



Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-19-0305**
Integrovaný modulárny systém digitálneho dvojčat'a výrobného závodu

Zodpovedný riešiteľ **prof. Ing. Branislav Mičieta, PhD.**
Príjemca **Žilinská univerzita v Žiline - Strojnícka fakulta**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Riešiteľ projektu:
Katedra priemyselného inžinierstva
Strojnícka fakulta
Žilinská univerzita v Žiline
Univerzitná 8215/1
010 26 Žilina
Spoluriešiteľ projektu:
Asseco CEIT, a.s.
Univerzitná 8661/6A
010 08 Žilina

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Partner 1:
Katedra průmyslového inženýrství a managementu
Západočeská univerzita v Plzni
Univerzitní 22
306 14 Plzeň
Česká republika
Partner 2:
Katedra Inżynierii Produkcji
Wydział Budowy Maszyn i Informatyki
Uniwersytet Bielsko-Bialski
ul. Willowa 2
43-309 Bielsko-Biała
Polsko

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

1. Furtáková S.; Pineiro González E., Furmann R., Žalman R., Papánek L. (2024). Číslo úžitkového vzoru PUV 50020-2024. Zariadenie na monitorovanie pohybu a určovanie polohy mobilnej logistickej techniky v zmiešanom vonkajšom a vnútornom prostredí. Prihlasovateľ: Asseco CEIT, a.s.; Univerzitná 8661/6A, Žilina. Spôsob prístupu: <https://wbr.indprop.gov.sk/WebRegistre/UzitkovyVzor/Detail/50020-2024?csrt=6710847819469722796>

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce

výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

V roku 2024 –

Publikácie v zahraničných karentovaných časopisoch

1. Krajčovič, M., Gabajová, G., Gašo, M., & Schickerle, M. (2024). Parameter Setting for Strategic Buffers in Demand-Driven Material Resource Planning through Statistical Analysis and Optimisation of Buffer Levels. *Applied Sciences*, 14(7), 3012. Zaradené v: SCOPUS ; Current Content Connect; Web of Science Core Collection; Science Citation Index Expanded. Spôsob prístupu: <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/7/3012>

2. Krajčovič, M., Bastiuchenko, V., Furmannová, B., Botka, M., & Komačka, D. (2024). New Approach to the Analysis of Manufacturing Processes with the Support of Data Science. *Processes*, 12(3), 449. Zaradené v: SCOPUS ; Current Content Connect; Web of Science Core Collection; Science Citation Index Expanded. Spôsob prístupu: <https://www.mdpi.com/2227-9717/12/3/449>

Vysokoškolské učebnice vydané v SR

3. Biňasová, V., Gašo, M., Furmannová, B. (2024). Výrobné a montážne systémy. Vysokoškolská učebnica. 1. vydanie. EDIS, ISBN 978-80-554-2104-9, Žilina.

V roku 2023 –

Publikácie v zahraničných karentovaných časopisoch

1. Mičieta B., Biňasová V., Marčan P., Gašo M. (2023). Interfacing the control systems of enterpriselevel process equipment with a robot operating system. In: *Electronics*. ISSN 2079-9292 (online). Roč. 12, č. 18 (2023), s. [1-25]. Zaradené v: SCOPUS ; Current Content Connect; Web of Science Core Collection; Science Citation Index Expanded. Spôsob prístupu: <https://www.mdpi.com/2079-9292/12/18/3871>

Vedecké práce publikované v recenzovaných vedeckých časopisoch v zahraničí

2. Krajčovič M., Dulina Ľ., Biňasová V., Zuzik J. (2023). THE DESIGN OF ELEMENTS OF AN ADAPTIVE ASSEMBLY SYSTEM. In: *MM Science Journal*. ISSN 1803-1269 (print) and ISSN 1805-0476 (on-line), č. DECEMBER 2023 (2023), s. 7035-7041. Spôsob prístupu: <https://www.mmscience.eu/journal/issues/december-2023/articles/the-design-of-elements-of-an-adaptive-assembly-system>

3. Mičieta B., Howaniec H. Dulina Ľ., Zuzik J., Biňasová V. (2023). Indication, solution, prevention: a holistic approach to financial, industrial engineering, and business problem analysis. In: *Scientific Papers of Silesian University of Technology – Organization and Management Series*. ISSN 1641-3466. č. 187 (2023), s. 1-13. Spôsob prístupu: https://managementpapers.polsl.pl/?page_id=100

Vedecká monografia

4. D. Plinta, Ľ. Dulina. (2023). *Advanced Industrial Engineering*. (2023). Methods and tools in production engineering. Monograph. SCIENTIFIC PUBLISHER UNIVERSITY OF BIELSKO-BIALA, Bielsko-Biala, ISBN 978-83-67652-17-9, DOI: <https://doi.org/10.53052/9788367652179>.

V roku 2022 –

Publikácia v zahraničných karentovaných časopisoch

1. Vavřík V., Fusko M., Bučková M., Gašo M., Furmannová B., Štaffenová K. Designing of machine backups in reconfigurable manufacturing systems. In: *Applied sciences*. ISSN 2076-3417 - Roč. 12, č. 5 (2022), s. 1-27. Zaradené v: SCOPUS ; Current Content Connect; Web of Science Core Collection Spôsob prístupu: <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/5/2338>

Vedecké práce publikované v recenzovaných vedeckých časopisoch v zahraničí

2. Krajčovič M., Antoniuk I., Papánek L., Furmann R., Biňasová V. Bastiuchenko V. Procedure of applying the genetic algorithm for the creation of a production layout. In: *MM SCIENCE JOURNAL*. ISSN 1803-1269 (print), ISSN 1805-0476 (online). (2022), s. 6147-6155. Spôsob prístupu: <https://www.mmscience.eu/journal/issues/december-2022/articles/procedure-of-applying-the-genetic-algorithm-for-the-creation-of-a-production-layout>

V roku 2021 –

Publikácia v zahraničných karentovaných časopisoch

1. MIČIETA B. – STASZEWSKA J. – KOVALSKÝ M. – KRAJČOVIČ M. – BIŇASOVÁ V. – PAPÁNEK L. – ANTONIUK I. 2021. Innovative system for scheduling production using a combination of parametric simulation models. In: *Sustainability [electronic]*. ISSN 2071-1050 (online). Roč. 13, č. 17 (2021), s. [1-20] [online]. Zaradené v: Current Content Connect ; SCOPUS ; Web of Science Core Collection. Článok je dostupný na webovej stránke: <https://www.mdpi.com/2071-1050/13/17/9518>. Recenzované

Vedecká práca publikovaná v recenzovaných vedeckých časopisoch v zahraničí
2. MIČIETA B. – HOWANIEC, H. – BIŇASOVÁ V., KASAJOVÁ, M., FUSKO, M. 2021.
Increasing work efficiency in a selected company. In: European research studies journal.
ISSN: 1108-2976. Vol. XXIV, Special Issue 4, 2021. s. 601-620. Recenzované.

V roku 2020 –

Vedecké práce publikovaných v odborných časopisoch a zborníkoch v SR

1. MATYS, M. – KRAJČOVIČ, M. – GABAJOVÁ, G. – FURMANNOVÁ, B. – BURGANOVA, N.: Methodology of reating a virtual environment using the unity 3D game engine. In: Zborník TIABP 2020, Trendy a inovatívne prístupy v podnikových procesoch „2020“, roč. 23, Proceedings of the XXIII. International Scientific Conference, The area of the Herlany historical spa October 12th - 13th, 2020 – Košice. Článok je dostupný na webovej stránke: https://tiabp2019.sk/_files/200000060-2fbec2fbec/Zbornik-TIABP-2020_final.pdf

2. MIČIETA, B. – BIŇASOVÁ, V. – KASAJOVÁ M. – GABAJOVÁ, G. – FURMANNOVÁ, B. The Use of a Six-Level Model of Business Development in Practice. The 20th International Scientific Conference Globalization and its Socio-Economic Consequences 2020. Článok je dostupný na webovej stránke: https://www.shsconferences.org/articles/shsconf/abs/2021/03/shsconf_glob20_08014/shsconf_glob20_08014.html

Uplatnenie výsledkov projektu

Finálnym výstupom projektu je originálny integrovaný modulárny systém pre podporu konceptu digitálneho dvojčata závodu, využívajúci technológie digitálneho projektovania, simulácie a emulácie, virtuálnej a rozšírenej reality a snímania, zberu, spracovania a využívania údajov s využitím senzorov. Úzka spolupráca riešiteľských organizácií Katedry priemyselného inžinierstva a Asseco CEIT, a. s. zabezpečuje predpoklady pre efektívny transfer poznatkov získaných počas riešenia projektu a uplatnenie navrhnutého modulárneho systému v priemyselnej praxi.

Za hlavné prínosy projektu je možné považovať:

- vytvorenie nového produktu: navrhnutý integrovaný modulárny systém digitálneho dvojčata výrobného závodu, tvorený príslušnou softvérovou a hardvérovou platformou, reprezentuje jedinečné riešenie pre komplexné monitorovanie, riadenie a optimalizáciu výrobných a logistických procesov v inteligentnej výrobe,
- vývoj nových technológií: súčasťou riešenia projektu bol aj vývoj vlastných softvérových a hardvérových riešení pre oblasti digitálneho projektovania, monitorovania, zobrazovania a analýzu dát, simuláciu, emuláciu a optimalizáciu výrobných a logistických procesov a prezentáciu výstupov s využitím prostriedkov virtuálnej reality.

Navrhnutý modulárny systém digitálneho dvojčata prešiel dvojstupňovou verifikáciou (pilotné overenie v laboratórnych podmienkach, overenie v priemyselnej praxi). Systém je pripravený ako finálny produkt pre účely nasadenia v priemyselnej praxi s cieľom zvýšiť efektívnosť, kvalitu a adaptabilitu budúcich výrobných a logistických systémov na základe znalosti reálneho obrazu výrobných a logistických procesov interpretovaného prostredníctvom digitálneho dvojčata závodu.

Navrhnutý systém prepája reálny a virtuálny svet prostredníctvom štandardizovaného komunikačno-riadiaceho rozhrania a je určený pre všetky výrobné podniky, ktoré v zmysle Industry 4.0 / 5.0 prechádzajú transformáciou na inteligentné výrobné závody.

Využitelnosť systému v priemyselnej praxi deklarujú aj výsledky z pilotného overenia v priemyselnej praxi, ktoré boli realizované v spoločnosti Velux Commercial v Ostbirk Dánsko. V rámci testovania bol v uvedenej spoločnosti nasadený integrovaný modulárny systém digitálneho dvojčata, ktorý bol prepojený ako aj s výrobným systémom, tak aj s logistickým AGV systémom. Výsledky testovania preukázali plnú kompatibilitu a funkčnosť týchto systémov.

Prínosy z implementácie modulárneho systému je možné očakávať aj v podmienkach ďalších výrobných podnikov prechádzajúcich transformáciou na inteligentný priemysel. Implementácia systému digitálneho dvojčata garantuje zvýšenie kvality návrhu vlastného výrobného a logistického systému, zvýšenie efektívnosti a zníženie prevádzkových nákladov a predovšetkým nárast transparentnosti podnikových procesov a zvýšenie adaptability celého systému, ktorá je kľúčovou zložkou konkurencieschopnosti podniku v podmienkach kustomizovanej a personalizovanej výroby.

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

- Rozbor súčasného stavu realizovaný v oblastiach projektovania výrobných a logistických systémov, konceptu digitálneho dvojčata a podporných technológií pre tvorbu digitálneho dvojčata.
- Návrh metodiky pre projektovanie, riadenie a optimalizáciu adaptívnych výrobných a logistických systémov v koncepte digitálneho dvojčata továrne, ktorá zahŕňa: digitálne projektovanie inteligentných systémov, budovanie fyzického systému a prepojenie fyzického a digitálneho systému do spoločnej údajovej platformy.
- Návrh jednotlivých modulov integrovaného modulárneho systému digitálneho dvojčata výrobného závodu, ktorý zahŕňa modul pre zber, uchovávanie a spracovanie dát, modul pre tvorbu digitálneho parametrického modelu, modul pre plánovanie, riadenie a optimalizáciu výrobných a logistických procesov a dátové prepojenie reálneho a virtuálneho systému.
- Integrácia jednotlivých modulov prostredníctvom štandardizovaných komunikačných protokolov: V rámci realizácie boli prepojené moduly Digital Manager, Design Manager a Fleet Manager do jednej komunikačnej platformy. Uvedený koncept je postavený na platforme ELLA, ktorá bola vytvorená pre účely návrhu a testovania integrovaného modulárneho systému.
- Overenie navrhovaného integrovaného modulárneho systému v laboratórnych podmienkach (pilotné pracovisko vytvorené v rámci AT Parku) a podmienkach priemyselnej praxe (spoločnosť Velux Commercial, Ostbirk, Dánsko).

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

- Analysis of the current situation carried out in the areas of designing production and logistics systems, the concept of a digital twin and supporting technologies for the creation of a digital twin.
- Proposal of a methodology for the design, management and optimization of adaptive production and logistics systems in the concept of the digital twin of the factory, which includes: digital design of intelligent systems, building of the physical system and connecting the physical and digital system to a common data platform.
- The design of individual modules of the integrated modular system of the digital twin of the production plant, which includes a module for data collection, storage and processing, a module for the creation of a digital parametric model, a module for planning, management and optimization of production and logistics processes and data connection of real and virtual systems.
- Integration of individual modules through standardized communication protocols: As part of the implementation, the Digital Manager, Design Manager and Fleet Manager modules were linked into one communication platform. The mentioned concept is built on the ELLA platform, which was created for the purpose of designing and testing an integrated modular system.
- Verification of the proposed integrated modular system in laboratory conditions (pilot workplace created within the AT Park) and industrial practice conditions (Velux Commercial, Ostbirk, Denmark).