

Summary of the doctoral dissertation

titled: *The application of Computational Intelligence and decision support methods in production systems*

(in Polish: *Zastosowanie metod inteligencji obliczeniowej i wspomagania decyzji w systemach produkcyjnych*)

Tomasz Mączka, MSc

The scope of the dissertation is aimed at production process diagnostics carried out by the use of computer science technologies and tools in the field of management aspects and technological processes.

In the dissertation the hardware and software architecture, based on factory automation hardware and software tools, for monitoring and diagnostic system, was suggested. The application of the architecture for effectiveness monitoring of production processes performed in the Gaweł Zakład Produkcji Śrub S. A. (GZPŚ) company was presented. Implementation procedure for monitoring and diagnostic systems with Matlab and Simulink models and automatic code generation tools for real-time subsystem layer of Programmable Automation Controllers or industrial computers was proposed.

On the basis of data collected in GZPŚ, automatic analysis method of cold forging process effectiveness was devised. Association rules, decision trees, rule-based fuzzy systems and Gene Expression Programming were applied. The discovered knowledge was presented in the form of fully comprehensive rules, integrating several IT systems data.

New methodology for technological processes diagnostics based on novelty detection methods and one-class classifiers was suggested. The three new diagnostic system structures were devised. The known in literature one-class classifiers evaluation method, was enhanced by a new procedure of training and testing sets generation as well as by dedicated classification quality assessment indicator which encompasses imbalanced datasets. Constructing and quality assessment procedure of diagnostic systems which includes selection of the lowest possible feature number (defining the number of required sensors to be installed) was devised. The methodology was practically verified for two machining problems, i.e. spindle imbalance prediction and diagnostics of drilling process. The experiments were conducted on Haas VM-3 CNC machine in HTEC HFO laboratory at Rzeszów University of Technology.

The dedicated software tools were developed in Python and C# languages for implementation of technological processes diagnostics methodology. The dedicated scripts and projects for Matlab/Simulink software, intended for performing experiments in real-time, were prepared. Software tools for integration and preparation of data necessary for cold forging process effectiveness analysis were developed in Python and Java languages.

The dissertation consists of five chapters and three appendixes. The chapters include: (1) literature review and description of the state-of-the-art for the research problems included in the dissertation, (2) concept of hardware and software architecture for monitoring and diagnostic system intended for production processes, (3) presentation of methods and results of automated knowledge discovery related to efficiency of cold forging process, (4) discussion of methodology for creating diagnostic systems intended for technological processes, with a proofs of concepts for two problems in the area of machining, (5) conclusions, where main results of the dissertation are summarized and directions for future research are proposed.

Tomasz Mączka

Streszczenie rozprawy doktorskiej

pt. *Zastosowanie metod inteligencji obliczeniowej i wspomagania decyzji w systemach produkcyjnych*

mgr inż. Tomasz Mączka

Zakres rozprawy obejmuje problematykę diagnostyki procesów produkcyjnych, realizowanej przy pomocy narzędzi i technik informatycznych, w obszarze aspektów organizacyjnych oraz realizacji procesów obróbkowych.

W pracy zaproponowano architekturę sprzętowo-programową dla systemu monitorująco-diagnostycznego, bazującą na sprzęcie i oprogramowaniu automatyki przemysłowej. Przedstawiono zastosowanie architektury do monitorowania efektywności procesów produkcyjnych realizowanych w przedsiębiorstwie Gaweł Zakład Produkcji Śrub S.A. (GZPŚ). Zaproponowano procedurę implementacji systemów monitorująco - diagnostycznych przy pomocy narzędzi automatycznego generowania kodu z modeli Matlab/Simulink dla warstwy podsystemu czasu rzeczywistego sterownika PAC (Programmable Automation Controller) lub komputera przemysłowego.

Na podstawie danych zarejestrowanych w GZPŚ opracowano rozwiązania informatyczne dla automatycznego wnioskowania o efektywności procesu kucia na zimno. Zastosowano reguły asocjacyjne, drzewa decyzyjne oraz regułowe systemy rozmyte i programowanie ekspresji genów (Gene Expression Programming). Pozyskaną wiedzę zaprezentowano w formie łatwo interpretowalnych reguł, integrujących dane z kilku systemów informatycznych.

Zaproponowano nową metodykę diagnostyki procesów technologicznych, bazującą na metodach detekcji nowości i klasyfikatorach jednoklasowych. Opracowano trzy nowe struktury systemów diagnostycznych. Rozszerzono znany z literatury sposób oceny działania klasyfikatorów jednoklasowych o nową procedurę generowania zbiorów uczących i testowych oraz specjalizowany wskaźnik oceny jakości klasyfikacji, uwzględniający niebalansowanie danych uczących. Opracowano procedurę budowy i oceny jakości działania systemów diagnostycznych, z uwzględnieniem doboru najmniejszej liczby wymaganych cech (tym samym określenie liczby koniecznych do zainstalowania na obiekcie czujników) i najmniejszego rozmiaru zbioru uczącego. Metodykę zweryfikowano praktycznie dla dwóch problemów diagnostyki obróbki skrawaniem, tj. niewyważenia układu wrzeciono-narzędzie oraz procesu wiercenia. Eksperymenty przeprowadzono na maszynie Haas VM-3 w laboratorium HTEC HFO Politechniki Rzeszowskiej.

Opracowano oprogramowanie w języku Python i C# stanowiące implementację proponowanej metodyki doboru systemów diagnostycznych. Dla pakietów Matlab i Simulink, przygotowano skrypty i projekty służące do realizacji eksperymentów w czasie rzeczywistym. W języku Python oraz Java opracowano oprogramowanie realizujące integrację i przygotowanie danych dla eksperymentów pozyskiwania wiedzy o procesie kucia na zimno.

Rozprawa składa się z pięciu rozdziałów i trzech dodatków. Rozdziały zawierają kolejno: (1) omówienie stanu wiedzy i przegląd literatury dla podjętych problemów badawczych, (2) przedstawienie architektury sprzętowo-programowej dla systemów monitorowania i diagnozowania procesów produkcyjnych, (3) zaprezentowanie metod i rezultatów automatycznego wnioskowania o efektywności procesu kucia na zimno (4) omówienie metodyki konstruowania systemów diagnostycznych dla procesów technologicznych oraz wyników badań dotyczących jej zastosowania w przypadku dwóch problemów związanych z obróbką skrawaniem, (5) podsumowanie, ze wskazaniem głównych uzyskanych rezultatów oraz kierunków dalszych prac badawczych.

Tomasz Mączka