.; Grznár, P. (2020). Shifts in the Behaviour of Businesses Due to the Pandemic Situation. In: Marketing Identity: COVID-2.0 [electronic] : Conference Proceedings from International Scientific Conference „Marketing Identity 2020: COVID-2.0“, 11th November 2020, online, Slovakia. - Trnava: Faculty of Mass Media Communication, University of Ss. Cyril and Methodius in Trnava, Slovakia. - ISBN 978-80-572-0107-6. - ISSN 2729-7527. - s. 575-584 [online]. - Spôsob prístupu: <https://fmk.sk/download/Marketing-Identity-2020-eng.pdf>. - [Stalmašeková Natália (50%) - Grznár Patrik (50%)].

4. AFD Mozol, Š.; Grznár, P.; Schickerle, M. (2020). Concept of Competence Islands. In: InvEnt 2020: Industrial engineering – Invention for enterprise [electronic] : proceedings. - 1. vyd. - Bielsko-Biala: Wydawnictwo Akademii Techniczno-Humanistycznej, 2020. - ISBN 978-83-66249-48-6. - s. 116-119 [online]. - Spôsob prístupu: <https://www.priemyselneinzierstvo.sk/wp-content/uploads/2020/10/InvEnt-2020-Proceedings-web.pdf>. - [Mozol Štefan (34%) - Grznár Patrik (33%) - Schickerle Marek (33%)].

5. AFD Stalmašeková, N. (2020). The Need for Digital Transformation of the Company by Cause of the New Rules in Society Due to Pandemics. In: MERKÚR 2020 : Proceedings of the International Scientific Conference for PhD. Students and Young Scientists. - Bratislava: Vydavateľstvo EKONÓM, University of Economics in Bratislava, Slovak Republic, 2020. - [online]. - Spôsob prístupu: <https://conferences.euba.sk/merkur/conference-proceedings>. - [Stalmašeková Natália (100%)].

2019:

1. ADC Gabajová, G.; Furmannová, B.; Medvecká, I.; Grznár, P.; Krajčovič, M.; Furmann, R. (2019). Virtual Training Application by Use of Augmented and Virtual Reality under University Technology Enhanced Learning in Slovakia. Sustainability 2019, Volume 11, Issue 23 / December (I), Article Number: 6677, doi:10.3390/su11236677, eISSN 2071-1050. Poznámka: WOS, SCOPUS, CCC (IF 2018: 2,592, Q2).

2. ADC Ďurica, L.; Gregor, M.; Vavřík, V.; Marschall, M.; Grznár, P.; Mozol, Š. (2019). A Route Planner Using a Delegate Multi-Agent System for a Modular Manufacturing Line: Proof of Concept. Applied Sciences 2019, Volume 9, Issue 21 / November (I), Article Number: 4515, doi:10.3390/app9214515, eISSN 2076-3417. Poznámka: WOS, SCOPUS, CCC (IF 2018: 2,217, Q2).

3. ADC Grznár, P.; Gregor, M.; Mozol, Š.; Krajčovič, M.; Dulina, L.; Gašo, M.; Major, M. (2019). A System to Determine the Optimal Work-in-Progress Inventory Stored in Interoperation Manufacturing Buffers. Sustainability 2019, Volume 11, Issue 14 / July (II), Article Number: 3949, doi:10.3390/su11143949, eISSN 2071-1050. Poznámka: WOS,

SCOPUS, CCC (IF 2018: 2,592, Q2).

4. AED/ AFD Mozol, Š.; Grznár, P.; Krajčovič, M. (2019). Design of system for faster data actualization in simulation. In: Trends and Innovative Approaches in Business Processes 2019 (TIABP 2019), Proceedings of the XXII. International Scientific Conference. Košice : Technická univerzita v Košiciach, p. 43-48, ISBN: 978-80-553-3422-6. Poznámka: <https://www.tiabp2019.sk/>.

Uplatnenie výsledkov projektu

Výstupom riešeného výskumného projektu je prototyp novej generácie inteligentného systému riadenia (ISR_FoF), ktorý je schopný autonómne riadiť výrobné a logistické operácie a procesy v budúcich továrňach. Súčasťou výstupov projektu je aj multiagentový systém riadenia (MAS), rozšírený o systém zberu, spracovania a uchovávaní informácií s využitím technológií Cloud Computing a Big Data a komunikačný modul pre podporu IoT riešení. Pre testovanie a optimalizáciu navrhnutých modulov inteligentného riadenia bol vyvinutý vlastný simulačný a optimalizačný modul, postavený na báze virtuálnej reality a evolučných optimalizačných metód. Takéto riešenia doposiaľ neboli vyvinuté a sú žiadané hlavne v odvetviach, kde existuje vysoká konkurencia a požiadavky na modularitu produkčného systému, akými sú napríklad elektrotechnický a automobilový priemysel. Výsledky riešenia sú uplatniteľné v praxi.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

Ciele projektu aplikovaného výskumu sú orientované do oblasti riadenia výrobných systémov. Riešenie vyvíjané v rámci projektu v súčasnosti predstavuje najprogressívnejší svetový trend a doposiaľ sa mu venuje len malá skupina vedúcich výskumných pracovísk vo svete.

Ambíciou riešiteľov bolo navrhnuť a vyvinúť prototyp novej generácie inteligentného systému riadenia (ISR_FoF), ktorý je schopný autonómne riadiť výrobné a logistické operácie a procesy v budúcich továrňach. Jeho súčasťou je multiagentový systém riadenia (MAS), ktorý je rozšírený o systém zberu, spracovania a uchovávaní informácií s využitím technológií Cloud Computing, Big Data a komunikačný modul pre podporu IoT. Pre testovanie a optimalizáciu navrhnutých modulov inteligentného riadenia bol vyvinutý vlastný simulačný a optimalizačný modul, postavený na báze virtuálnej reality a evolučných optimalizačných metód.

Jedná sa o pôvodné, originálne riešenie, ktoré vzniklo na základe potrieb priemyslu. Plánované je jeho využitie u domácich priemyselných výrobcov.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

The objectives of the applied research project are oriented to the field of production systems control. The solution developed within the project currently represents the most progressive global trend and has so far only been addressed by a small group of leading research institutes in the world.

The ambition of the solvers was to design and develop a prototype of a new generation of intelligent control system (ICS_FoF), capable of autonomously control manufacturing and logistics operations and processes in Factory of the Future. It includes a multi-agent control system (MAS), which is extended by a system for collecting, processing, and storing information using Cloud Computing, Big Data, and a communication module for IoT support. For testing and optimizing the proposed intelligent control modules, a custom simulation and optimization module has been developed, built on the basis of virtual reality and evolutionary optimization methods.

This is an original, solution that was created based on the needs of the industry. It is planned to be used by domestic industrial manufacturers.