

Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-16-0283****Výskum a vývoj multikriteriálnej diagnostiky výrobných strojov a zariadení na báze implementácie metód umelej inteligencie**Zodpovedný riešiteľ **prof. Dr. Ing. Ivan Kuric**
Prijemca **Žilinská univerzita v Žiline - Strojnícka fakulta**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Žilinská univerzita v Žiline
Strojnícka fakulta
Katedra automatizácie a výrobných systémov

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

1. Poznań University of Technology (PUT) - prof. dr hab. inż. Stanisław Legutko - problematika merania presnosti polohovania výrobnéj techniky a analýza nepresnosti výrobných zariadení
2. Lublin University of Technology (LUT) - dr hab. inż. Paweł Drożdziel - problematika merania a monitorovania geometrických veličín na výrobných zariadeniach

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

Udelené patenty v rámci riešenia projektu:

1. Názov: Spôsob stabilizácie pre mobilné roboty
Číslo prihlášky: 120-2018
Dátum podania prihlášky: 26.10.2018
Dátum zverejnenia prihlášky: 04.05.2020

Podané patentové prihlášky v rámci riešenia projektu:

1. Názov: Zariadenie na uchopovanie bremién
Číslo prihlášky: 87-2020
Dátum podania prihlášky: 16.07.2020

Udelené úžitkové vzory v rámci riešenia projektu:

1. Názov: Spôsob stabilizácie pre mobilné roboty
Číslo prihlášky: 181-2018
Dátum podania prihlášky: 26.10.2018
Dátum zverejnenia prihlášky: 02.04.2019
2. Názov: Zariadenie na uchopovanie bremién
Číslo prihlášky: 87-2020
Dátum podania prihlášky: 16.07.2020
Dátum zverejnenia prihlášky: 13.01.2021

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

Publikácie v zahraničných karentovaných časopisoch:

1. KURIC, I. et al. 2017. Development of simulation software for mobile robot path planning within multilayer map system based on metric and topological maps. In International Journal of Advanced Robotic Systems [online]. 2017, vol. 14, no. 6. ISSN 1729-8814. pp. 1-14. Práca je zaradená v databázach Current Content Connect, Web of Science Core Collection a Scopus.

2. SÁGA, M. et al. 2020. Case study: Performance analysis and development of robotized screwing application with integrated vision sensing system for automotive industry. In International Journal of Advanced Robotic Systems [online]. 2020, vol. 17, no. 3. ISSN 1729-8814. pp. 1-23.

Práca je zaradená v databázach Current Content Connect, Web of Science Core Collection a Scopus.

3. KURIC, I. et al. I. 2020. Examination of industrial robot performance parameters utilizing machine tool diagnostic methods. In International Journal of Advanced Robotic Systems [online]. 2020, vol. 17, no. 3. ISSN 1729-8814. pp. 1–11. (JCR-Q4)

Práca je zaradená v databázach Current Content Connect, Web of Science Core Collection a Scopus.

4. KURIC, I. et al. 2021. Industrial Robot Positioning Performance Measured on Inclined and Parallel Planes by Double Ballbar. In Applied Sciences [online]. 2021, vol. 11, Issue 4, 1777. EISSN 2076-3417. pp. 1–17.

Práca je zaradená v databázach Current Content Connect, Web of Science Core Collection a Scopus.

5. CAR et al. 2021. Utilization of multilayer perceptron for determining the inverse kinematics of an industrial robotic manipulator. In International Journal of Advanced Robotic Systems [online]. 2021, vol. 18, Issue 4. ISSN 1729-8814. pp. 1-11.

Práca je zaradená v databázach Current Content Connect, Web of Science Core Collection a Scopus.

6. KURIC, I. et al. 2021. Analysis of diagnostic methods and energy of production systems drives, In Processes [online]. 2021, vol. 9, Issue 5, 843. EISSN 2227-9717. pp. 1-19.

Práca je zaradená v databázach Current Content Connect, Web of Science Core Collection a Scopus.

Vedecké práce publikované v recenzovaných vedeckých časopisoch v zahraničí:

1. KURIC, I. et al. 2018. Measurement of Industrial Robot Pose Repeatability. In Innovative Technologies in Engineering Production (ITEP 2018). MATEC Web of Conferences [online]. EDP Sciences. 2018, vol. 244, no. 01015. eISSN 2261-236X. 9 p.

Práca je zaradená v databázach Web of Science Core Collection a Scopus.

2. TLACH, V. et al. 2017. Determination of the Industrial Robot Positioning Performance. In 13th Modern Technologies in Manufacturing (MTeM 2017 - AMaTUC). MATEC Web of Conferences [online]. EDP Sciences. 2017, vol. 137, no. 01004. ISBN 978-2-7598-9027-9. 8 p.

Práca je zaradená v databázach Web of Science Core Collection a Scopus.

3. KURIC, I. et al. 2018. Technical Diagnostics at the Department of Automation and Production Systems. In International Conference on Intelligent Systems in Production Engineering and Maintenance. Springer, Cham, 2018. ISBN 978-3-319-97489-7, pp. 474-484.

Práca je zaradená v databáze Web of Science Core Collection a Scopus.

4. AKATOV, N., et al. 2019. Expert technology for risk management in the implementation of QRM in a high-tech industrial enterprise. In Management Systems in Production Engineering [online]. 2019, vol. 27, no. 4. ISSN 2450-5781. pp. 250-254.

Práca je zaradená v databázach eb of Science Core Collection a Scopus.

5. KURIC, I. et al. 2018. Diagnostics of the wire coating production line by implementation of computation methods. 2018. In 5th International Conference on Industrial Engineering and Applications (ICIEA) [online]. IEEE, 2018. ISBN 978-1-5386-5748-5, pp. 463-467.

Práca je zaradená v databázach Web of Science Core Collection a Scopus.

Uplatnenie výsledkov projektu

V strojárskej výrobe čoraz viac narastajú nároky na presnosť a všeobecne kvalitu súčiastok, vzhľadom na to, že tieto aspekty výrazne ovplyvňujú funkčné vlastnosti strojov a zariadení. S narastajúcimi nárokmi na presnosť produkcie, ako aj postupným fyzickým

opotrebovaním strojov, je nevyhnutné sledovať ich stav a stanovovať príčiny nepresnosti. Preto má diagnostika výrobných strojov a zariadení v dnešnej produkcii už svoje pevné miesto a je neoddeliteľnou súčasťou výroby v súvislosti s jej technickými a s tým súvisiacimi ekonomickými dopadmi na efektívnosť výroby. Výsledky monokriteriálnej diagnostiky majú vypovedajúcu hodnotu, ktorá je izolovaná len na sledovaný parameter výrobného zariadenia a jej výsledok má všeobecnejší záber. Strojárske výrobné podniky na Slovensku sú z hľadiska rozloženia portfólia odberateľov vo veľkej miere orientované na automobilový priemysel a s tým je aj spojená požiadavka ich odberateľov disponovať štandardmi definovanými normami ISO/TS 16949, ktorá má vysoké nároky na výsledok produkcie výrobných podnikov. Aj z toho dôvodu je veľmi prospešná multikriteriálna diagnostika. Na základe analýz jej výsledkov získajú výrobné podniky exaktné informácie o slabých miestach v procesoch výroby a návrhy riešenia existujúcich alebo predikovatelných problémov. Prístupy využívajúce nástroje diagnostiky neboli dodnes dostatočne rozpracované a o to menej rozšírené. Taktiež chýbajú špecifikácie ohľadne metodických postupov komplexnej progresívnej diagnostiky a nie sú dostatočne objasnené vzťahy medzi presnosťou a technickým stavom výrobných techník a kvalitou súčiastok definovanou jednotlivými jej parametrami. A práve táto problematika bola predmetom aplikovaného výskumu riešeného projektu APVV-16-0283. Zámer projektu vznikol na základe priamych požiadaviek výrobných podnikov na vývoj a aplikáciu diagnostických prostriedkov, ktoré by umožňovali sledovať proces výroby ako celok a disponovali by potrebnými nástrojmi slúžiacimi na spracovanie získaných údajov. Záujem o výsledky riešenia prejavili podniky s automatizovanými výrobnými linkami, kde sledovanie izolovaných parametrov v súčasnosti neprináša žiadateľnú požiadavku na zachovanie presnosti výrobných liniek (napríklad VIPO, a.s.), ako aj renomované zahraničné pracoviská, kde je problematika diagnostiky výrobných strojov a zariadení častokrát riešená meraním, analyzovaním a vyhodnocovaním jedného, respektíve dvoch až troch izolovaných parametrov, bez hľadania súvislostí medzi nimi vzhľadom na výsledné parametre presnosti výrobného zariadenia (Poznań University of Technology, Lublin University of Technology).

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

Projekt aplikovaného výskumu č. APVV-16-0283 bol orientovaný na výskum v oblasti viacparametrickej diagnostiky výrobných zariadení. Zámerom projektu bolo využiť multiparametrický prístup, ktorý umožňuje komplexné a nedeštruktívne diagnostikovanie výrobných techník prostredníctvom zberu a pomerne rýchlej analýzy získaných údajov. Na základe požiadaviek strojárskych výrobných podnikov sa riešiteľskému kolektívu podarilo vyvinúť technické prostriedky a analytické nástroje, ktoré umožňujú realizovať v podmienkach výrobných systémov multikriteriálnu diagnostiku vybraných parametrov, ktorých hodnoty charakterizujú stav výrobného systému v požadovanom pohľade. Počas riešenia projektu výskumu bola vykonaná séria meraní v produkčnom prostredí, čím sa jednoznačne potvrdila absencia nástroja na plánovanú aplikáciu systému viackriteriálnej diagnostiky výrobných zariadení. Z tohto dôvodu riešiteľský kolektív zabezpečil vytvorenie komplexnej hardvérovej platformy určenej na výkon multiparametrickej diagnostiky a následne boli špecifikované metódy, parametre a kritériá potrebné pre posudzovanie viackriteriálnej diagnostiky výrobných techník. Riešiteľský kolektív spracoval fundamentálne matematické modely interpretujúce stav monitorovanej výrobných techník a javy dejúce sa v procese výroby. Boli vyvinuté on-line aj off-line metodiky výkonu multikriteriálnej diagnostiky a súčasne s ich vývojom riešiteľský kolektív vyvinul príslušný softvér na spracovanie a vyhodnotenie dát multikriteriálnej diagnostiky. V závere riešenia projektu boli vytvorené predikčné modely produkčného procesu a úspešne vykonané príslušné verifikačné testy.

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

The applied research project no. APVV-16-0283 was focused on a research in the field of multi-parametric diagnostics of production equipment. The aim of the project was to use a multiparametric approach, which enables comprehensive and non-destructive diagnostics of a production technology through the collection and relatively fast analysis of the obtained data. Based on requirements of manufacturing companies, the research team managed to develop technical means and analytical tools that allow to implement, in conditions of

production systems, the multi-criteria diagnostics of selected parameters, whose values characterize the state of the production system in the required view. During the solution of the research project, a series of measurements was performed in the production environment, which clearly confirmed the absence of a tool for the planned application of the multi-criteria diagnostics system of production equipment. For this reason, the research team ensured the creation of a comprehensive hardware platform designed to perform multi-parametric diagnostics, and subsequently methods, parameters and criteria necessary for the assessment of multi-criteria diagnostics of production technology were specified. The research team developed fundamental mathematical models interpreting the state of the monitored production technology and the phenomena occurring in the production process. Both on-line and off-line methodologies for multi-criteria diagnostics were developed, and at the same time as their development, the research team developed the appropriate software for the processing and evaluating multi-criteria diagnostics data. At the end of the project solution, prediction models of the production process were created and relevant verification tests were successfully performed.