

ANDRZEJ KAMIŃSKI¹

Badania przemysłowe związane z zastosowaniem technologii systemów inżynierii wiedzy oraz rozwiązań klasy Business Intelligence w procesach diagnostycznych

1. Wprowadzenie – zastosowanie systemów inżynierii wiedzy w diagnostyce przemysłowej

W krajach Unii Europejskiej prowadzone są badania związane z zastosowaniem systemów inżynierii wiedzy w naukach technicznych oraz szeroko rozumianej ekonomii i zarządzaniu. W badaniach tych przyjmuje się za pewnik, że jakościową przewagą w technologii komputerowej można przełożyć na gospodarczą przewagę kraju.

System ekspercki jest to program komputerowy, który w ściśle określonej dziedzinie sugeruje rozwiązania pewnych problemów w sposób tak kompetentny, jak człowiek – ekspert, a przy tym może wyjaśniać zasady uzyskania tej ekspertyzy oraz korzystać z informacji, niedokładnych, niepełnych lub niepewnych, zarówno numerycznych, jak i symbolicznych. Głównym celem projektowania systemów eksperckich jest rozwiązywanie problemów poprzez porównanie bieżącej sytuacji ze zgromadzoną i usystematyzowaną wiedzą ekspertów na temat problemu o podobnych symptomach, mającego miejsce w przeszłości oraz wnioskowanie, na tej podstawie, o możliwościach jego rozwiązania. Wykształcenie specjalisty jest kosztowne i czasochłonne, wymaga wielu lat nauki i praktyki. Kosztowne jest również wykonanie profesjonalnej ekspertyzy. System ekspercki, dysponujący zapisaną wiedzą eksperta lub grupy ekspertów z wybranej dziedziny, może używać jej wielokrotnie w sposób ekonomicznie i organizacyjnie efektywny.

Celem zastosowania technologii systemów eksperckich w procesie zarządzania daną organizacją i kontrolowania zachodzących w niej procesów jest

¹ Szkoła Główna Handlowa w Warszawie, Kolegium Analiz Ekonomicznych, Instytut Informatyki i Gospodarki Cyfrowej.

pozyskanie wyspecjalizowanej wiedzy i doświadczeń menadżerów poszczególnych przedsiębiorstw, branż i gałęzi przemysłu oraz zespołu analityków biznesowych, a następnie zastosowanie tej wiedzy w procesie rozwiązywania indywidualnych problemów decyzyjnych zarządzania. Wiedzę zgromadzoną przez systemy eksperckie można efektywnie wykorzystać przy rozwiązywaniu problemów związanych m.in. z: oceną kwalifikacji oraz szkoleniem personelu, diagnostyką obiektów technicznych, monitorowaniem procesów produkcyjnych.

Systemy eksperckie poszerzają zakres zastosowania konwencjonalnych systemów informatycznych wspomagających zarządzanie, przyczyniając się do bardziej efektywnego i sprawniejszego procesu podejmowania decyzji na różnych szczeblach kierowniczych.

W artykule zostały przedstawione rezultaty programu badań przemysłowych, którego celem było opracowanie założeń funkcjonalnych oraz implementacja prototypu tzw. „inteligentnego” systemu informatycznego, wspomagającego wielokryterialną analizę i ocenę procesów produkcyjnych i środowiskowych, w szczególności maszyn, urządzeń i stanowisk pracy.

Strategiczny Program Badawczy Unii Europejskiej ETPIS (*European Technology Platform „Industrial Safety”*) wskazuje na potrzebę znaczącej redukcji wypadków przy pracy w przemyśle, poważnych awarii przemysłowych oraz negatywnego wpływu przemysłu na środowisko. Główne kierunki badań naukowych przyjętych do realizacji przez ETPIS to m.in.: analiza i ocena ryzyk zawodowych, niezawodność i bezpieczeństwo konstrukcji przemysłowych, organizacja pracy na stanowisku roboczym i zarządzanie kapitałem ludzkim, bezpieczeństwo pracy i eksploatacji maszyn, zarządzanie środowiskiem pracy².

W Polsce kwestie związane z zarządzaniem bezpieczeństwem i środowiskiem nadal postrzegane są głównie przez pryzmat coraz bardziej skomplikowanych przepisów i wynikających z nich obowiązków dla przedsiębiorców³. Stwierdzono również, że krajowe przedsiębiorstwa napotykać liczne trudności we wdrażaniu systemów zarządzania środowiskowego zgodnie z ISO 1400⁴. Do kluczowych trudności zalicza się: złożoność metodologii audytu środowiskowego, interdyscyplinarność dziedziny, w tym odwołania do licznych krajowych i międzynarodowych norm, aktów prawnych i regulacji branżowych, brak tzw. operacyjnych

² <http://www.industrialsafety-tp.org> [dostęp 5.11.2017].

³ *Zintegrowane zarządzanie środowiskiem dla polskich małych i średnich przedsiębiorstw MSP*. Projekt badawczy LIFE 04 ENV/PL/000673, Fundacja Partnerstwo dla Środowiska.

⁴ A. Matuszak-Flejszman, *Wdrażanie systemu ek zarządzenia i audytu (EMAS) w urzędach administracji rządowej*, Kancelaria Prezesa Rady Ministrów, Warszawa 2011.

technik i narzędzi diagnostycznych, a także stosunkowo długi czas realizacji procedury oraz wysokie koszty pracy zespołu ekspertów.

Brak zintegrowanych rozwiązań w obszarze zarządzania produkcją, bezpieczeństwem i środowiskiem pracy prowadzi do wymiernych strat ekonomicznych i społecznych. W 2014 r. odnotowano wzrost zarówno liczby, jak i kosztu odszkodowań przysługujących z tytułu wypadków przy pracy. Liczba tego rodzaju świadczeń wyniosła 27,5 tys. (w tym 73,4% to świadczenia na rzecz firm sektora prywatnego), natomiast ich koszt kształtował się na poziomie 103,2 mln zł (w tym 75,4% przypadało na firmy sektora prywatnego). Odszkodowania z tytułu wypadków przy pracy stanowiły 96,3% ogółu zrealizowanych odszkodowań, a przeznaczono na nie 90,4% wypłaconej kwoty. Średni koszt świadczeń wypłaconych z tytułu wypadków przy pracy wyniósł 3990 zł⁵.

Odnosząc się do dokumentu programowego „Strategia. Bezpieczeństwo Energetyczne i Środowisko – perspektywa do 2020 r.”⁶ należy podkreślić, że poprawa stanu bezpieczeństwa i ochrony zdrowia może spowodować zmniejszenie kosztów ponoszonych przez przedsiębiorstwo, wpływając równocześnie na zwiększenie konkurencyjności polskiej gospodarki.

Program badań przemysłowych może stanowić integralny element prac związanych z opracowaniem modelu tzw. inteligentnej fabryki (*Smart Factory*), zgodnie z koncepcją Przemysłu 4.0. Przyjmuje się, że pojęcie „inteligentna fabryka” obejmie również integrację i automatyzację planowania, sterowania i monitorowania procesów technologicznych i środowiskowych, a także zastosowanie metod i technik sztucznej inteligencji oraz rozwiązań klasy Business Intelligence i Big Data w diagnostyce przemysłowej⁷.

2. Analiza i ocena możliwości zastosowania metod klasycznych w diagnostyce przemysłowej

Misją inteligentnego systemu informatycznego wspomagającego procedury diagnostyki przemysłowej jest wyszukiwanie tzw. „wąskich gardeł” w procesie technologicznym, organizacji linii produkcyjnych i stanowisk pracy (procedura

⁵ *Wypadki przy pracy w 2014 r.*, GUS, Warszawa 2015.

⁶ *Strategia. Bezpieczeństwo Energetyczne i Środowisko – perspektywa do 2020 r.*, Ministerstwo Gospodarki, Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2014.

⁷ H. Lasi, P. Fettke, H. Kemper, T. Feld, M. Hoffmann, *Industry 4.0*, „Business & Information Systems Engineering” 2014, no. 6, s. 239–242.

diagnostyczna) oraz sygnalizowanie racjonalnych kierunków modyfikacji i usprawnień stanu istniejącego (prognoza działań korygujących).

Diagnostyka techniczna zajmuje się oceną stanu maszyny lub urządzenia technicznego poprzez badanie własności procesów roboczych oraz procesów pomocniczych, a także poprzez badanie własności produkowanych wyrobów⁸.

Na podstawie przeglądu literatury przedmiotu, klasycznych metod analizy i oceny obiektów technicznych (maszyn, urządzeń i stanowisk pracy) można umownie wyodrębnić dwa, wzajemnie niezależne, nurty badawcze: metody analityczne (np. badania ankietowe, listy kontrolne) oraz metody ilościowe (np. metody wskaźnikowe, procedury atestacji maszyn i urządzeń).

Metody analityczne, mimo dość powszechnego stosowania dzięki prostocie i stosunkowo łatwemu opracowaniu w fazie przygotowania badań, wykazują dużo istotnych wad i niedogodności w zakresie interpretacji wyników badań. Zbiór uzyskanych ocen stanowi obszerną mieszaninę informacji nieuporządkowanych zarówno ze względu na ważność, jak i możliwość podjęcia działań o charakterze modernizacyjno-korygującym i ich skuteczność. Na podkreślenie zasługuje jednak istotna zaleta metod analitycznych, polegająca na możliwości szybkiego uzyskania podstawowego zbioru informacji o badanym obiekcie technicznym przy wykorzystaniu minimalnej specjalistycznej bazy badawczej. Zastosowanie metod ilościowych pozwala na określenie poziomu jakości badanego obiektu technicznego w sposób wymierny i umożliwiający budowę harmonogramów działań o charakterze modernizacyjno-korygującym.

Badania realizowane za pomocą metod ilościowych mogą być prowadzone wyłącznie przez osoby posiadające wszechstronne przygotowanie w zakresie diagnostyki technicznej, co jest podyktowane koniecznością ustalenia hierarchii ważności poszczególnych czynników podlegających ocenie oraz sformułowania kryteriów i sposobów oceny.

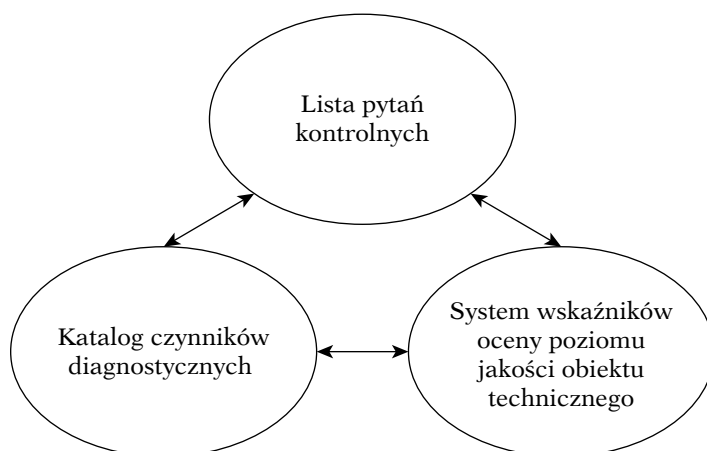
Wąskim gardłem metod ilościowych jest proces zbierania informacji – pracochłonne, czasochłonne i kosztowne badania (pomiaru aparaturowe, obserwacje ciągłe, wywiady kierowane itp.) oraz brak możliwości szybkiego i efektywnego diagnozowania jednocześnie w wielu jednostkach organizacyjnych przedsiębiorstwa (badania prowadzone wyłącznie przez zespół ekspertów). Ostateczny wynik badań (ustalenie poziomu jakości obiektu technicznego) nie w pełni posiada cechy oceny absolutnej z uwagi na subiektywizm oceny osób wchodzących w skład zespołu badawczego.

⁸ J. Lipski, *Diagnostyka procesów wytwarzania*, Politechnika Lubelska, Lublin 2013.

Na podstawie, z konieczności krótkiej, charakterystyki metod klasycznych, można wnioskować, że dotychczasowe rozwiązania nie spełniają w sposób kompleksowy wymogów i potrzeb prowadzenia efektywnej diagnozy w dużych i nowoczesnych przedsiębiorstwach przemysłowych.

Na tle zarysowanej sytuacji można sformułować tezę, że nowoczesna diagnostyka przemysłowa wymaga opracowania rozwiązań łączących pozytywne cechy: metod o charakterze analitycznym (proces zbierania informacji na drodze dialogu z użytkownikiem) oraz metod ilościowych (budowa funkcjonalnych modeli matematycznych w celu dalszego przetwarzania uzyskanych informacji). W diagnostyce przemysłowej uzasadnione jest przeniesienie punktu ciężkości z zakresu projektowania tzw. narzędzi diagnostycznych (czynniki, kryteria, sposoby oceny itp.), specyficznych dla potrzeb danego przedsiębiorstwa lub branży przemysłowej, na opracowanie rozwiązań o charakterze uniwersalnym, tzn. metod i technik analizy i oceny dostosowanych do zmiennych w czasie aktów normatywnych i aktualnych badań empirycznych, wynikających z wprowadzania nowych technologii, modernizacji linii produkcyjnych, maszyn, urządzeń i stanowisk pracy.

Koncepcja metodyczna realizacji inteligentnego systemu wspomagającego procedury diagnostyki przemysłowej zakłada opracowanie rozwiązań mających na celu syntezę klasycznych metod i procedur badawczych oraz wykorzystanie trzech podstawowych instrumentów: listy pytań kontrolnych, katalogu czynników diagnostycznych oraz wskaźników oceny poziomu jakości obiektu technicznego.



Rysunek nr 1. Koncepcja syntezy klasycznych metod i procedur diagnostyki przemysłowej

Źródło: opracowanie własne

Lista pytań kontrolnych pozwala na uzyskanie szybkiego i bogatego zbioru informacji o badanym obiekcie technicznym przy wykorzystaniu minimalnej specjalistycznej bazy badawczej.

Katalog czynników diagnostycznych umożliwia kategoryzację wiedzy, faktów diagnostycznych i metod pomiaru w oparciu o uprzednio opracowane kryteria, mierniki i sposoby oceny.

System wskaźników oceny poziomu jakości obiektu technicznego daje możliwość określenia poziomu jakości obiektu technicznego w sposób wymierny i umożliwiający budowę harmonogramów działań o charakterze modernizacyjno-korygującym.

Zastosowanie systemów inżynierii wiedzy umożliwia wykorzystanie dużego, praktycznego dorobku metod klasycznych w zakresie projektowania tzw. narzędzi diagnostycznych (czynniki, kryteria, sposoby oceny itp.) oraz elastyczności i podatności na zmiany dzięki przyjętej regułowo-ramowej konwencji reprezentacji wiedzy. Konstrukcja baz wiedzy umożliwi adaptację istniejących już rozwiązań normatywnych, literaturowych lub empirycznych do specyfiki i potrzeb działających przedsiębiorstw, branż i gałęzi przemysłu.

Inteligentny system wspomagający procedury diagnostyki przemysłowej może stanowić efektywną formułę syntezy omówionych metod badawczych, a dzięki zastosowaniu metod inżynierii wiedzy (komputerowe wspomaganie procesu wnioskowania) – tworzyć zupełnie nową jakość w dziedzinie diagnostyki obiektów technicznych.

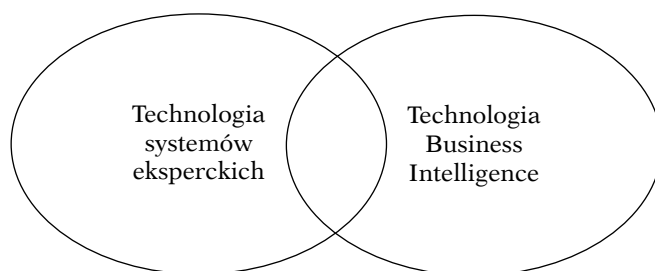
3. Koncepcja metodyczna procedury komputerowo wspomaganej diagnostyki przemysłowej

Celem programu badań przemysłowych było opracowanie metody komputerowo wspomaganej diagnostyki obiektów technicznych (maszyn, urządzeń i stanowisk pracy) oraz opracowanie technologii komputerowego zapisu i przetwarzania procedur diagnostycznych z wykorzystaniem współczesnych narzędzi inżynierii wiedzy oraz rozwiązań klasy Business Intelligence.

Rezultatem programu badawczego było opracowanie rozwiązań technologicznych, aplikacyjnych i systemowych ukierunkowanych na integrację systemów eksperckich oraz technologii Business Intelligence.

System ekspercki, wykorzystywany w diagnostyce przemysłowej, będzie generował wnioski, stwierdzenia i konkluzje dotyczące badanego obiektu

technicznego. Proces komputerowo wspomaganej diagnostyki przemysłowej będzie obejmował: analizę i ocenę stanu istniejącego, wnioskowanie o przyczynach dysfunkcji badanego obiektu technicznego oraz propozycję rozwiązania określonych problemów o charakterze techniczno-organizacyjnym. Komputerowe wspomaganie procedur diagnostycznych z wykorzystaniem technologii systemów eksperckich będzie gwarantować: rzetelność i obiektywizm oceny opartej na przepisach normatywnych, możliwość realizacji przy minimalnej, specjalistycznej bazie badawczej oraz prosty sposób zapisu, dający szybką informację, wspomagającą procesy decyzyjne w działaniach modernizacyjnych.



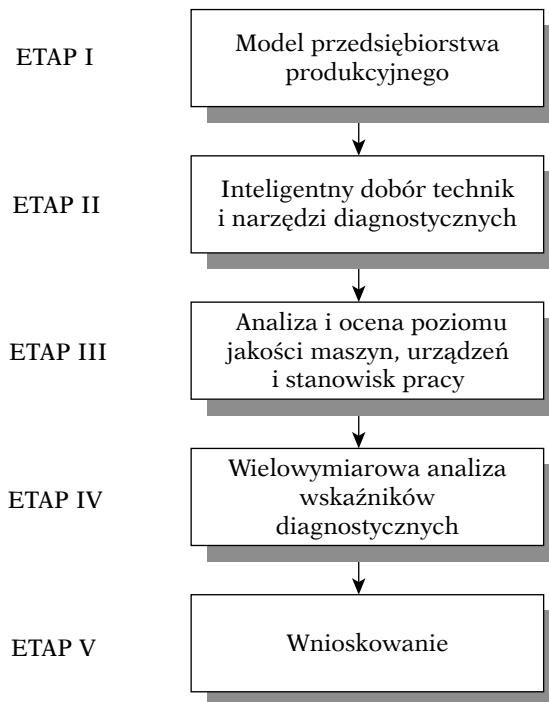
Rysunek nr 2. Integracja technologii systemów eksperckich oraz technologii Business Intelligence na potrzeby komputerowego wspomaganie procedur diagnostyki przemysłowej

Źródło: opracowanie własne

Do opracowania wielowymiarowego systemu informacji diagnostycznej została wykorzystana platforma Business Intelligence. Istotą proponowanego rozwiązania jest transformacja statycznych wolumenów danych diagnostycznych pochodzących z list kontrolnych, formularzy i arkuszy ocen w model wielowymiarowy, umożliwiający ich przetwarzanie, analizę i prezentację w ujęciu dynamicznym w odniesieniu do uprzednio zdefiniowanej struktury przedsiębiorstwa przemysłowego. Przykładowo, rozwiązanie to umożliwia określenie wymiernych, ekonomicznych strat wynikających z absencji chorobowej spowodowanej niekorzystnymi warunkami pracy (hałas, oświetlenie, mikroklimat). Wielowymiarowe modelowanie poszczególnych zdarzeń gospodarczych zachodzących w przedsiębiorstwie przemysłowym może być efektywnie realizowane w odniesieniu do zakładu, wydziału, linii technologicznej czy też grupy stanowisk pracy. Uzyskanie miarodajnych i precyzyjnych statystyk i raportów możliwe jest dzięki komputerowej ewidencji procesów produkcyjnych oraz procesów pracy. Przykładowo, możliwe jest zaplanowanie zadań roboczych dla pracowników z uwzględnieniem czynności produkcyjnych, technologicznych

i pomocniczych, ich rotacji pomiędzy poszczególnymi stanowiskami, a także zmienności pracy. Wysoki poziom granulacji danych w systemie umożliwia zatem analizę danych faktograficznych związanych z rzeczywistym obciążeniem pracowników w procesach pracy z uwzględnieniem wymagań ergonomii, bezpieczeństwa i optymalizacji pracy.

W ramach programu badań przemysłowych zostały opracowane wielowymiarowe modele analityczne, za pomocą których możliwe jest badanie oddziaływania czynników technologicznych i środowiskowych na wydajność pracy. Z kolei moduł ekspercki należy zastosować w celu uzyskania rozszerzonego opisu badanego zjawiska – oceny jakościowej (słownej), sformułowanej dla obliczonych agregatów (wartości statystycznych oraz wskaźników diagnostycznych), interpretacji znaczenia, identyfikacji powiązań i zależności pomiędzy różnymi kategoriami danych diagnostycznych (na podstawie informacji uzyskanej na drodze dialogu systemu eksperckiego z użytkownikiem) oraz opisu wpływu mierzonych parametrów technologicznych i środowiskowych na funkcjonowanie badanego procesu produkcyjnego.



Rysunek nr 3. Procedura komputerowo wspomaganego diagnostyki przemysłowej

Źródło: opracowanie własne

W ujęciu szczegółowym procedura komputerowo wspomaganej diagnostyki obiektów technicznych (maszyn, urządzeń i stanowisk pracy) z wykorzystaniem technologii systemów inżynierii oraz rozwiązań klasy Business Intelligence obejmuje pięć, wzajemnie zintegrowanych, etapów przedstawionych na rysunku nr 3.

Etap I – model przedsiębiorstwa produkcyjnego. Celem tego procesu jest utworzenie tzw. wirtualnych linii produkcyjnych oraz komputerowy zapis parametrów maszyn, urządzeń i stanowisk pracy. Przewidziano możliwość tworzenia zakładów, wydziałów, gniazd i komórek produkcyjnych oraz innych, definiowalnych struktur organizacyjnych. W procesach produkcyjnych kluczową rolę odgrywa czynnik ludzki, dlatego też w systemie informatycznym rejestrowane będą dane osobowe pracowników przypisanych do poszczególnych stanowisk pracy, z uwzględnieniem zadań i czynności roboczych, zmienności oraz rotacji. Ponadto prowadzona będzie ewidencja wypadków, chorób zawodowych, a także innych uciążliwości procesu pracy. Na podstawie danych, dotyczących m.in. organizacji procesów produkcyjnych, wyposażenia stanowisk pracy i organizacji pracy możliwe będzie badanie przyczynowo-skutkowych związków pomiędzy oddziaływaniem czynników technologicznych i środowiskowych na organizm ludzki a jakością i wydajnością pracy, wypadkowością oraz absencją spowodowaną chorobami zawodowymi.

Etap II – inteligentny dobór technik i narzędzi diagnostycznych. Badanie diagnostyczne inicjuje adaptacja zapisanych w systemie procedur diagnostycznych do specyfiki danego przedsiębiorstwa, m.in. poprzez ustalenie zbioru czynników badawczych (filtrowanie baz wiedzy), sformułowanie zakresu i kryteriów oceny tych czynników oraz dobór metod i technik pomiaru. W ujęciu szczegółowym przewidziano możliwość indywidualnego przypisania czynników badawczych do poszczególnych obiektów technicznych (maszyn, urządzeń i stanowisk pracy) w zależności od specyfiki procesów technologicznych i wytwórczych, a także możliwość zdefiniowania zakresu badania diagnostycznego, np. badanie wpływu czynników materialnego środowiska pracy oraz warunków pracy na pracowników zatrudnionych przy pracach mechaniczno-lakierniczych.

Etap III – analiza i ocena poziomu jakości maszyn, urządzeń i stanowisk pracy. Inteligentna diagnoza polega na odpowiednim zastosowaniu wiedzy zapisanej w systemie w postaci reguł wnioskowania i uporządkowanej w hierarchicznej strukturze ramowej do znanych, pozyskanych na drodze dialogu z użytkownikiem faktów. Mechanizm wnioskowania heurystycznego odpowiedzialny jest za właściwe zastosowanie wiedzy zawartej w systemie (rozumowanie w przód lub wstecz). Sekwencyjny proces rozumowania, polegający na uaktywnianiu kolejnych reguł wnioskowania, prowadzony jest aż do momentu, gdy

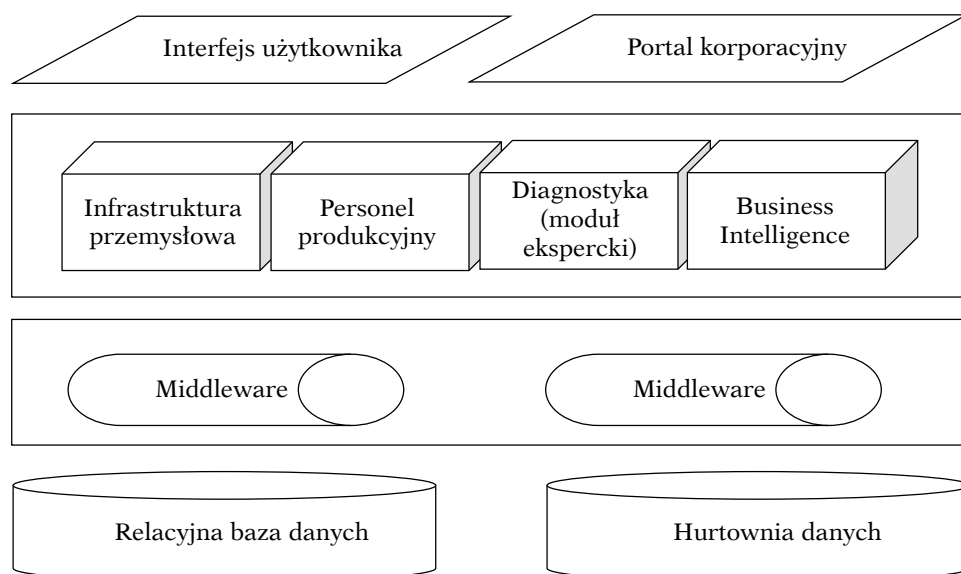
system znajdzie oczekiwany wynik ekspertyzy, który stanowić może identyfikacja „wąskich gardeł” w organizacji procesu produkcyjnego oraz sformułowanie oceny o charakterze jakościowym (opisowym) i punktowym (ilościowym) stanu badanego obiektu technicznego. Z kolei za uzasadnienie wygenerowanej przez system diagnozy odpowiedzialny jest interpretator reguł wnioskowania – komponent, którego zadaniem jest koordynacja i zapewnienie sprawnego wykorzystania bazy wiedzy.

Etap IV – wielowymiarowa analiza wskaźników diagnostycznych. Jest to porównanie (określenie odchyłeń i dystansu) z innymi podobnymi przedsiębiorstwami lub stanem uznanym za normatywny. W procesie diagnozowania poziomu jakości maszyn, urządzeń i stanowisk pracy zapis pomiarów i wyników ekspertyzy umożliwia prowadzenie wielowymiarowej analizy porównawczej, np. przyjęcie wyników badań z okresu t_0 jako bazowych, a następnie porównanie z wynikami badań diagnostycznych w kolejnych okresach: $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$, co pozwala na ocenę stopnia poprawy warunków pracy, jakości produkowanych wyrobów, trafności podjętych działań naprawczych itp.

Etap V – wnioskowanie. Za pomocą wielowymiarowych modeli analitycznych możliwe jest badanie oddziaływania czynników technologicznych i środowiskowych na wydajność pracy oraz psychofizyczne cechy pracowników zatrudnionych w przedsiębiorstwach przemysłowych. Przykładowo, ustalenie zależności pomiędzy oddziaływaniem czynników materialnego środowiska pracy na organizm człowieka a liczbą wypadków przy pracy i zwolnień chorobowych możliwe jest na podstawie pełnego „obrazu” danych diagnostycznych zapisanych w centralnej hurtowni danych. W hurtowni danych składowane są również dane historyczne z innych systemów informatycznych przedsiębiorstwa, np. systemu kadrowo-płacowego, co umożliwia obliczenie wysokości ekonomicznych strat związanych z niekorzystnym wpływem warunków pracy oraz czynników materialnego środowiska pracy na organizm ludzki. Ponadto analiza wskaźników ilościowych umożliwi ustalenie priorytetów działań o charakterze modernizacyjno-usprawniającym oraz budowę harmonogramu wdrożenia proponowanych zmian w skali wydziału, zakładu lub całego przedsiębiorstwa.

4. Architektura prototypu oprogramowania aplikacyjnego

W wyniku przeprowadzonych badań przemysłowych powstał kompletny, zintegrowany pakiet oprogramowania komputerowego.



Rysunek nr 4. Architektura systemu informatycznego

Źródło: opracowanie własne

W ujęciu szczegółowym inteligentny system wspomagający procedury diagnostyki przemysłowej obejmuje pięć głównych modułów funkcjonalnych:

- 1) Moduł wspomagający zarządzanie infrastrukturą przemysłową (ewidencja linii produkcyjnych, maszyn, urządzeń technicznych i stanowisk pracy).
- 2) Moduł wspomagający zarządzanie personelem oraz ewidencję wypadków, chorób zawodowych, a także innych uciążliwości procesu pracy.
- 3) Moduł ekspercki – komputerowe wspomaganie procedur diagnostycznych z wykorzystaniem baz wiedzy o strukturze regułowo-ramowej.
- 4) Moduł wspomagający wielowymiarową analizę danych diagnostycznych z wykorzystaniem technologii Business Intelligence.
- 5) Moduł integracyjny – platforma integracji umożliwiająca wymianę dokumentów elektronicznych pomiędzy systemem wspomagającym diagnostykę przemysłową a oprogramowaniem klasy MES/ERP/HRM.

Nowoczesny system wspomagający diagnostykę przemysłową powinna cechować elastyczność – tj. możliwość adaptacji do specyficznych cech przedsiębiorstwa, niestandardowych typów i form produkcji czy też nowych generacji maszyn, urządzeń i stanowisk pracy. Opracowano rozwiązania technologiczne umożliwiające parametryzację podsystemu eksperckiego w zakresie: wprowadzania nowych oraz weryfikacji istniejących czynników diagnostycznych, zarządzania obiektowymi bazami wiedzy, tworzenia nowych oraz weryfikacji

istniejących reguł produkcyjnych z zachowaniem historii zmian w strukturach bazodanowych. Proces parametryzacji oprogramowania może być przeprowadzony za pomocą predefiniowanych funkcji i specjalistycznych konsoli administracyjnych, bez konieczności ingerencji w kod.

Na potrzeby opracowania wersji prototypowej systemu zostały przeprowadzone badania przemysłowe związane z opracowaniem obiektowych baz wiedzy, reguł wnioskowania heurystycznego, katalogu czynników, pytań, faktów diagnostycznych. Na podstawie badań podstawowych stwierdzono, że brak możliwości integracji specjalistycznych systemów branżowych wspomagających zarządzanie produkcją z innymi systemami obsługującymi typowe operacje finansowo-księgowo, kadrowo-płacowe itp. znacznie ogranicza możliwość ich zastosowania w realnych warunkach przemysłowych.

Kompleksowym podejściem do problematyki działań o charakterze integracyjnym może stać się opracowanie formuły platformy integracji systemów informatycznych. Podstawą integracji nowo opracowanego systemu wspomagającego diagnostykę przemysłową ze standardowym oprogramowaniem klasy MRP, MES i HRM będzie wdrożenie platformy integracji z wykorzystaniem standardów otwartych klasy SOA (*Service-Oriented Architecture*) oraz ESB (*Enterprise Service Bus*). Platforma integracji stanowi niezależną warstwę oprogramowania klasy middleware, za pomocą której możliwe jest łączenie systemów międzyorganizacyjnych i rozproszonych. Platforma integracji gwarantuje zachowanie niezależności poszczególnych systemów informatycznych, a zarazem dostarcza zestaw komponentów i usług wspomagających proces wymiany danych i dokumentów elektronicznych.

Platforma integracji gwarantuje autonomiczność poszczególnych systemów, możliwość transakcyjnej wymiany dokumentów, a także elastyczność. Elastyczność należy rozumieć jako możliwość funkcjonalnego i technologicznego rozwoju poszczególnych, heterogenicznych systemów, bez konieczności rekonstrukcji architektury wdrożonej platformy integracji.

Rozwiązaniem technologicznym, gwarantującym przyszłą możliwość integracji oprogramowania aplikacyjnego, jest wykorzystanie koncepcji tworzenia systemu w architekturze SOA, inżynierii komponentowej oraz technologii Web Services.

Koncepcja realizacji modułu integracyjnego przewiduje zachowanie pełnej autonomiczności integrowanych systemów informatycznych oraz ich współdziałanie na poziomie danych, dokumentów i operacji gospodarczych. Technologia wymiany dokumentów elektronicznych została opracowana z wykorzystaniem standardów EDI i XML.

Poszczególne rozwiązania technologiczne i systemowe oraz komponenty oprogramowania aplikacyjnego powstały z wykorzystaniem: technologii MS Visual Studio.NET (C#.NET, Visual Basic.NET), MS Work-Flow Foundation, komponentów programowych SOA – Web-Services, ADO.NET, ASP.NET, COM+, a także skryptów programowych Transact – SQL. Podsystem analityczny został zaprojektowany z wykorzystaniem platformy MS Business Intelligence Development Studio, a podsystem integracyjny z wykorzystaniem MS BizTalk Server.

5. Podsumowanie

Zgodnie z dyrektywami Unii Europejskiej, w przygotowaniu nowych programów badań przemysłowych ukierunkowanych na opracowanie innowacyjnych technologii planowania i optymalizacji produkcji powinna zostać uwzględniona, w znacznie szerszym niż dotychczas zakresie, problematyka zarządzania czynnikiem ludzkim w procesach pracy, bezpieczeństwa i materialnego środowiska pracy.

Koncepcja projektowania systemów inżynierii wiedzy tworzy sprzyjające warunki rozwoju potencjału badawczego przedsiębiorstw przemysłowych w celu tworzenia profesjonalnych, zweryfikowanych rozwiązań w zakresie diagnostyki i projektowania maszyn, urządzeń i technologii. W praktyce oznacza to stworzenie warunków umożliwiających wspólne prowadzenie badań przez jednostki o dużym potencjale interdyscyplinarnym z jednostkami lub zespołami specjalizowanymi lub wąsko specjalizowanymi (współpraca międzynarodowych zespołów ekspertów w zakresie polityki jakości, produkcji, logistyki, marketingu, twórcza synteza ich wiedzy i doświadczenia). Tworzenie interdyscyplinarnych zespołów eksperckich umożliwi również bezpośrednie włączenie do prac projektowych placówek naukowo-badawczych oraz zespołów specjalistów przemysłowych reprezentujących najwyższy poziom zawodowego przygotowania, pozbawionych w macierzystych jednostkach (po wyłączeniu lub likwidacji zaplecza badawczo-technicznego) możliwości rozwijania działalności innowacyjnej.

Mając na uwadze integrację Polski z wysoko rozwiniętymi krajami Unii Europejskiej, prowadzenie procedur diagnostycznych, modernizacja stanowisk pracy oraz wdrażanie nowych technologii są szczególnie istotne z perspektywy planowania długookresowej strategii gospodarczej kraju. Systemy inżynierii wiedzy mogą zostać efektywnie wykorzystane w tym procesie.

Bibliografia

- Lasi H., Fettke P., Kemper H., Feld T., Hoffmann M., *Industry 4.0*, „Business & Information Systems Engineering” 2014, no. 6, s. 239–242.
- Lipski J., *Diagnostyka procesów wytwarzania*, Politechnika Lubelska, Lublin 2013.
- Matuszak-Flejszman A., *Wdrażanie systemu ekozarządzania i audytu (EMAS) w urzędach administracji rządowej*, Kancelaria Prezesa Rady Ministrów, Warszawa 2011.
- Strategia. Bezpieczeństwo Energetyczne i Środowisko – perspektywa do 2020 r.*, Ministerstwo Gospodarki, Ministerstwo Środowiska, Warszawa 2014.
- Wypadki przy pracy w 2014 r.*, GUS, Warszawa 2015.
- Zintegrowane zarządzanie środowiskiem dla polskich małych i średnich przedsiębiorstw MSP*. Projekt badawczy LIFE 04 ENV/PL/000673, Fundacja Partnerstwo dla Środowiska.

Źródła sieciowe

<http://www.industrialsafety-tp.org> [dostęp 5.11.2017].

* * *

Industrial research related to the use of knowledge-based systems and Business Intelligence solutions in diagnostic processes

Summary

The article presents the concept of using expert systems technology and Business Intelligence solutions for the needs of computer-aided industrial diagnostics. An intelligent diagnostic system will support safety and work environment management in accordance with ISO 14001, auditing procedures, planning modernisation and corrective activities. The article was created based on the results of the project no. POIG.01.03.01–14–059/12.

Keywords: industrial diagnosis, knowledge-based systems, Business Intelligence, expert systems