

Perspektywy rozwoju systemu zarządzania parkiem maszynowym DiagMANAGER w oparciu o zebrane doświadczenia eksploatacyjne

P.K. Stefaniak, M. Sawicki, R. Zimroz, R. Król, M. Hardygóra

1. Wprowadzenie

Przebieg taśmowy stanowi niezwykle istotną rolę w gospodarce i zarządzaniu przestrzennie rozmieszczonym parkiem maszynowym podziemnej kopalni rudy miedzi. Urządzenie to charakteryzuje ciągły proces ruchu, zwykle całodobowy, z wykluczeniem krótkich przerw konserwacyjno-remontowych – szczególnie istotnych z punktu widzenia ekonomicznego. Z tego też względu użytkownicy, celem poprawy efektywności transportu taśmowego, przywiązują coraz większą wagę do kosztów inwestycyjnych, a w szczególności do kosztów utrzymania ruchu. Warty podkreślenia wydaje się fakt złożonej konstrukcji, znacznych wymiarów, wysokiego zużycia energii, pracy w skomplikowanych warunkach górniczych (szeroki zakres temperatury, zapylenie itd.) i wreszcie duża zmienność obciążenia zewnętrznego transportu taśmowego pracującego w środowisku kopalni podziemnej. Co więcej, w przypadku jego eksploatacji niepożądane zdarzenia w postaci uszkodzeń/awarii związane są w głównej mierze z niedoskonałością konstrukcji, niedokładnym doбором właściwości materiałów, wadliwym montażem czy w końcu niepoprawnym jego użytkowaniem. Argumenty te doskonale udowadniają potrzebę rzetelnego i wieloaspektowego podejścia do tych urządzeń [1, 3, 7]. Ponadto zapewnienie sprawności maszyny i skuteczności prowadzonej jej eksploatacji wiąże się w głównej mierze z dostarczaniem do systemu precyzyjnej i bieżącej informacji o stanie danego urządzenia. Wychodząc naprzeciw przedstawionym powyżej problemom, w Laboratorium Diagnostyki i Wibroakustyki Zakładu Systemów Maszynowych Wydziału Geoinżynierii Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej powstała koncepcja budowy systemu wspomaganego zarządzania eksploatacją przenośników taśmowych DiagMANAGER®. W niniejszym artykule, na podstawie doświadczeń z użytkowania systemu zebranych wspólnie ze służbą kopalnianą odpowiedzialną za wdrożenie i użytkowanie niniejszego systemu, omówiono koncepcje jego modyfikacji. Zaproponowano możliwość rozbudowy systemu w oparciu o technologię informatyczną *Oracle Business Intelligence* – OBI – celem zwiększenia jego funkcjonalności. Ponadto wskazano konieczność rozszerzenia systemu o moduł termowizyjny oraz zaprezentowano mobilny system pomiarowo-decyzyjny [4–6].

Streszczenie: W artykule przedstawiono innowacyjny system wsparcia diagnostycznego DiagMANAGER używany na potrzeby zarządzania eksploatacją rozległego przestrzennie parku maszynowego kopalni podziemnej. Istota funkcjonowania całego systemu sprowadza się do dwóch zasadniczych części: (a) Systemu Wspomagania Zarządzania Eksploatacją (oparty na technologii GIS, integrujący zaawansowane i wieloaspektowe narzędzia analityczne) oraz (b) Systemu Pomiarowo-Analizującego (służącego do pozyskiwania danych diagnostycznych). Na bazie doświadczeń zebranych podczas praktycznego stosowania omawianego systemu, celem jego udoskonalenia opracowano nowe kierunki aktualizacji, co jest tematem niniejszej pracy. System ma docelowo osiągnąć pełną automatyzację procesu pozyskiwania danych, ich wstępnego przetwarzania i bezpośredniego analizowania w trybie online. Takie podejście do problemu diagnostyki taśmociągów stosowanych w kopalni podziemnej pozwoli na bieżący dostęp do aktualnej informacji o stanie analizowanych maszyn. Ponadto proces aktualizacji ma na celu zwiększenie możliwości analitycznych narzędzi informatycznych integrowanych przez system, niezwykle istotnych w procesie decyzyjnym.

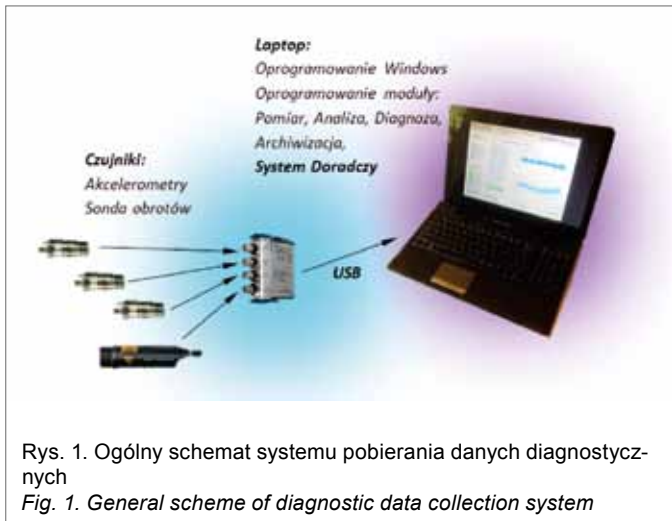
Słowa kluczowe: przenośnik taśmowy, jednostka napędowa, przekładnia, diagnostyka, monitorowanie stanu, system zarządzania.

PERSPECTIVES OF THE DEVELOPMENT OF MACHINERY MANAGEMENT SYSTEM DIAGMANAGER BASED ON COLLECTED EXPERIENCE FROM EXPLOITATION

Abstract: This paper presents an innovative maintenance management support system. DiagMANAGER is used to manage the operation of a spatially extensive underground mine machinery, namely belt conveyors system. The essence of the system may be divided into two main parts: (a) the exploitation management information system (based on GIS technology, to integrate advanced and multi-dimensional analytic tools) and (b) measuring and analyzing system (used to obtain diagnostic data). Based on experience gained the system operation, in order to improve it, update directions have been defined. These ideas are the subject of this paper. The main task of the system is to achieve full mobility and automation of data acquisition, their initial processing and the direct analysis online. This approach to the problem of diagnosing an underground mine conveyors allows to achieve the current access to information about the condition of the analyzed machines. What's more, thanks to the update process will enable increase functionality of the analytical tools integrated by system, which are very important in the decision process.

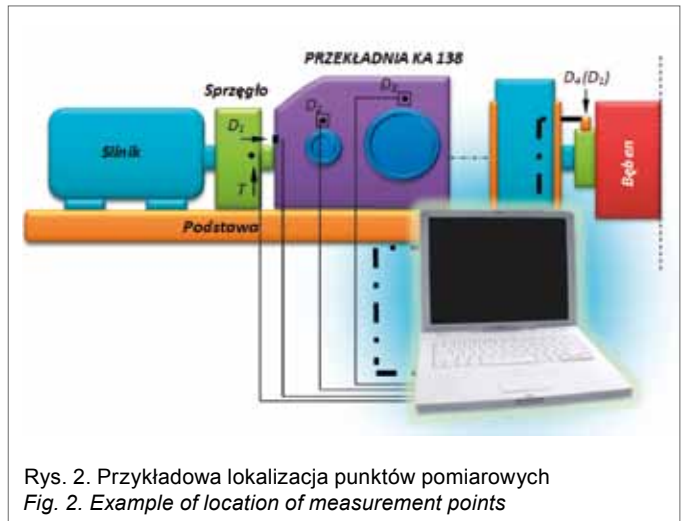
2. Specyfika funkcjonowania systemu

Dane źródłowe dla wydobycia informacji o stanie maszyny stanowią sygnały drganiowe, powszechnie stosowane w diagnostyce maszyn, zapis zmienności warunków eksploatacyjnych (tzw. profil prędkości wału wejściowego przekładni) oraz archiwizowane w bazie danych systemu informacje pochodzące z procesu wnioskowania diagnostycznego z wcześniejszych inspekcji pomiarowych (tzw. baza wiedzy diagnostycznej) [1, 2]. Moduł pomiarowy integruje rejestrowane przez moduł pomiarowy sygnały, a następnie – wykorzystując wbudowane procedury – dokonuje analizy częstotliwościowej, z której docelowo



Rys. 1. Ogólny schemat systemu pobierania danych diagnostycznych

Fig. 1. General scheme of diagnostic data collection system



Rys. 2. Przykładowa lokalizacja punktów pomiarowych

Fig. 2. Example of location of measurement points

generuje zestaw „wektorów” cech diagnostycznych. Obsługa systemu nie wymaga specjalistycznej wiedzy z zakresu diagnostyki, a wszystkie procedury realizowane są w sposób automatyczny. Rejestracja cech drganiowych jest zależna od specyfiki konstrukcji analizowanych typów przekładni, natomiast sygnał tachometryczny rejestrowany jest na wale wejściowym danej przekładni, celem określenia prędkości obrotowej, a tym samym wyznaczenia punktu pracy silnika [2–5]. Ogólną strukturę systemu przedstawiono na rys. 1.

Część sprzętowa składa się z następujących komponentów:

- wzmacniony (wodo- i pyłoszczelny) komputer przenośny;
- moduł pomiarowy NI-9234 (czterokanałowy przetwornik A/C 24-bit, 51.2 kS/s);
- interfejs karta–komputer (tzw. *carrier*) NI cDAQ-9171 z wyjściem USB;
- trzy przemysłowe czujniki drganiowe (akcelerometry) VIS 311A;
- czujnik prędkości obrotowej (sonda tachometryczna) Brüel & Kjær MM-0360;
- szczelnie zamykana skrzynia transportowa.

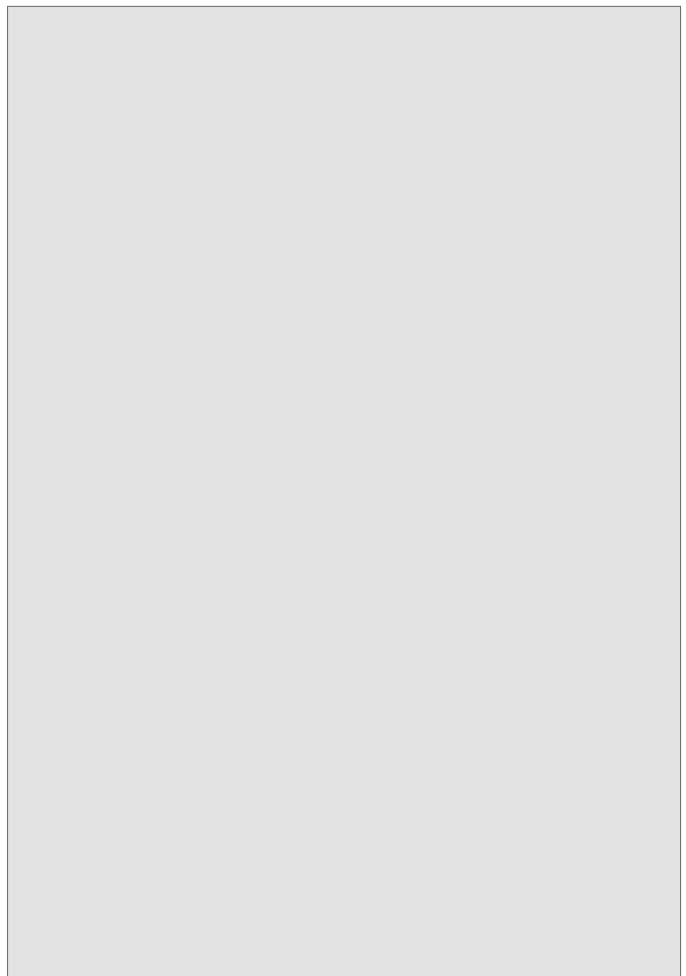
Czujniki drganiowe mocowane są do korpusu przekładni za pomocą magnesów, sonda tachometryczna – zamocowana na specjalnym statywie – skierowana jest w stronę elementu wirującego, na którym naklejono taśmę odbłaskową [4–5]. Przykładową lokalizację czujników pomiarowych dla konkretnego typu przekładni przedstawiono na rys. 2.

Archiwum wiedzy o eksploatacji obiektu stanowi wspomniana wcześniej baza danych. Ze względu na swój przestrzenny charakter baza ta, zwana dalej geobazą, integruje dane identyfikujące poszczególne przenośniki taśmowe i elementy ich jednostek napędowych, dane atrybutowe dotyczące sekwencji parametrów diagnostycznych, zgromadzone dane historyczne o stanie technicznym poszczególnych kompozytów układu napędowego, a przede wszystkim informacje geograficzne w postaci warstw tematycznych, umożliwiające horyzontalne wizualizacje przestrzenne wyników przetwarzania danych z poziomu interaktywnej mapy udostępnianej przez moduł GIS [1, 4]. Celem prawidłowego zarządzania siecią przenośników taśmowych od systemu wymaga się konsolidacji ogromnej liczby informacji. Z tego też względu niezbędne było opracowanie modelu danych o charakterze uporządkowanego zestawu struktur, definiujących i reprezentujących w postaci cyfrowej wybrane cechy odpowiadających im fragmentów rozważanej rzeczywi-

stości. Warto dodać, że ograniczenie technologii informatycznej w procesie opisu ciągłej i nieskończonej złożonej rzeczywistości wymagało konieczności dokonania selekcji zbioru [6–8].

W związku z powyższym cała specyfika funkcjonowania systemu sprowadza się do (a) rejestracji danych z bieżącej inspekcji pomiarowej, (b) wstępnego przetwarzania danych celem wyodrębnienia cech diagnostycznych z widma sygnału drganiowego, (c) procedur analityczno-decyzyjnych, (d) raportowania w postaci statystycznych zestawień tabelarycznych i wizualizacji przestrzennych. System DiagMANA-

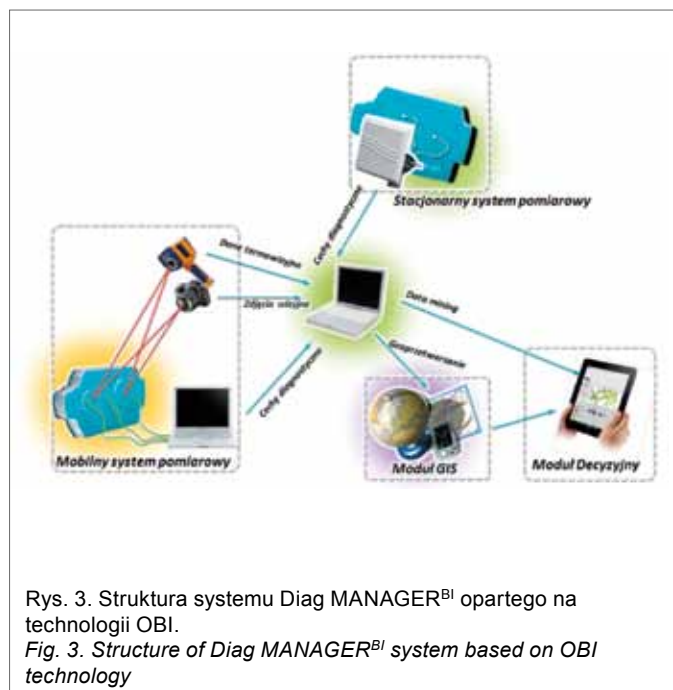
reklama



GER został opracowany w formie aplikacji webowej, uruchamianej z urządzeń podłączonych do sieci w dowolnej przeglądarce internetowej. System umożliwia bezprzewodowy dostęp do informacji o aktualnym stanie technicznym systemu transportowego, pochodzących z centralnego repozytorium [1, 3, 4, 6]. Bieżący monitoring poziomów alarmowych i ostrzegawczych jednostek napędowych i akwizycja danych w proponowanych przez system okresach zapewnia redukcję awaryjnego zatrzymania ciągu technologicznego wskutek degradacji przekładni. Dodatkowym atutem systemu jest możliwość wytypowania konkretnego elementu układu napędowego, takiego jak wał, koło zębate, łożysko, szczególnie zagrożonego wystąpieniem awarii. Bowiernieustanne śledzenie procesów degradacji pozwala zdefiniować optymalny moment wymiany danego elementu. Ponadto kolejnych korzyści wynikających z implementacji systemu DiagMANAGER należy upatrywać w działaniach planistycznych związanych z doбором i rozmieszczeniem przenośników w systemie transportowym, ich obsługą oraz wsparciem działań decyzyjnych związanych z eksploatacją przenośników taśmowych [5, 6].

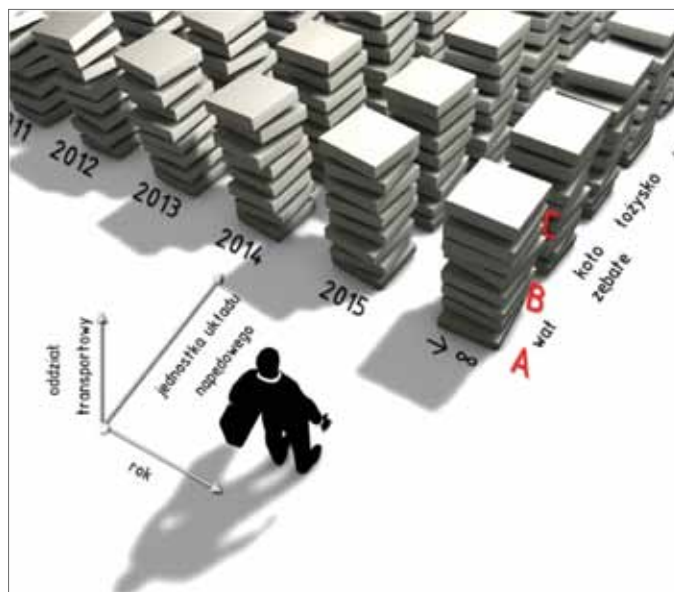
3. Rozszerzenie systemu

Doświadczenia zebrane w trakcie użytkowania systemu w I kwartale roku 2012 i badania prowadzone wspólnie ze służbą kopalnianą pozwoliły wytypować dalsze kierunki modyfikacji systemu. Podstawowym celem tych prac było zwiększenie precyzji modułu decyzyjnego oraz dostosowanie systemu, względem zdefiniowanych w zakresie interpretacji otrzymywanych wyników analiz, do nowych potrzeb użytkownika. W związku z tym rozbudowa systemu wymagała określenia możliwości integracji nowych technologii informatycznych z bieżącą strukturą systemu. Finalnie koncepcja rozszerzenia funkcjonalności systemu zakłada nowe podejście do procedur przetwarzania danych diagnostycznych, które cechować ma przekształcanie danych w informację, a informację w wiedzę. Zakłada się, że rozwiązanie takie również wpłynie korzystnie na wzrost konkurencyjności przedsiębiorstwa. Z tego też względu zdecydowano się na wykorzystanie technologii informatycznej *Oracle Business Intelligence* – OBI. Stanowi ona kompleksowy i zintegrowany zestaw narzędzi analitycznych, umożliwiającą łączenie pobieranych z wielu baz aplikacji, źródeł danych OLAP (ang. *OnLine Analytical Processing*) i źródeł danych nieusystematyzowanych, w pojedynczy, ujednoczony widok. Kolejne założenie przedsięwzięcia to aktualizacja systemu w zakresie wprowadzenia modułu termowizyjnego. To wymogło konieczność zdefiniowania, na podstawie zebranej populacji wyników z badań termowizyjnych: (a) indywidualnej procedury wykonywanej sesji pomiarowej, (b) algorytmów interpretacji wyników badań w kontekście oceny stanu technicznego oraz (c) struktury danych wyjściowych importowanej przez poszczególne moduły systemowe. Ponadto celem zwiększenia funkcjonalności oprogramowania zdecydowano się na zmianę postaci interfejsu systemu, a przede wszystkim podjęto próbę usprawnienia narzędzi eksploracji danych archiwizowanych w bazie danych systemu. Zaproponowano również wprowadzenie zmiany modułu GIS w zakresie zwiększenia funkcjonalności interakcji bazy danych z mapą tematyczną (opcje wizualizacji przestrzennych – horyzontalnych). W celu zwiększenia przejrzystości prezentowanych wyników analiz podjęto prace dotyczące rozbudowy mechanizmów raportowania i ich



Rys. 3. Struktura systemu Diag MANAGER^{BI} opartego na technologii OBI.

Fig. 3. Structure of Diag MANAGER^{BI} system based on OBI technology



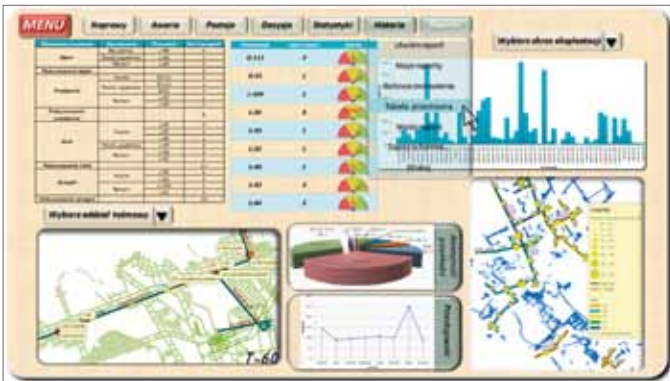
Rys. 4. Przykładowa kostka informacyjna systemu DiagMANAGER^{BI}

Fig. 4. Example cubes of DiagMANAGER^{BI} system

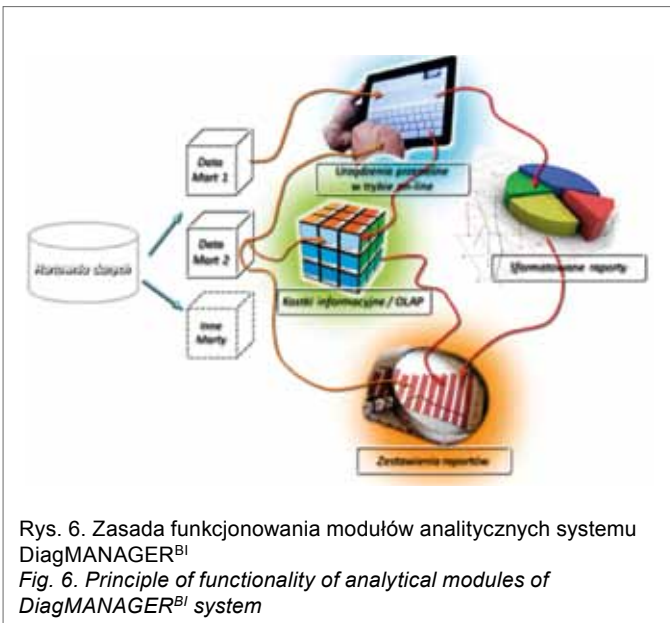
wizualizacji. Nowa specyfika architektury systemu została zaprezentowana na rys. 3.

3.1. Charakterystyka systemu klasy Business Intelligence

Systemy BI to szczególny typ systemów wspomagania decyzji biznesowych służących do zbierania, przechowywania, analizowania i udostępniania różnorodnych informacji przy wykorzystaniu między innymi takich narzędzi jak OLAP, data mining, ETL (ang. *Extract, Transform and Load*). BI obejmuje również zbieranie danych, zarządzanie nimi, analizowanie i dystrybuowanie informacji. Systemy klasy BI głównie wykorzystywane są w obszarze nadzoru i rozwiązywania zadań dobrze ustrukturalizowanych [8, 9, 13, 14]. Technologiczną warstwę tych systemów stanowią hurtownie danych. Na ich architekturę składają się: (a) systemy transakcyjne, (b) zasoby Internetu, (c)



Rys. 5 Przykładowy kokpit systemu klasy BI
Fig. 5 Example of user interface in BI software



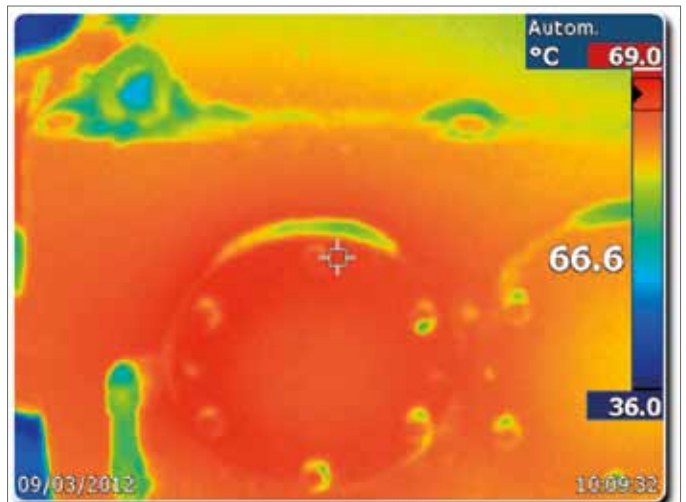
Rys. 6. Zasada funkcjonowania modułów analitycznych systemu DiagMANAGER^{BI}
Fig. 6. Principle of functionality of analytical modules of DiagMANAGER^{BI} system

pliki z danymi i inne (d) hurtownie danych oraz (e) podrzędne źródła danych.

Najczęściej w obrębie rozwiązań BI uwzględnia się następujące grupy czynności:

- analityczne (wielowymiarowe typu OLAP, biznesowe, geo-przestrzenne);
- prognostyczne (wspierające, np. decyzje strategiczne);
- monitorujące (alertowanie, np. zaopatrzenia *just-in-time* czy korzystające z agentów programowych);
- generujące wiedzę (korzystające zasadniczo z technik drążenia danych, w tym obejmujących teksty i głos);
- prezentacyjne (techniki wizualizacyjne oraz zaawansowane raportowanie);
- wspomagające zaawansowane metody (np. przygotowanie zrównoważonej karty wyników czy zarządzanie wiedzą, wdrażanie portalu firmy);
- inne (np. identyfikacja zależności funkcjonalnych) [13–15].

Odpowiednie przetworzenie integrowanych danych pozwala odczytywać je do poszczególnych analiz biznesowych za pomocą narzędzi typu OLAP bez konieczności integrowania w operacyjną pracę systemów transakcyjnych (OLTP). Dodatkowo systemy te umożliwiają podgląd danych przedsiębiorstwa, dostęp do danych archiwalnych czy ujednolicenie posiadanych



Rys. 7. Przykład obrazu rozkładu temperatury dla przekładni przenośnika taśmowego jako źródła informacji diagnostycznej
Fig. 7. Example of image of temperature distribution for conveyor belt gearbox as source of diagnostic information

informacji. Szczególnie istotne ogniwo w procesie organizacji informacji wielowymiarowych stanowią dane transakcyjne w postaci kostek informacyjnych, umożliwiające elastyczny dostęp do danych oraz izolację użytkownika od sposobu ich składowania [11–13] (rys. 4).

Podsumowując, wykorzystanie hurtowni danych i minihurtowni danych w postaci Data Martów umożliwia prowadzenie wielowymiarowych, zaawansowanych, bieżących analiz na drodze przetwarzania analitycznego w trybie online. Ponadto dodatkowymi możliwościami oferowanymi przez systemy typu BI jest bieżące monitorowanie, wykonywanie symulacji offline, sugerowanie decyzji zarządczych oraz prezentacja i dystrybucja informacji w portalach korporacyjnych [12, 15, 16]. Przykładowy kokpit systemu klasy BI zobrazowano na rys. 5.

W świetle tego implementacja technologii BI docelowo pozwoli na uzyskanie pełnego zarządzania procesem eksploatacji przenośników taśmowych oraz aktualne jej usprawnianie. Istota funkcjonowania technologii informacyjnych systemu DiagMANAGER została przedstawiona na rys. 6.

3.2. Integracja technologii termowizyjnej

Ze względu na warunki pracy ciągłych systemów odstawy istotną kwestią jest bieżący nadzór nad ich pracą i zapewnienie im środowiska do bezawaryjnej pracy. Nie wszystkie jednak rejony kopalni podziemnej z różnorodnych względów umożliwiają stworzenie warunków dla bezpiecznego wykonania pomiarów sygnałów drganiowych na każdej maszynie. Dlatego powstała idea adaptacji technologii termowizyjnej. Techniki termowizyjne znajdują coraz częstsze zastosowanie w diagnostyce maszyn i aparatury górniczej. W praktyce wykorzystywanych jest wiele metod oceny stanu technicznego w oparciu o termografię [17, 19, 20]. Istotna z punktu widzenia skuteczności takich metod jest możliwość ciągłego monitorowania maszyn. W Laboratorium Diagnostyki i Wibroakustyki Politechniki Wrocławskiej prowadzone są pilotażowe prace mające na celu wzbogacenie algorytmów prognozowania okresu bezpiecznej eksploatacji poszczególnych obiektów w opar-

ciu o zarejestrowane termogramy, a także uzyskiwanie na ich podstawie analiz zmian parametrów termowizyjnych w funkcji czasu. Koncepcja realizowanych prac zakłada poszukiwanie relacji pomiędzy rozkładami temperatury maszyn, temperaturą otoczenia, dostarczaną do systemu za pośrednictwem dodatkowych czujników, oraz oczywiście zmianą stanu technicznego [3, 18, 20].

Docelowo procedury ekstrakcji cech diagnostycznych ze zdjęć termowizyjnych zostaną w pełni zautomatyzowane algorytmem przetwarzającym obraz cyfrowy opisany dyskretną funkcją wartości temperatury [19, 20]. Przykładowy obraz termowizyjny przedstawiono na rys. 7.

Zakłada się również możliwość adaptacji dodatkowych, zaawansowanych charakterystyk statystycznych, które powinny korzystnie wpłynąć na wartość informacji diagnostycznej, oraz skutecznie wesprzeć proces identyfikacji i klasyfikacji stanu technicznego analizowanego ciągu technologicznego.

4. Wnioski

Proces podejmowania decyzji diagnostycznych to szczególnie złożony zestaw czynności realizowany za pośrednictwem szeregu algorytmów, którego zasadniczym zadaniem jest określenie stanu technicznego maszyny na podstawie zbioru cech diagnostycznych, ograniczenie prawdopodobieństwa wystąpienia nieprzewidzianego awaryjnego postępu i wreszcie prognozowanie optymalnego czasu bezpiecznej eksploatacji.

Istotnie trafnym rozwiązaniem wydaje się więc implementacja inteligentnych systemów decyzyjnych, np. w postaci systemów ekspertowych, do wspomaganiania zarządzania diagnostycznego w eksploatacji układów napędowych przestrzennie rozmieszczonego parku maszynowego (ciągłego systemu transportowego) kopalni podziemnej.

Prezentowane w niniejszym artykule perspektywy rozbudowy systemu wspomagającego zarządzanie ich eksploatacją docelowo mają umożliwić standaryzację oraz automatyzację procesów wnioskowania diagnostycznego, a przede wszystkim zwiększyć szybkość podejmowania efektywnych decyzji przez służbę kopalnianą. To z kolei zapewni zwiększenie redukcji kosztów generowanych przez awaryjne postępy maszyn oraz naprawy i wymiany ich podzespołów.

Literatura

- [1] KRÓL R., ZIMROZ R., GÓRNIĄK-ZIMROZ J., GŁADYSIEWICZ L., BARTELMUS W., HARDYGÓRA M.: *System zarządzania eksploatacją przenośników taśmowych DiagMANAGER dla KGHM O/ZG „Polkowice-Sieroszowice”*. Wiadomości Górnicze, 7–8/2011, s. 420–427.
- [2] ŚLIWIŃSKI P.: *Stan aktualny i kierunki dalszego rozwoju rozwiązań BI w KGHM Polska Miedź SA*. Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej, Kraków 2012.
- [3] SAWICKI M., STEFANIAK P., KRÓL R., ZIMROZ R.: *Portable data acquisition and diagnostic system for belt conveyors gearboxes*. 11th International Technical Systems Degradation Conference, Liptovský Mikuláš 2012.
- [4] STEFANIAK P., ZIMROZ R., KRÓL R., GÓRNIĄK-ZIMROZ J., BARTELMUS W., HARDYGÓRA M.: *Some Remarks on Using Condition Monitoring for Spatially Distributed Mechanical System. Belt Conveyor Network in Underground Mine – a Case Study*, Springer.

- [5] HARDYGÓRA M., KAWALEC W., BŁAŻEJ R., ZIMROZ R.: *Comprehensive studies on the multi-criterial effectiveness of large belt conveyor transportation systems*. Proceedings of the Twentieth International Symposium on Mine Planning and Equipment Selection, MPES 2011, Almaty, Republic of Kazakhstan, October 12–14, 2011, p. 881–895.
- [6] ZIMROZ R., KRÓL R., HARDYGÓRA M., GÓRNIĄK-ZIMROZ J., BARTELMUS W., GŁADYSIEWICZ L., BIERNAT S.: *A Maintenance Strategy for drive units used in belt conveyors network*. Proceedings of World Mining Congress, Istanbul, Turkey 2011.
- [7] BIERNAT S., HARDYGÓRA M., GÓRNIĄK-ZIMROZ J., KRÓL R., ZIMROZ R.: *Propozycja budowy informatycznego systemu wsparcia podejmowania decyzji w obszarze zintegrowanych danych technicznych dotyczących procesów eksploatacji ciągłych systemów transportowych*. Górnictwo i Geoinżynieria 3/2011, s. 27–40.
- [8] LEŚNIEWSKI K., WIŚNIEWSKI J., ZIMROZ R.: *System bieżącej diagnostyki stanu elementów przenośnika*. Górnictwo i Geoinżynieria 3/2011, s. 175–188.
- [9] KICKI J. I IN.: *Koncepcja biznesowa EKSPERT*. Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk. Kraków 2009.
- [10] KICKI J. I IN.: *Specyfikacja potrzeb informacyjnych w Działach Energomechanicznych (TM)*. Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk. Kraków 2009.
- [11] SAWICKI M.: *Wykorzystanie Business Intelligence do opracowania informacji zarządczej w KGHM Polska Miedź SA*. Praca dyplomowa. Uniwersytet Ekonomiczny, Wrocław 2011.
- [12] NY CZ M., SMOK B.: *Generacje zarządzania wiedzą*. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego, Wrocław 2009.
- [13] NY CZ M. I IN.: *Generowanie wiedzy dla przedsiębiorstwa. Metody i techniki*. Wyd. AE, Wrocław, 2004.
- [14] MOSS L.T., ATRE ATRE S.: *Business intelligence roadmap – the complete project lifecycle for decision-support applications*. Addison-Wesley 2003.
- [15] OLSZAK C.: *Systemy Business Intelligence w zarządzaniu wiedzą w organizacji*. WNT, Warszawa 2004.
- [16] MADURA H.: *Thermographic measurements in practice*. Agencja Wydawnicza PAK, Warszawa 2004.
- [17] MATERKA A., STRZELECKI M.: *Texture Analysis Methods – A Review*. Technical University of Lodz 1998, COST B11 Report.
- [18] MINKINA W.: *Thermovision measurements. Devices and methods*. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2004.
- [19] FIDALI M.: *An idea od continues thermographic monitoring of machinery*. 9th International Conference on Quantitative Infra-Red Thermography, July 2–5, Krakow 2008.

P.K. Stefaniak, R. Zimroz, R. Król – Politechnika Wrocławska, Instytut Górnictwa, Wrocław;
M. Sawicki – KGHM Cuprum Sp. z o.o. Centrum Badawczo-Rozwojowe;
M. Hardygóra – Politechnika Wrocławska, Instytut Górnictwa, Wrocław, KGHM Cuprum Sp. z o.o. Centrum Badawczo-Rozwojowe