

*Stanisław Biernat**, *Monika Hardygóra****,
*Justyna Górniak-Zimroz***, *Robert Król***, *Radosław Zimroz***

PROPOZYCJA BUDOWY INFORMATYCZNEGO SYSTEMU WSPARCIA PODEJMOWANIA DECYZJI W OBSZARZE ZINTEGROWANYCH DANYCH TECHNICZNYCH DOTYCZĄCYCH PROCESÓW EKSPLOATACJI CIĄGŁYCH SYSTEMÓW TRANSPORTOWYCH

1. Wprowadzenie

Dostępność nowoczesnych technologii i wzrost konkurencyjności firm motywują do podjęcia prac w celu obniżania kosztów produkcji przy niezmiennym poziomie jakości wytwarzania produktów końcowych. Optymalizacja kluczowych procesów przedsiębiorstwa jak i zarządzania nimi staje się niezbędna. Jeśli nałożymy na to zjawisko globalizacji i rosnącej potrzeby wymiany oraz integracji dużej ilości gromadzonej informacji — okaże się, że bez inwestycji w nowoczesne systemy IT osiągnięcie ambitnych celów biznesowych może być trudne do zrealizowania.

Dobrym przykładem projektowania procesu optymalizacji może być zagadnienie wdrożenia polityki utrzymania parku maszynowego w oparciu o jego stan techniczny, dysponując wiedzą o budowie, procesach degradacji, jej kosztach oraz bieżącego stanu maszyn.

W niektórych kopalniach prowadzone są obecnie prace nad systemami zbierania i przetwarzania danych, natomiast uwaga skupiona jest bardziej na utworzeniu i obsłudze baz danych o taśmach niż na opracowaniu procedur wykorzystania zgromadzonej w nich wiedzy do bezpośredniego wspomagania zarządzania.

Każda kopalnia korzysta z narzędzi i aplikacji do analizy danych technicznych w celu zbierania informacji z różnych źródeł, analizowania ich i udostępniania użytkownikom

* SHH Sp. z o.o., Wrocław

** Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, Politechnika Wrocławska, Wrocław

*** Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, Politechnika Wrocławska, Wrocław;
KGHM CUPRUM Sp. z o.o. Centrum Badawczo-Rozwojowe, Wrocław

w postaci wyników oraz raportów [15]. Rozproszone, dedykowane wąskim zagadnieniom narzędzia z tego obszaru, nie pokrywają kompleksowo pełnego zakresu zagadnień. Dobrze przygotowane rozwiązanie analityczno-prognostyczne wspiera użytkownika w zakresie danych diagnostycznych dotyczących przenośników.

Niewiele jest też przykładów wdrożenia nowych rozwiązań wykorzystujących nowe technologie takie jak Internet i GIS, choć w innych sektorach pojawiły się już pomysły na ich zastosowanie jak i implementacje [4, 5].

2. Systemy zarządzania parkiem maszynowym w górnictwie

Mimo znacznej intensyfikacji prac o podobnym charakterze w sektorze górnictwym w Polsce i na świecie trudno znaleźć tego typu system — oparty na technologiach klient serwer z wielodostępem webowym, na platformie GIS — dotyczący zarządzania parkiem maszynowym.

W ostatnich latach w przedsiębiorstwach górniczych podejmowane są próby zastosowania narzędzi informatycznych do zarządzania kopalnią, niestety bardzo często są to programy, które głównie służą do wspomagania projektowania prac mierniczych, geologicznych, technologicznych, geotechnicznych i górniczych. Wprawdzie w niektórych z nich znajdują się dane na temat wybranych maszyn i urządzeń górniczych jednak brakuje w nich elementów wspomagających zarządzanie całym parkiem maszyn znajdujących się w danym przedsiębiorstwie górnictwym.

2.1. Systemy zarządzania parkiem maszynowym w górnictwie węgla brunatnego

W 2003 roku w BOT KWB „Bełchatów” SA wdrożono oprogramowanie MineScape australijskiej firmy Mincom służące do wspomagania projektowych prac mierniczo-geologiczno-górnictwych. W oprogramowaniu tym przechowywane są również dane graficzne i opisowe dotyczące przenośników. Na zamówienie KWB „Bełchatów” w oprogramowaniu opracowano funkcje wspomagające projektowanie przesuwki przenośnika i geometrii zabierki w nawiązaniu do planowanego położenia przenośnika. Na podstawie wykonanych w oprogramowaniu modelu terenu, modelu przenośników, modelu plastrowego i blokowego złoża oraz grafiki płaskiej z mapy sztygarskiej prowadzonej w środowisku Microstation z uwzględnieniem lokalizacji rejonów zagrożeń i otworów z pozostawionym w nich sprzętem w KWB „Bełchatów” tworzona jest dokumentacja mapowa planu pracy dla koparek [1].

W 1991 roku w BOT KWB „Turów” SA przystąpiono do wdrażania systemów automatycznego sterowania procesem produkcyjnym przy współudziale dwóch zintegrowanych systemów. Każde stanowisko dyspozytora rejonu wyposażone jest w emulatory X-terminali i komputery z aplikacją ClientBuilder sterującą pracą przenośników taśmowych, które przedstawiają graficznie stan procesu maszyn podstawowych i przenośników oraz umożliwiają dyspozytorom analizę i przetwarzanie danych. Oprogramowanie aplikacyjne pracuje pod kontrolą systemu operacyjnego Windows i jest zrealizowane za pomocą pakietów FactoryLink.

Oprogramowanie aplikacyjne zawiera również podsystem alarmowania o zakłóceniach w pracy przenośników z ekspozycją graficzną i tekstową oraz przekazywania poleceń do poszczególnych sterowników realizujących funkcje zdalnego sterowania. Nadzór i sterowanie procesem technologicznym usprawnia również system zdalnej diagnostyki umieszczony w oddziale automatyki gdzie głównym elementem systemu jest komputerowe stanowisko diagnostyczne obsługujące wszystkie koparki i zwałowarki poprzez łączność przez sieć telefonii komórkowej GSM z wykorzystaniem modemów przemysłowych GSM typu M20T produkcji Siemens. Na stanowisku tym zainstalowane jest oprogramowanie narzędziowe do wizualizacji Simatic WinCC pracujące w środowisku systemu Windows. Proces produkcyjny jest monitorowany w wielopoziomowym układzie poczynając od operatorów koparek, zwałowarek i taśmociągów, a kończąc na dyspozytorni głównej. Strategiczne decyzje o prowadzeniu procesu technologicznego w odległych horyzontach czasowych podejmowane są przez kierownictwo przedsiębiorstwa w oparciu o kompleksowe dane geologiczne, wskaźniki ekonomiczne, dane mechaniczno-konstrukcyjne maszyn, uwarunkowania organizacyjne i inne. Podstawowa funkcja sterowania procesem technologicznym jest realizowana na stanowiskach dyspozytorów, którzy zarządzają przyporządkowaną częścią układu technologicznego w oparciu o dane uzyskane poprzez systemy monitoringu pracy maszyn i przenośników [14].

Na początku lat 90. w KWB „Konin” rozpoczęto prace nad opracowaniem komputerowego systemu wspomagającego prace projektowe w podstawowych działach obsługi produkcji, czyli w technologii górniczej, w dziale mierniczym, geologicznym i konstrukcyjnym. Podstawowym środowiskiem pracy w KWB „Konin” jest oprogramowanie MicroStation firmy Bentley z dodatkowymi specjalistycznymi modułami przystosowanymi do specyficznych zadań ww. działach. Dane graficzne połączone są z danymi opisowymi przechowywanymi w relacyjnej bazie danych Oracle. Oprogramowanie to jest głównie wykorzystywane do: prowadzenia ewidencji gruntów i budynków w kopalni, wykonywania modeli cyfrowych aktualnego stanu odkrywek, sporządzania raportów wiertniczych, tworzenia docelowych modeli każdego poziomu nadkładowego, węglowego i zwałowego oraz do prognozowania jakości węgla [11]. Brakuje w w/w systemie modułu umożliwiającego zarządzanie parkiem maszyn pracujących na terenie kopalni.

2.2. Systemy zarządzania przenośnikami

Przed przystąpieniem do procesu eksploatacji przenośników w przedsiębiorstwie górniczym projektowany jest cały system odstawy ciągłej uwzględniając przy tym optymalne rozwiązania konstrukcyjne, zależny m.in. od warunków geologiczno-górniczych panujących w kopalni oraz od przyszłej lokalizacji. Wpływ czynników konstrukcyjnych na proces eksploatacji jest bezdyskusyjny. Czynności te można wykonać za pomocą wyspecjalizowanych programów komputerowych wspomagających proces projektowania przenośników taśmowych i przyspieszających czynności z tym związane oraz zapewniających optymalizację doboru podzespołów przenośnika na podstawie algorytmów zgodnych z normami. Tego

typu programy zapewniają automatyzację kolejnych etapów doboru odpowiednich podzespołów przenośnika oraz pozwalają analizować kolejne okresy jego pracy przy wcześniej ustalonych warunkach. Przykładem takiego programu jest aplikacja QNK firmy Entertech, która jest oparta na zgodnej z normą DIN 22101 metodzie podstawowej obliczania oporów ruchu przenośnika. Podstawowy zakres obliczeń programu QNK dotyczy określenia: maksymalnej wydajności przenośnika obliczanej dla określonego kształtu i prędkości strugi oraz dla typu materiału transportowanego, oporów ruchu wyznaczonego na podstawie algorytmu zawartego w normie DIN 22101, mocy napędu niezbędnego do utrzymania przenośnika w ruchu ustalonym, siły występującej w taśmie w ruchu ustalonym, podczas postoju, rozruchu i hamowania przenośnika z uwzględnieniem pracy urządzeń napinających taśmę, obciążeń bębnow przenośnika i zestawów krążnikowych, trwałości obliczeniowej łożysk krążników z uwzględnieniem ich obciążenia wynikającego z działania sił ciężkości i sił wzdłużnych w taśmie, promienia krzywizn łuków wklęsłych i wypukłych na trasie przenośnika oraz łuków w planie trasy przenośnika, wytrzymałości taśmy wyznaczanej dla pracy ustalonej, rozruchu i hamowania, przy określonych współczynnikach bezpieczeństwa i innych [2, 20].

Firma Entertech jest także autorem produktu o nazwie DynaBelt, który jest przeznaczony do analizy wyników badań symulacyjnych przeprowadzonych na dyskretnym modelu przenośnika. Analiza wyników uzyskanych w tym programie obejmuje cztery podstawowe parametry pracy modelu przenośnika, które mogą być prezentowane w postaci wykresu statycznego umożliwiającego użytkownikowi obserwację przebiegu zmian wybranych parametrów pracy przenośnika w określonym przedziale czasowym dla wybranych punktów charakterystycznych lub w postaci wykresu dynamicznego przedstawiającego stan sił w taśmie zmienny wraz z upływem czasu wykonywanej symulacji. Na uzyskanym wykresie użytkownik może zaobserwować zmianę wartości sił, podział profilu trasy, charakterystyczne punkty oraz w zależności od wyboru chwilowe wartości takie jak zwis taśmy, siły w taśmie, przyspieszenie, prędkości i przemieszczenia wybranych punktów trasy przenośnika [20].

Postępujący proces użytkowania przenośników wymaga prowadzenia racjonalnej gospodarki materiałowej oraz odpowiedniego zarządzania czynnościami związanymi z ich obsługą. Jest to istotne w kontekście obniżania kosztów eksploatacji przenośników i leży w kompetencji osób zarządzających. Prace nad systemami informatycznymi wspomagającymi zarządzanie eksploatacją systemów transportowych zapoczątkowane zostały w Polsce w 1983 w Instytucie Górnictwa Politechniki Wrocławskiej. Opracowano tam program „TRWAŁOŚĆ” do rejestrowania i analizy trwałości taśm [7] oraz rozpoczęto prace nad systemem komputerowym wspomagającym prowadzenie gospodarki taśmami przenośnikowymi.

Opracowany dla KWB „Turów” system „SUFLER” [8] wraz z programem „TAŚMA” napisanym przez zespół informatyków KWB „Bełchatów” dla własnej kopalni i KWB „Konin”, które były pierwszymi tego typu systemami w Polsce i jednymi z pierwszych na świecie. Instytut Górnictwa Politechniki Wrocławskiej od tamtej pory jeszcze niejednokrotnie podejmował współpracę z zakładami górniczymi w celu opracowania podobnych systemów. Możemy do nich zaliczyć aktualnie działający i na bieżąco aktualizowany program

„TAŚMA 1”, który jest kontynuacją programu „TAŚMA”. Program ten wykorzystuje wszystkie do tej pory zgromadzone dane na nowej platformie systemu Windows i pozwala na m.in. na sporządzanie tabelarycznych zestawień okresowych oraz wykresów kołowych według podanych specyfikacji na podstawie istniejących baz danych, wykreślenie „obwodnic” taśm wszystkich przenośników z możliwością kolorystycznego oznaczenia taśm nowych i po regeneracji w powiązaniu z ich przepracowanym czasem oraz na sporządzanie zestawień kosztów zakupów taśm nowych i regenerowanych dla całej kopalni, działów i oddziałów na podstawie specyfikacji w rozbiciu na konkretne typy i rodzaje taśm. Obecnie w KWB na jego miejsce wdrażany jest system pod nazwą „Komputerowa Karta Taśmy”, który ma być kompleksowym narzędziem do rejestracji zdarzeń eksploatacyjnych i stanu taśmy oraz narzędziem do wspomagania i optymalizacji podejmowania decyzji o wymianach taśm i gospodarce nimi [9, 10].

W KWB „Adamów” funkcjonuje system opracowany w Poltegorze Instytucie we współpracy z firmą Softprojekt. System umożliwia łatwy i szybki dostęp do informacji oraz ich przetwarzanie wraz z generowaniem odpowiednich zestawień, tabel i raportów. Specjalna aplikacja umożliwia wizualizację graficzną układu przenośników i budowy ich obwodnic.

Zadaniem wyżej wymienionych narzędzi informatycznych było wspomaganie czynności związanych z projektowaniem przenośników, gospodarką materiałową taśm przenośnikowych, raportowaniem oraz zbieraniem danych o użytkowanych przenośnikach, czyli wspomaganie działań zarządczych związanych z obniżeniem kosztów eksploatacyjnych oraz zwiększeniem niezawodności urządzeń przenośnikowych. Do zadań zarządczych należy również ocena obecnie postępującego procesu eksploatacji i jego analiza. Wiąże się to z potrzebą gromadzenia i przetwarzania dużej liczby danych powstałych na skutek postępującego procesu eksploatacji, a zatem potrzebą budowy bazy danych.

W ostatnich latach pojawiło się kilka nowych interesujących propozycji, np. prace Wędrychowicza i Kulinowskiego [19] związane z opracowaniem systemu informacyjnego, którego zadaniem jest zbieranie i przetwarzanie danych z procesu eksploatacji przenośników taśmowych z założeniem późniejszego ich wykorzystania do analizy przebiegu procesu eksploatacji, oceny niezawodności przenośników oraz do prognozowania skutków zdarzeń ułatwiających podejmowanie w odpowiednim czasie działań prewencyjnych zapobiegających powstawaniu awarii i uszkodzeń. Takie podejście umożliwia odwzorowanie dokładnej struktury przenośnika, wzajemnego położenia elementów, ułożenia trasy przenośnika, kątów nachylenia trasy, warunków pracy i obciążenia, co pozwala przygotować dane do obliczeń przenośników. Zaplanowano również wykorzystanie proponowanego systemu do zbierania informacji eksploatacyjnych o pracy przenośników taśmowych.

Należy zauważyć, że większość omówionych rozwiązań dotyczyła zarządzania taśmami przenośnikowymi, a nie przenośnikami i ich ciągami tworzącymi cały system transportowy. Kompleksowe prace obecnie prowadzone są jedynie w PGE KWB „Turów”. Jednak i tu uwaga skupiona jest bardziej na utworzeniu i obsłudze baz danych o taśmach niż na opracowaniu procedur wykorzystania zgromadzonej w nich wiedzy do wspomagania zarządzania systemami przenośnikowymi/przenośnikami taśmowymi.

Stosowanie narzędzi informatycznych jest już codziennością w zarządzaniu eksploatacją złoża. System transportowy jest ściśle powiązany z technologią wydobywania oraz z procesem eksploatacji złoża, a koszty transportu kopaliny oraz ich perspektywy mają wpływ na decyzje o podjęciu eksploatacji. Dodatkowo niektóre dane z procesu eksploatacji złoża są wykorzystywane w procesie eksploatacji przenośników taśmowych i na odwrót, dlatego też zarządzanie tymi procesami powinno korzystać z technik pozwalających na szybką wymianę i integrację danych. Skoro w zarządzaniu eksploatacją złoża korzysta się szeroko z narzędzi informatycznych, tak wykorzystania ich we wspomaganiu zarządzania również w procesie eksploatacji przenośników taśmowych wydaje się być naturalne.

3. Możliwości zastosowania Systemu Wspierającego Decyzje w zarządzaniu eksploatacją przenośników taśmowych

Wszystkie omówione do tej pory przypadki zastosowania i wykorzystania narzędzi informatycznych dotyczyły rozwiązań dla pojedynczych elementów przenośnika i koncentrowały się głównie na eksploatacji taśmy przenośnikowej. W żadnym z opracowań nie wspomina się o systemach wspomagających eksploatację kół napędowych bądź też układu napędowego, pomimo że omawia się problemy racjonalnej ich eksploatacji [3, 6, 21]. W niewielu też przypadkach rozważa się zarządzanie eksploatacją systemu transportu przenośników taśmowych jako infrastrukturą o zasięgu przestrzennym przy wykorzystaniu technologii GIS. Możliwości aplikacyjne i analityczne baz danych przestrzennych okazują się bardzo pomocne w modelowaniu złożonych sieci o rozległym zasięgu.

W zarządzaniu eksploatacją przenośników taśmowych doświadczenie z wykorzystania danych przestrzennych jest niewielkie, jednakże widzi się w tym obszarze coraz częściej potrzebę tego typu zastosowań. Rozszerzenia przestrzenne baz danych (np. Oracle Spatial, MS SQL Spatial czy PostGIS) umożliwiają gromadzenie, udostępnianie oraz — co jest niewątpliwie istotne w systemach podejmowania decyzji — późniejszą analizę danych w ujęciu także przestrzennym.

Przenośniki taśmowe w systemie transportowym, wspólnie tworzą obiekt techniczny rozmieszczony w przestrzeni całej kopalni. Zatem zarządzanie tymi maszynami wymaga oprócz klasycznych informacji o procesie eksploatacji również informacji o ich orientacji i zależnościach przestrzennych oraz wynikających z tego następstw. Jest to układ, jaki tworzą w całym systemie oraz jak są zlokalizowane w wyrobiskach kopalni i jaki to ma wpływ na proces ich eksploatacji. System wspomagania decyzji pozwala symulować pewne zdarzenia i analizować jego skutki, umożliwiając odpowiednią prezentację informacji z procesu eksploatacji, zorientowaną w przestrzeni systemu transportowego. Ujęcie przestrzenne ujawnia pewne prawidłowości w rozkładzie danych jak i wyników analiz czy symulacji. Można przypuszczać, że w przypadku eksploatacji przenośników taśmowych doszukiwać się można prawidłowości związanych z występowaniem awarii, czy też prędkości zużywania się poszczególnych elementów na tle korelacji warunków i pracy.

Systemy analityczne umożliwiają również gromadzenie statystyk i przeprowadzenie obliczeń ilościowych, przy czym świetnie nadają się do opracowywania sprawozdań oraz prezentacji wyników w przejrzystej formie. Niewątpliwie uwzględnienie komponentu przestrzennego wspomaga działania planistyczne związane z doбором i rozmieszczeniem przenośników w systemie transportowym, ich obsługę oraz wsparcie działań decyzyjnych związanych z eksploatacją przenośników.

Podejście przestrzenne w systemach analitycznych jest zauważalne w wielu branżach przemysłu i obecnie wykorzystywane również w górnictwie do wspomagania projektowych prac mierniczo-geologiczno-górnicznych. Narzędzia dostępne na rynku pokrywają bogatą paletę zastosowań, z czego w kilku zastosowaniach górniczych wydają się być obecnie niezastąpione. Powszechnie stosowane na potrzeby górnictwa, są systemy typu MicroStation, ArcGIS, Surpac, DataMine czy Oracle Spatial. Możliwości zastosowania tego typu rozwiązań widoczne są również w zarządzaniu procesem eksploatacji transportu taśmowego, gdzie narzędzia tego typu wykorzystuje się do wizualizacji układu przenośników.

Narzędzia te dają również możliwość analizowania położenia przenośników względem innych obiektów w strukturze kopalni oraz wykrywania innych obiektów znajdujących się w strefach ich oddziaływania. Realizowane jest to przy wykorzystaniu poleceń SQL oraz wbudowanych algorytmów postępowania przy podejmowaniu decyzji. Wykorzystanie podejścia przestrzennego do wspomagania decyzji oraz do pozostałych działań zarządczych dodatkowo daje możliwość wykorzystania informacji z innych działów kopalni dla potrzeb racjonalnego kierowania procesem eksploatacji systemu przenośników taśmowych, co jest istotne przy obniżaniu kosztów wydobycia.

Wymiar czasu jak i przestrzeni to dwa naturalne tła prezentacji wyników analiz danych, które pochodzić mogą z wielu źródeł oraz systemów obcych. Aby integrować dane techniczne oraz biznesowe oraz udostępniać wyniki ich analiz w nowoczesnych narzędziach informatycznych zaproponowano zastosowanie środowiska klasy Business Intelligence (BI) z możliwościami analityki przestrzennej.

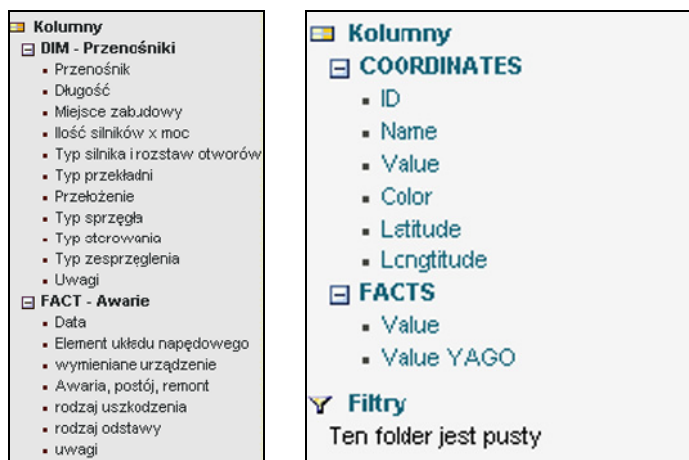
3.1. Podstawy integracji

Aby możliwa była skuteczna integracja danych z faz produkcyjnych z danymi biznesowymi, musi najpierw powstać odpowiednia infrastruktura oraz projekt struktury logicznej danych systemu informatycznego. Tak zorganizowane dane są rodzajem informacji, która zawiera wiedzę, istotny z punktu widzenia potrzeb decyzyjnych, a zarazem jest procesem generowania takiej informacji. W narzędziu informatycznym jest to możliwe dzięki analizie danych, różnego typu raportom oraz wyspecjalizowanemu pakietowi narzędzi zapytań, które umożliwiają decydom przebrnięcie przez szereg danych do syntetycznych i użytecznych informacji. Z kilku zalet narzędzi klasy BI wymienić na pewno należy:

- możliwość konsolidacji danych z różnych źródeł/systemów;
- dostęp on-line do pre-definiowanych analiz/raportów (w tym przestrzennych);
- możliwość planowania, symulacji i prognozowania.

Zastosowanie narzędzi klasy Business Intelligence pozwala na integrację dla potrzeb zarządczych i analitycznych danych z różnorodnych systemów w jednej, zintegrowanej pod kątem potrzeb biznesowych warstwie informacyjnej oraz udostępnienie tych danych szerokiemu gronu użytkowników za pomocą zaawansowanego webowego interfejsu analityczno-raportującego [16–18].

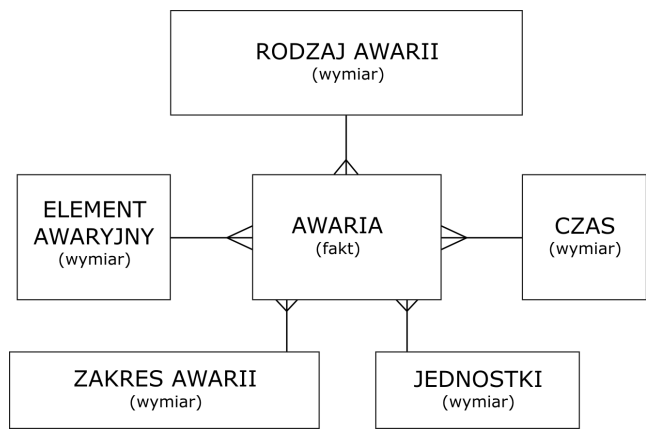
Jednym z najbardziej istotnych elementów propozycji budowy rozwiązania jest wspólna, zunifikowana warstwa metadanych, które w opisowy sposób przedstawiają przestrzeń „faktów” oraz „wymiarów” (przykładowe dane przedstawione są na rys. 1), w ramach których przeprowadzane są analizy oraz przedstawiane ich wyniki. Z kolei usługi zarządzania dostępem do danych pozwalają m.in. na określenie reguł opisujących dostęp do wybranej części danych (np. obszar) dla danego użytkownika.



Rys. 1. Przykładowa struktura danych

Na rysunku 2 przedstawiono przykładowy schemat budowy struktury danych logicznych w postaci faktów oraz wymiarów, dzięki któremu, podczas analiz jak i prezentacji ich wyników możliwa będzie eksploracja danych (data mining) oraz kontekstowa ich prezentacja w dowolnych zestawieniach.

Jeśli popatrzymy na przykładowe pojedyncze zestawienie raportowe w postaci tabeli poniżej przedstawiające awaryjność elementów składowych przenośników — zapewniona jest interaktywność takiego raportu, tzn. np. „klikając” w pole z konkretnym przenośnikiem (np. G51) możemy zawęzić zdarzenia do tylko tego elementu infrastruktury, jeśli w kolumnie typ zdarzenia wybierzemy np. wartość „postój uzgodniony” może powstać zagregowana tablica wszystkich uszkodzeń tego typu w całej kopalni w rozbiciu na oddziały/zakłady.



Rys. 2. Przykładowa struktura faktów oraz wymiarów

wymieniane urządzenie	Typ zdarzenia	Przenośnik	Ilość wystąpień
bęben	Bez postoju	L-44	1
	Postój uzgodniony	L-44	1
	Remont	L-43	1
Podsumowanie: bęben			3
przekładnia	Awaria	G-111	2
	Postój uzgodniony	G-111	1
		G-51	1
	Remont	L-30	1
		L-50	1
Podsumowanie: przekładnia			6
silnik	Awaria	L-30	3
		L-35	1
		L-40	2
	Postój uzgodniony	L-44	1
		L-34	1
Remont	L-50	1	
Podsumowanie: silnik			9
sprzęgło	Awaria	L-30	4
		L-52	1
	Remont	L-104	1
		L-52	1
Podsumowanie: sprzęgło			7

Rys. 3. Przykładowy raport w narzędziu BI

Elastyczność tworzenia takich zagnieżdżonych zestawień jest praktycznie nieograniczona i co ważne — dotyczy także zestawień typu wykres czy prezentacja treści przestrzennej — mapa, tworząc z nich zestaw interaktywnych elementów naszego pulpitu informacyjnego. Istnieje możliwość składania w naszym interfejsie webowym takich kokpitów z różnych elementów typu: tabela, kontrolka, wykres, mapa, prompter itp., z którymi interakcja wpływa na pozostałe elementy — przykładowo:

- wskazanie zakresu na mapie zawęża zakres prezentacji danych na wszystkich bądź części elementów do wskazanego zakresu (wykres, tabela itp.);
- „kliknięcie” na wykresie w wybrany fragment wykresu (słupek) przedstawia szczegółowe wyniki dla wybranego elementu w postaci tabeli, wykresu oraz mapy prezentującej występowanie wybranych elementów;
- „kliknięcie” na wybranym elemencie tabeli pokazuje rozmieszczenie danej cechy na mapie oraz wygenerowanie nowej tabeli przestawnej w zadanym układzie.

3.2. Elementy systemu

Metodyczne podejście do implementacji w środowisku Business Intelligence pozwala na stworzenie kompleksowego rozwiązania dla całej organizacji bądź przedsiębiorstwa. Kompleksowość takiego rozwiązania jest realizowana poprzez zbiór zintegrowanych w jednym rozwiązaniu:

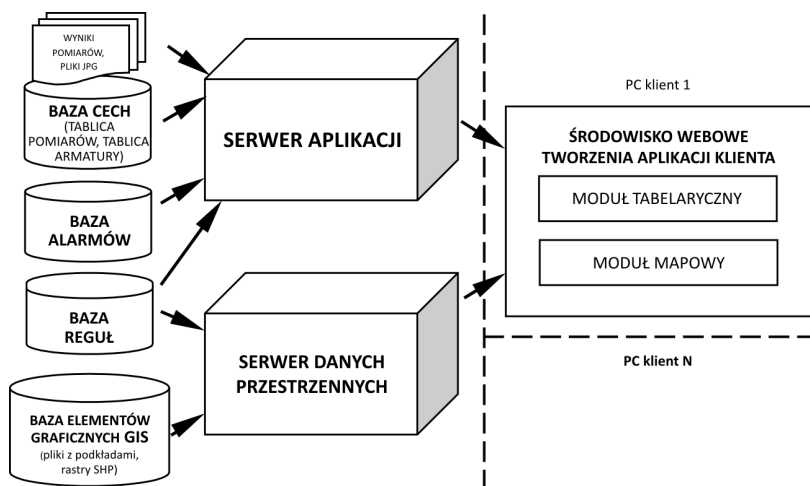
- spersonalizowanych kokpitów informacyjnych o budowie segmentowej, które składają się z różnego rodzaju wskaźników, dynamicznych raportów, elementy wyboru, wykresów, map (przykład zaprezentowany na rys. 5);
- modułu analitycznego pozwalającego na interaktywną analizę oraz tzw. zgłębianie danych w czasie rzeczywistym;
- repozytorium stworzonych elementów składowych;
- mechanizm automatycznej dystrybucji analiz oraz raportów bezpośrednio do odbiorców.

3.3. Schemat proponowanego systemu

Prototyp Systemu Zarządzania Eksploatacją Przenośników Taśmowych opracowany został w środowisku Business Intelligence bazującego na danych testowych. Ponieważ obejmuje zarządzanie siecią przenośników, czyli systemem transportowym w kopalni, dlatego też generuje powstawanie dużej liczby danych, które są przechowywane w systemie bazodanowym. Warstwa danych systemu zawiera wszystkie elementy danych opisane w schemacie, a mianowicie:

- bazę elementów infrastruktury (przenośniki, urządzenia),
- bazę reprezentacji przestrzennej infrastruktury (geometria, położenie),
- bazę zdarzeń w postaci typów uszkodzeń wraz z datą wystąpienia,
- bazę reguł podejmowania decyzji naprawczych,
- bazę stanów alarmowych i krytycznych elementów infrastruktury.

Na rysunku 4 przedstawiono ogólny schemat zaproponowanego systemu bazodanowego z dostępem przez WWW.



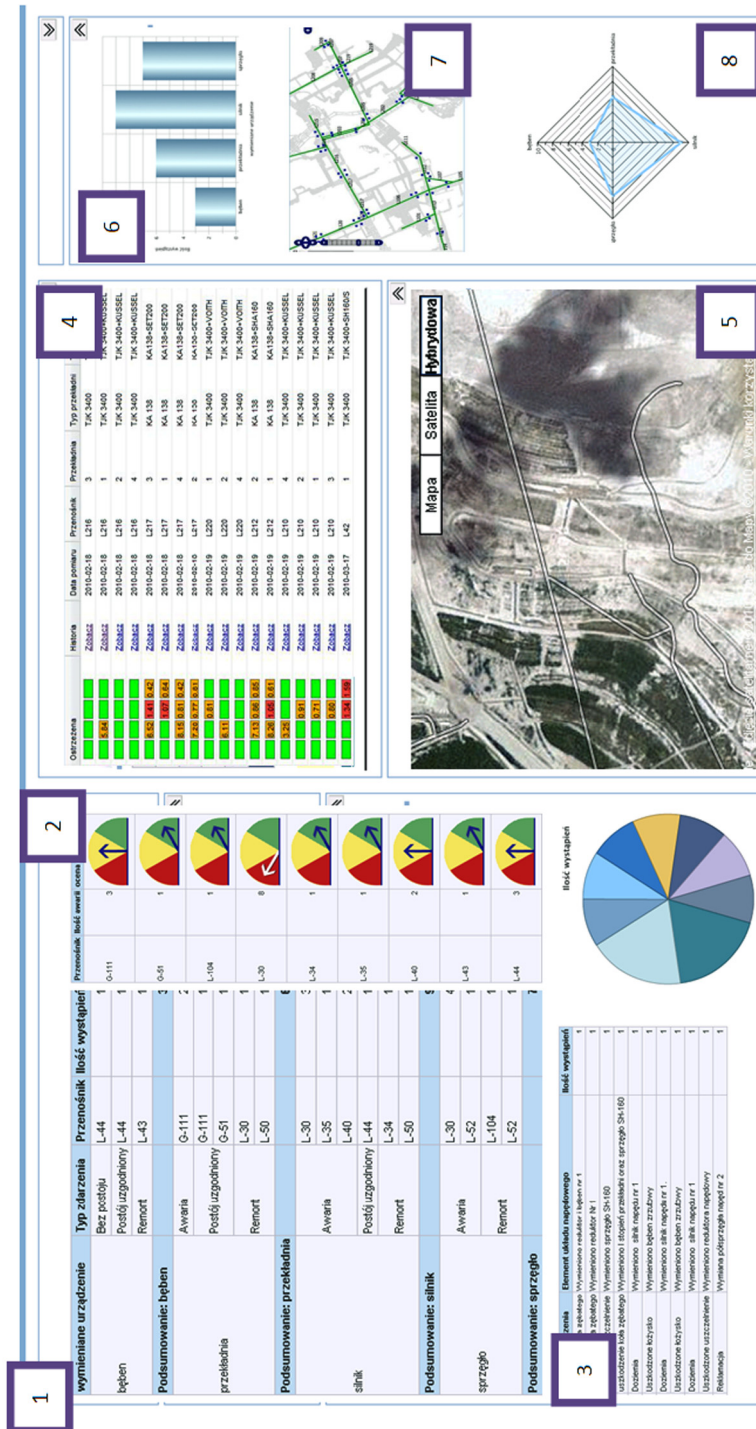
Rys. 4. Ogólny schemat systemu z dostępem przez WWW

Prototypowy interfejs webowy jednego z interaktywnych kokpitów informacyjnych użytkownika, zbierających i agregujących informacje na wymaganym poziomie szczegółowości zaprezentowany został na rysunku 5.

Na jednej stronie webowej (kokpit — rys. 5) zebrane zostały następujące informacje o szerokim zakresie interakcji elementów między sobą:

- 1) Raport ilości wymienianych urządzeń ze względu na typ zdarzenia w podziale na prężośniki.
- 2) Kontrolki stanów alarmowych ilości awarii urządzeń na wybranych prężośnikach z łatwą graficzną interpretacją stanu.
- 3) Raport tabelaryczno kołowy ilości awarii na wybranych prężośnikach.
- 4) Raport tabelaryczny opisu stanu aktualnego poszczególnych przekładni wraz z progami i wskaźnikami alarmowymi.
- 5) Mapę serwisu przedstawiającą sytuację i położenie wybranych elementów infrastruktury (wykorzystany został standard serwisu danych przestrzennych Googlemaps).
- 6) Wykres ilości wymienianych urządzeń z podziałem na (bębny, przekładnie, silnik i sprzęgło).
- 7) Mapę przedstawiającą wybrane prężośniki na tle podkładowej warstwy mapowej.
- 8) Wykres radarowy częstotliwości wystąpień awarii ze względu na rodzaj infrastruktury.

Prototypowy System umożliwia pozyskiwanie informacji o bieżącym stanie technicznym obiektów, przechowuje te informacje w bazie danych i umożliwia wspomaganie podejmowania decyzji poprzez generowanie raportów o obiektach z przekroczonymi poziomami alarmowymi lub ostrzegawczymi tak aby nie dopuścić do awaryjnego zatrzymania ciągu.



Rys. 5. Przykładowy kokpit informacyjny BI

System ten „podpowiada” użytkownikowi, które z elementów przenośnika są szczególnie zagrożone. System umożliwia również śledzenie procesów degradacji w celu optymalnego zdefiniowania momentu wymiany, prowadzenie analiz statystycznych na podstawie zgromadzonych w bazie danych atrybutowych i ilościowych oraz nadaje się do opracowywania prezentacji z uzyskanych wyników analiz w przejrzystej formie. System może również wspomagać działania planistyczne związane z doбором i rozmieszczeniem przenośników w systemie transportowym, ich obsługę oraz wspierać działania decyzyjne związane z eksploatacją przenośników. Dzięki zastosowaniu relacyjnej bazy danych z zapisem przestrzennym uzyskana została struktura informacji, dotycząca infrastruktury systemu transportowego, umożliwiającą zdefiniowanie pojedynczego, spójnego i logicznego widoku danych przechowywanych w centralnym repozytorium. Zaproponowany system zapewnia szeroki dostęp do informacji, pozwalając różnorodnym typom użytkowników korzystać z potrzebnych informacji oraz analiz bez konieczności wykorzystania zaawansowanych analityków. Ważną cechą systemu jest powszechny dostęp do informacji w celu uzyskania aktualnego wglądu w stan pracy infrastruktury jak i możliwości dokonywania prognoz na podstawie tych danych.

4. Podsumowanie

Nowoczesne systemy klasy Business Intelligence umożliwiają szybki dostęp do zaawansowanych, wielowymiarowych analiz, także w ujęciu przestrzennym. Kompleksowe podejście do projektowania takiego systemu zmniejsza w fazie eksploatacji pracochłonność przygotowywania powtarzalnych/okresowych analiz w przedsiębiorstwie. Możliwa jest także kontrola i przekazanie na szczebel decyzyjny odpowiednio zagregowanej i zgeneralizowanej informacji przedstawiającej bieżącą sytuację w badanych obszarach pracy przedsiębiorstwa — w tym przypadku np. identyfikację miejsc o największym potencjale do naprawy.

Narzędzia BI są najnowszym krokiem ewolucji zmian oprogramowania do wspierania podejmowania decyzji, oferując możliwości dostarczania kompleksowych informacji, na wszystkie szczeble zarządzania przedsiębiorstwem. Tego typu aplikacje oparte na interfejsach sieciowych pozwalają użytkownikowi łatwo wybierać interesujące go dane z jednego lub wielu źródeł i mogą dotyczyć wielu zastosowań — a wszystko po to, żeby służyć pomocą we właściwym podejmowaniu decyzji na poziomie zarządzania przedsiębiorstwem. W skład proponowanego systemu wchodzi: moduły podejmowania decyzji, aplikacje przeznaczone do przetwarzania online, aplikacje do tworzenia statystyk oraz aplikacje do analizy związków między danymi (data mining).

Przy dobrze stworzonym modelu danych następuje uzyskanie szybkich efektów od strony interfejsu użytkownika. Duża elastyczność konfigurowalności jak i rozbudowy systemów klasy Business Intelligence stwarza realne szanse na zbudowanie narzędzia wspierającego: bieżącą obsługę jak i podejmowanie decyzji w obszarze eksploatacji ciągłych systemów transportowych.

LITERATURA

- [1] Gądek A.: Komputerowe wspomaganie projektowania eksploatacji w BOT KWB Bełchatów S. A., Węgiel Brunatny nr 3/60, 2007
- [2] Gładysiewicz L.: Przenośniki taśmowe. Teoria i obliczenia, Wrocław 2003
- [3] Gładysiewicz L., Król R., Zimroz R.: Problemy obsługi technicznej przenośników taśmowych, Przegląd Górniczy 3/4 2010
- [4] Górniak-Zimroz J., Zimroz R., Król R., Jurdziak L.: The application of GISs to support belt conveyor maintenance management. *Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej. Studia i Materiały.* 2009, nr 36, s. 278–291, nr 128, Górnictwo i geologia XII
- [5] Górniak-Zimroz J., Zimroz R., Król R., Jurdziak L.: Decision making system based on GIS technology for supporting machinery maintenance. W: *Deep mining challenges/[eds] Eugeniusz J. Sobczyk, Jerzy Kicki, Piotr Saługa.* London [i in.]: Taylor and Francis, cop. 2009. s. 179–189
- [6] Hardygóra M, Bartelmus W., Zimroz R., Król R., Błażej R.: Maintenance, diagnostics and safety of belt conveyors in the operations. *Transport & Logistics (Belgrade).* 2009, spec. iss. 6
- [7] Jurdziak L., Kawalec W., Wajda A.: Ocena trwałości taśm przenośnikowych w kopalni węgla brunatnego „BEŁCHATÓW”, *Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej nr 45, Podstawowe Problemy Transportu Kopalnianego*, 1985
- [8] Jurdziak L., Kawalec W.: Komputerowo wspomagana gospodarka taśmami przenośnikowymi w KWB „TURÓW”, *Górnictwo Odkrywkowe* 3–4, 1990
- [9] Jurdziak L.: Gospodarka taśmami przenośnikowymi w kopalniach — stan obecny i perspektywy, *Górnictwo Odkrywkowe* XL 5–6, 1998
- [10] Jurdziak L., Hardygóra M.: Jednolita klasyfikacja uszkodzeń taśm przenośnikowych i ich intensywności, *Prace Naukowe Instytutu Górnictwa P.Wr. Nr 80*, 1996
- [11] Kasztelewicz Z., Szamałek A., Czaplicki P., Czyż J.: Nowoczesne narzędzia informatyczne wspomagające prace projektowe, *Węgiel Brunatny nr 3/56*, 2006
- [12] Król R., Zimroz R., Górniak-Zimroz, J., Hardygóra M., Gładysiewicz L., Bartelmus W.: System Zarządzania Eksploatacją Przenośników Taśmowych DIAG MANAGER dla KGHM O/ZG Polkowice-Sieroszowice Szkoła Eksploatacji Podziemnej 2011, IGSiE PAN Kraków, w druku
- [13] Król R., Zimroz R.: Komputerowe wspomaganie zarządzania eksploatacją ciągłego systemu transportowego na przykładzie kopalni O/ZG Polkowice-Sieroszowice, Szkoła Eksploatacji Podziemnej 2010, IGSiE PAN Kraków
- [14] Leśniewski K., Przytułski M., Zalewski J.: Nowoczesne systemy zarządzania kopalnią, *Węgiel Brunatny nr 4/53*, 2005
- [15] Migdał W.: Rola informatyki przemysłowej w procesie zintegrowanej informatyzacji przedsiębiorstwa na przykładzie górnictwa odkrywkowego *Górnictwo i Geoinżynieria* 2007, R. 31, z. 2
- [16] Oracle® Spatial Developer's Guide 11g Release 2 (11.2), Oracle Corp., October 2010
- [17] Oracle® Fusion Middleware User's Guide for Oracle Business Intelligence Enterprise Edition 11g Release 1 (11.1.1), Oracle Corp., July 2010
- [18] Oracle® Fusion Middleware Metadata Repository Builder's Guide for Oracle Business Intelligence Enterprise Edition 11g Release 1 (11.1.1) Oracle Corp., July 2010
- [19] Wędrychowicz D., Kulinowski P.: Koncepcja bazy wiedzy o procesie eksploatacji przenośników taśmowych, *Transport Przemysłowy i Maszyny Robocze* nr 2, 2008
- [20] www.entertech.com.pl
- [21] Zimroz R., Król R., Hardygóra M., Bartelmus W., Gładysiewicz L.: Condition monitoring system for drive units in belt conveyor *Transport & Logistics (Belgrade).* 2010, mimoriadne čís. 7