

# **ZNACZENIE WIZUALIZACJI W ZARZĄDZANIU PROCESEM WYDOBYWCZYM W KOPALNI**

**Tadeusz FRANIK**

**Streszczenie:** Referat przedstawia zwięzłą charakterystykę wizualizacji jako narzędzia przydatnego w zarządzaniu procesami produkcyjnymi w podziemnym zakładzie górniczym. Podkreślono rolę wizualizacji w komunikowaniu z podstawowymi podmiotami biorącymi udział w podejmowaniu decyzji kierowniczych w kopalni. Wiarygodne informacje dotyczące przebiegu procesu produkcyjnego, poddane odpowiedniej analizie i następnie zaprezentowane graficznie, stanowią ważny element w relacjach wewnętrznych przedsiębiorstwa i z otoczeniem konkurencyjnym.

**Słowa kluczowe:** zarządzanie w górnictwie, informacja, komunikowanie, monitorowanie procesów, wizualizacja procesu wydobywczego.

## **1. Wprowadzenie**

Liczbowe charakterystyki dotyczące przebiegu procesu produkcyjnego same w sobie nie stanowią jeszcze dostatecznego zasobu informacji użytecznej przy podejmowaniu decyzji. Dane te powinny być archiwizowane oraz odpowiednio przetworzone tak, aby możliwa była ich analiza. Syntetyczne wyniki odpowiednich analiz danych liczbowych są najczęściej przedmiotem prezentacji graficznej w procesie wizualizacji. Brak możliwości uzyskania dostępu do pełnej informacji we właściwym czasie uniemożliwia obiektywną i rzeczową ocenę danego procesu produkcyjnego, a w konsekwencji dobre przygotowanie decyzji a następnie pojęcie racjonalnego sposobu działania.

Rola informacji w procesie podejmowania decyzji jest nie do przecenienia. Współczesne systemy informatyczne umożliwiają nie tylko gromadzenie olbrzymiej ilości danych liczbowych, ale także ich przesyłanie, selekcjonowanie oraz analizowanie. Systemy te często umożliwiają także wizualizację odpowiednio przetworzonych informacji.

Wizualizacja danych stanowi narzędzie, które właściwie zastosowane usprawnia odbiór koniecznych informacji, a w konsekwencji umożliwia w krótszym czasie podjęcia trafnych decyzji. W literaturze przedmiotu sygnalizuje się jej wysoką skuteczność, która jest konsekwencją tego, iż percepcja obrazu graficznego jest szybsza i charakteryzuje się większą niezawodnością w stosunku do odbioru języka werbalnego [1].

## **2. Znaczenie wizualizacji w zarządzaniu procesem produkcyjnym**

Decyzje w górnictwie węgla kamiennego rzadko są podejmowane w warunkach pewności. Konieczność podejmowania decyzji kierowniczych w warunkach ryzyka i niepewności zwiększa znaczenie informacji w tym procesie. Jak podaje Unold [2], aby dostępna informacja mogła w istotny sposób wpływać na zmniejszenie niepewności w procesie decydowania musi spełniać następujące warunki:

- adekwatność – informacja powinna wiernie odzwierciedlać nie tylko zdarzenia i stany, lecz również te aspekty zdarzeń i stanów, które są szczególnie istotne dla sytuacji decyzyjnej, powinna także mieć odpowiedni stopień szczegółowości;
- prawdziwość – informacja musi być prawdziwa, jeśli trzeba podjąć trafną decyzję; informacje błędne mogą powstawać z powodu błędnego jej deszyfrowania lub popełniania błędów w procesie przetwarzania danych albo złej interpretacji danych; przyczyną powstawania nieprawdziwych informacji może być również ich celowe fałszowanie, co najczęściej zdarza się w warunkach zarządzania dyrektywnego;
- aktualność – informacja powinna być pozyskana w jak najkrótszym czasie; dla decydenta nie jest obojętne, ile czasu upłynęło między momentem zidentyfikowania problemu decyzyjnego a momentem realizacji decyzji.

Z punktu widzenia znaczenia informacji w procesie podejmowania decyzji postuluje się następujące jej cechy [3]:

- dokładne – wiarygodnie odzwierciedlająca rzeczywistość; oceniając je, należy porównywać podane fakty z rzeczywistością; im informacja jest dokładniejsza, tym wyższa jest jej jakość, tym pewniej można na niej polegać w podejmowaniu decyzji;
- istotne – dostosowane do funkcji i poziomu kierowania; wyższym poziomom kierowania należy dostarczyć informacje syntetyczne, o szerokim zakresie tematycznym, charakteryzujące zjawiska i procesy pod względem ilościowym i jakościowym, niższym zaś poziomom kierowania – informacje szczegółowe, tematyczne zawężone;
- o odpowiednim przedziale czasu – dostarczane w czasie umożliwiającym podjęcie właściwego działania;
- oryginalne – brak redundancji informacji, tzn. iż nie powinny się one dublować, gdyż to zwiększa zarówno czas, jak i koszty uzyskania potrzebnych informacji;
- czytelne – prezentowane w dogodnej dla odbiorcy formie.

Ostatni z wymienionych postulatów w sposób wyraźny wskazuje na znaczenie informacji w procesie komunikowania się z jej odbiorcą oraz rolę wizualizacji graficznej zarządzaniu firmą.

W literaturze przedmiotu brak jest uniwersalnej definicji wizualizacji. Cytowani autorzy starają się opisać generalne zasady tworzenia prezentacji danych oraz celów, jakim to ma służyć. McCormick oraz współautorzy, spróbowali zdefiniować pojęcie wizualizacji (w znaczeniu ogólnym, bez ścisłego związku z procesami gospodarczymi) oraz jej zakres i obszary badawcze. Określili ten termin, jako interdyscyplinarną dziedzinę, która ma za zadanie wspomóc działalność naukowców i inżynierów, przez zamianę danych liczbowych i tekstowych na geometryczne w taki sposób, aby umożliwić badaczom „obserwowanie” wszelkiego rodzaju obliczeń i przeprowadzanych symulacji. Według nich powinna się ona zajmować przede wszystkim mechanizmami tworzenia prezentacji za pomocą różnych środków (ze szczególnym ukierunkowaniem na środki informatyczne) oraz mechanizmami umożliwiającymi odbiór danej prezentacji przez człowieka. Tak zdefiniowana dziedzina obejmuje obszary, wśród których najważniejsze to: grafika komputerowa, przetwarzanie obrazów, projektowanie wspomagane komputerem, przetwarzanie znaków, badania dotyczące interfejsu użytkownika.

Inni autorzy [4] zauważyli, że występuje konieczność rozszerzenia dziedziny wizualizacji o obszar związany z prezentowaniem danych dotyczących działalności obiektu gospodarczego. Dlatego wizualizację należy rozumieć jako interdyscyplinarną dziedzinę

zajmującą się mechanizmami tworzenia graficznej prezentacji dla dowolnych odbiorców z wykorzystaniem różnych środków technicznych (ze szczególnym uwzględnieniem środków informatycznych) i mechanizmami, które umożliwiają właściwą interpretację tychże obrazów przez człowieka. A zatem wizualizację można przedstawić jako proces przetwarzania złożonych struktur danych na formę czytelną dla odbiorcy (wykorzystując mechanizm percepcji) przy zastosowaniu elementów graficznych. Obraz można wykonać za pomocą różnych narzędzi, rozpoczynając od ołówka i kartki papieru, a kończąc na środkach informatycznych (sprzęt i oprogramowanie).

Zastosowanie wizualizacji do prezentacji danych ekonomicznych pozwala [1]:

- wyjaśnić problem (prezentacja numerycznych i nienumerycznych danych, przedstawianie trendów, procedur, relacji),
- uprościć opis (zastąpienie skomplikowanego opisu w postaci tekstu dotyczącego przedsiębiorstwa, zjawiska, procesu itp.),
- podkreślić ważny element (zwrócenie uwagi na szczególnie istotne dane),
- przeprowadzić syntezę danych (podkreślenie najważniejszych elementów danych),
- zwrócić uwagę na dane (zainteresowanie odbiorcy prezentowanym materiałem),
- wywrzeć wrażenie (wywołanie u odbiorcy wrażenia autentyczności i precyzji przygotowanej prezentacji) danych.

### **3. Wybrane przykłady zastosowania wizualizacji w zarządzaniu procesem wydobywczym w górnictwie**

Systemy monitorowania i wizualizacji są od wielu lat szeroko wprowadzane w górnictwie węgla kamiennego i jako takie znajdują odzwierciedlenie w wielu publikacjach z tego zakresu. Rozwój systemów monitorowania przebiegu głównych procesów technologicznych, procesów pomocniczych, zagrożeń naturalnych oraz parametrów związanych z bezpieczeństwem pracy, a następnie wizualizacji danych dotyczących tych procesów jest wynikiem zwiększania się stopnia złożoności procesu produkcyjnego realizowanego w kopalni.

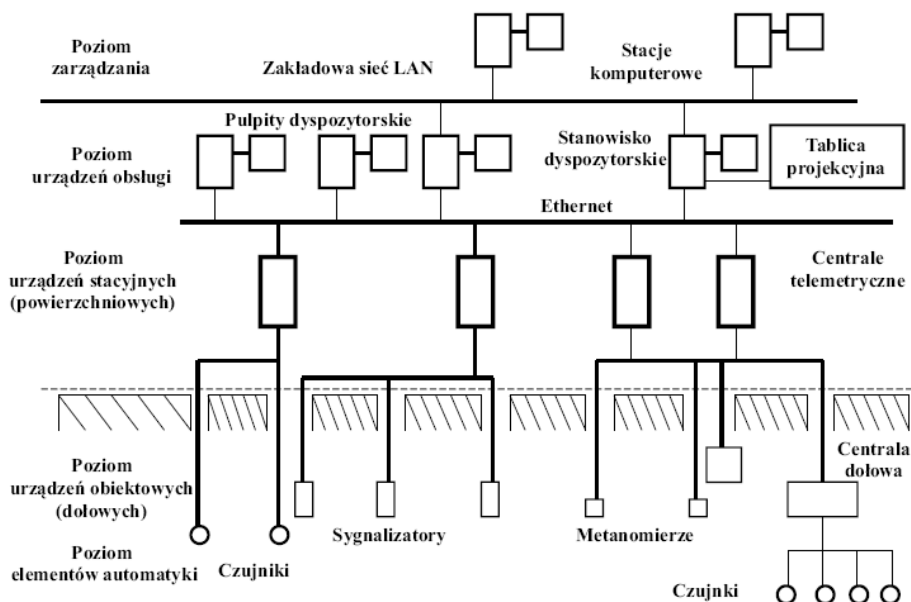
Przepisy prowadzenia ruchu w podziemnych zakładach górniczych wymagają zorganizowania stanowiska dyspozytora ruchu, które musi być wyposażone w odpowiednie środki techniczne. Do głównych zadań dyspozytora ruchu w kopalni można zaliczyć [5]:

- obserwowanie przebiegu procesu produkcji, w celu uchwycenia nieprawidłowości i odchyłeń od przebiegu planowanego;
- kontrola stanu bezpieczeństwa kopalni dla zapobiegania wystąpienia zagrożeń;
- inicjowanie oraz koordynowanie akcji ratowniczych i akcji usuwania awarii;
- prowadzenie statystyki dotyczącej obłożenia stanowisk pracy i wielkości wydobywania oraz ewidencji awarii i przerw technologicznych;
- rejestrowanie parametrów bezpieczeństwa oraz ich analiza dla oceny stanu i trendów zmiany bezpieczeństwa kopalni, a także prognozowania zagrożeń;
- rejestrowanie stanu pracy maszyn i urządzeń górniczych oraz prowadzenie analiz, w celu poprawy organizacji pracy i właściwego wykorzystania maszyn.

W praktyce najczęściej stosowane są dwa stanowiska dyspozytorskie – stanowisko dyspozytora ruchu (głównego) oraz stanowisko dyspozytora bezpieczeństwa.

Systemy monitorowania i wizualizacji procesu technologicznego w kopalni charakteryzują się strukturą rozproszoną obejmując następujące podstawowe poziomy: urządzeń stacyjnych, urządzeń obsługi, urządzeń obiektowych (dołowych) i elementów

końcowych (rys. 1). Na poszczególnych poziomach stosowane są odpowiednie środki techniczne komunikacji.



Rys. 1. Struktura zintegrowanego systemu dyspozytorskiego kopalni [5]

Systemy monitorowania i wizualizacji umożliwiają pozyskiwanie informacji oraz różne sposoby jej prezentacji na ekranach monitorów komputerowych lub na tablicach synoptycznych. Dostępne widoki na planszach graficznych posiadają strukturę hierarchiczną i mogą być prezentowane w ujęciu terytorialnym lub technologicznym. Prezentowane informacje mogą obejmować widok globalny lub wybrany widok lokalny.

Prezentowane informacje na projekcyjnych tablicach synoptycznych często są wynikiem zastosowania w systemie oprogramowania typu GIS (Geographical Information System). Systemy tego rodzaju ułatwiają pozyskiwanie, integrowanie, przetwarzanie i analizowanie dużych zbiorów danych geograficznych. W zastosowaniach górniczych pozwalają zarządzać dokumentacją infrastruktury kopalni.

Perspektywy rozwoju systemów monitorowania i wizualizacji w zakładach górniczych są ogromne. Zasadnicze znaczenie odgrywa tutaj szybki rozwój technologii informacyjnych i komunikacyjnych. W niedalekiej przyszłości oczekuje się zmian zarówno w architekturze systemów, jak i ich funkcjonalności.

Jak ujmują to Boroń i Mironowicz [5], podejmowane są próby opracowania standardowego jądra systemu z możliwością dołączania modułów realizujących różne funkcje uzupełniające. Jądro systemu obejmowałoby tylko te funkcje, które muszą być realizowane centralnie oraz możliwie dużą liczbę standardowych interfejsów, które umożliwią przyłączanie modułów funkcji dodatkowych, w celu rozbudowy możliwości przesyłania i przetwarzania danych oraz komunikacji z użytkownikiem.

Funkcje jądra systemu powinny spełniać wymagania dotychczasowych systemów, a więc:

- działać jako system czasu rzeczywistego,
- osiągać wysoką dostępność systemu, co może zapewnić praca wersji z redundancją,
- musi być systemem bezpiecznym, a więc zapewniać integralność danych,
- gwarantować opłacalność inwestycji przez kompatybilność z przyszłymi rozwiązaniami,
- zmiana wersji jądra systemu nie może powodować znacznych nakładów na dostosowanie urządzeń obiektowych lub na serwis.

Choć uważa się w odniesieniu do systemów monitorowania i wizualizacji, że spełniają obecnie podstawowe wymagania użytkowników, to jednak zgłaszane są dodatkowe wymagania w zakresie:

- możliwości analizy osiągnięć projektowanego systemu, np. w zakresie oceny skuteczności wprowadzenia redundancji,
- niezawodnej diagnostyki wszystkich odchyłeń od ustalonych warunków działania,
- rozbudowy funkcji diagnostyki dla samego systemu,
- zrozumiałego i wiarygodnego komunikowania o błędach,
- bezpiecznego i łatwego serwisowania i wprowadzania zmian podczas pracy systemu,
- wysokiej dostępności systemu, także w przypadku rozwiązań na bazie komputerów typu PC,
- możliwości uruchamiania nowych wersji oprogramowania systemu z minimalnym wpływem na jego działanie oraz mało uciążliwe migracje systemów,
- długiego czasu eksploatacji z gwarancją [5].

Wizualizacja jest również ważnym elementem systemu dyspozytorskiego SD2000. System ten i jego funkcje zostały bardziej szczegółowo opisane w pracy [6]. System obejmuje między innymi możliwość wizualizacji i monitorowania procesów technologicznych oraz kontrolę zagrożeń naturalnych na różnych poziomach dozoru kopalnianego. Główną częścią systemu SD2000 jest aplikacja o nazwie NEO. Program NEO cechują następujące funkcje:

- wizualizacja na tle map pokładowych lub schematów przewietrzania. Program umożliwia na korzystanie z map i schematów przygotowanych w programie AutoCAD tworzonych przez odpowiednie służby kopalniane. Dzięki funkcji importu oprogramowanie dyspozytorskie oraz inne służby kopalniane posługuje się tą samą mapą tworzoną w jednym miejscu;
- wizualizacja plansz produkcyjnych przedstawiających schematy technologiczne,
- powiadamianie o alarmach i stanach ostrzegawczych – stan alarmowy lub ostrzegawczy od chwili pojawienia się w bazie danych jest wizualizowany poprzez okno informacyjne i sygnał dźwiękowy. Dodatkowo możliwa jest lokalizacja alarmującego czujnika na aktualnie otwartych planszach, mapach oraz schematach;
- jednoczesna wizualizacja wielu map, plansz i schematów,
- używanie dwukierunkowych powiązań pomiędzy mapą, planszą i schematem, tzn. odwołanie do obiektu na mapie może powodować otwarcie planszy lub mapy bardziej szczegółowej lub otwarcie innej związanej z obiektem mapy lub planszy,

- selektywne wybieranie widzianych obiektów (tzw. panele grupowania), dzięki czemu można obserwować określony wycinek całego schematu, mapy, planszy lub tylko obiekty określonego typu, np. metanomierze czy anemometry,
- podglądanie całej zminiaturyzowanej mapy/planszy/schematu w okienku podglądu, co umożliwia jednoczesną obserwację całej mapy/planszy/schematu oraz powiększonego jej wycinka,
- wizualizacja poprzez odpowiednie kolorowanie obiektów i symboli, jak również wyświetlania wartości bieżących wraz z jednostkami czujników analogowych oraz licznikowych,
- animacja obiektów symbolizujących fizyczne czujniki analogowe, dwustanowe oraz wartości licznikowe,
- definiowanie akcji dla symboli oraz obiektów, przez co możliwe jest wywołanie na każdym z nich dowolnej funkcji,
- przeglądanie przebiegów czasowych dla każdego symbolu/obektu podłączonego do fizycznego czujnika z podziałem na zmiany produkcyjne lub przebiegu wartości dla zmiany bieżącej,

Współczesny system monitorowania, kontroli i zarządzania kopalnią to nie tylko obsługa pojedynczych urządzeń, ale przede wszystkim możliwość ich powiązania w złożone i współzależne struktury na bazie schematu przestrzennego kopalni. Potrzeba taka dotyczy nie tylko systemu przewietrzania, ale także przestrzennych struktur transportowych, zasilania i wyłączania energii elektrycznej, rurociągów wodnych czy przeciwpożarowych oraz sieci łączności itp. Obserwacja i kontrola tak rozumianego obiektu wymaga nowego spojrzenia na zagadnienie wizualizacji i kontroli dyspozytorskiej. Dlatego w systemie SD2000 funkcję wizualizacji zaimplementowano z wykorzystaniem technologii GIS [6].

Wizualizacja zagrożeń i procesów technologicznych realizowana jest w górniczych systemach monitorowania na wiele sposobów.

Systemy monitorujące stan procesów technologicznych wykorzystują do wizualizacji plansze, na których w sposób graficzny reprezentowane są poszczególne czujniki. Stan danego czujnika odzwierciedlany jest odpowiednim kolorem.

W tych systemach monitorowania zagrożeń wskazania różnego rodzaju czujników wizualizowane są w podobny sposób, wyjątek stanowią systemy monitorowania zagrożeń sejsmicznych, w których wizualizacji podlegają zarejestrowane zjawiska sejsmiczne. Wizualizacja zjawisk sejsmicznych odbywa się na mapach pokładowych kopalni, zjawisko wizualizowane jest jako koło o średnicy adekwatnej do energii zjawiska, którego środek leży w wyznaczonym przez program monitorujący epicentrum. Do wizualizacji na mapach pokładowych wykorzystywane jest oprogramowanie typu GIS, powiązane z bazą danych systemu monitorowania [7].

Poniżej przedstawiono kilka praktycznych zastosowań wyżej wymienionych technik do analizy danych pochodzących z górniczych systemów monitorowania:

- tworzenie raportów dla systemu monitorowania pracy przenośników ścianowych,
- analiza pracy kombajnu chodnikowego,
- diagnostyka pracy pomp głębinowych w stacjach odwadniania kopalń,
- predykcja stężenia metanu w wyrobisku górniczym,
- predykcja stężenia dwutlenku węgla w stacji odwadniania kopalń,
- analiza efektywności metod oceny zagrożenia tąpnięciami,

W warstwie wizualizacji przedstawione rozwiązania idą w kierunku integracji plansz graficznych przedstawiających pracę konkretnego urzędnika z wykorzystaniem systemów GIS do wizualizacji na mapach pokładowych wszystkich aspektów pracy kopalni.

Jak podaje portal Teberia.pl [8], na kopalni „Pniówek” wprowadzono system wizualizacji i nadzoru funkcjonowania urządzeń dołowych.

Prowadzone od kilku lat inwestycje dotyczyły zakupu urządzeń wspomagających produkcję. Urządzenia te tworzą system wizualizacji i nadzoru nad pracą przenośników odstawy głównej oraz kompleksów ścianowych. Zastosowanie systemu umożliwia monitorowanie większości parametrów pracy zarówno przenośników ścianowych, jak i kompleksów ścianowych: przenośnika podścianowego, ścianowego, kombajnu oraz wyposażenia elektrycznego. Zainstalowane urządzenia automatyzacji oraz systemy łączności i blokad umożliwiają współpracę z systemem wizualizacji i nadzoru dzięki temu można jednoznacznie ustalić przyczynę awarii przenośnika taśmowego czy urządzeń kompleksu ścianowego.

Znacznie zaawansowane prace, dotyczące automatyzacji procesu zarządzania produkcją prowadzone są w Finlandii.

Sarkka [9], charakteryzuje zakres tych prac, ich zaawansowanie oraz ogólną koncepcję systemu. Autorzy tego projektu nazywają go Inteligentną Kopalnią. Projekt ten odnosi się co prawda do górnictwa rudnego, jednak wiele aspektów proponowanych rozwiązań z całą pewnością może być wdrożonych w górnictwie węglowym.

Podstawowymi elementami systemu są:

- dogłębna informacja i system gromadzenia danych,
- szeroka komunikacja i sieć systemów informacyjnych, szybki, dwukierunkowy system monitorowania kopalni w czasie rzeczywistym,
- skomputeryzowane zarządzanie informacją, planowaniem w kopalni, kontrola wyposażenia,
- autonomiczne i zdalne zarządzanie maszynami i urządzeniami w połączeniu z siecią komunikacyjną,
- komunikacja i system monitoringu z innymi kopalniami spółki, producentami maszyn i siecią publiczną.

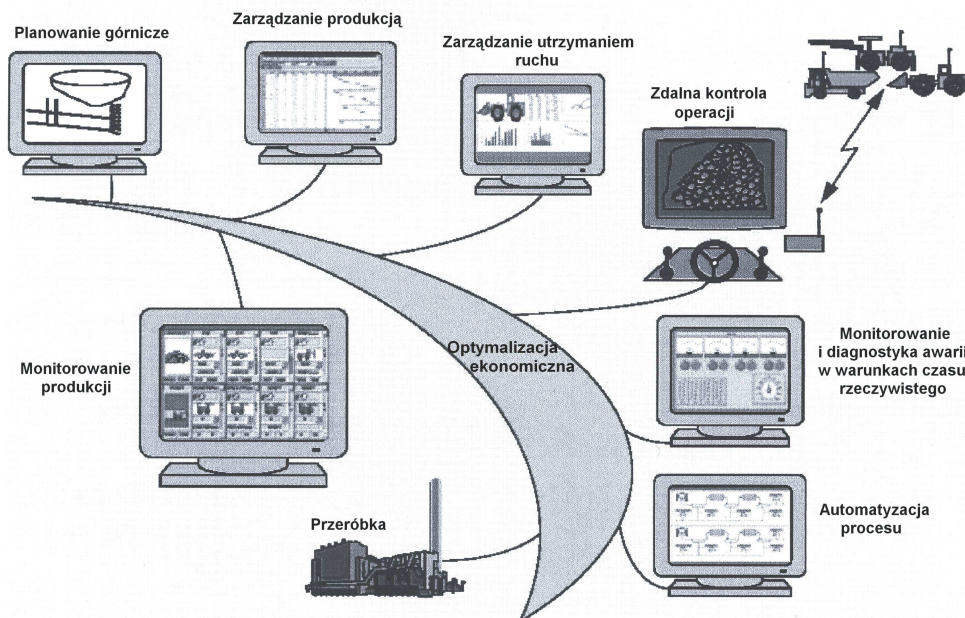
Automatyzacja procesu powstaje w wyniku integracji poszczególnych funkcji kopalni, tworząc spójny system.

Badania i wdrożenia prowadzone są w czterech głównych obszarach:

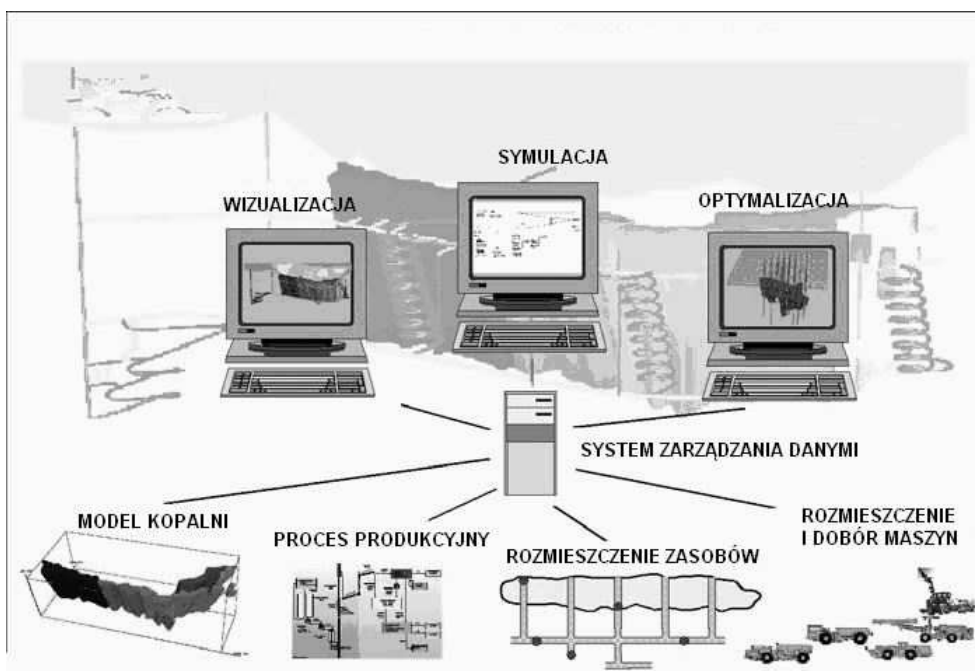
1. Zarządzania zasobami i produkcją w warunkach czasu rzeczywistego.
2. Automatyzacji związanej z wyposażeniem maszynowym.
3. Automatyzacji dotyczącej metod produkcji i utrzymania produkcji.
4. Bezpieczeństwa, szkolenia załogi i motywacji.

Docelowy schemat systemu zarządzania produkcją przedstawiono na rys. 2.

Schemat kopalni został tak zaplanowany, aby można było zastosować nową technologię i najlepiej wykorzystać wprowadzane systemy. Wszystkie operacje są monitorowane i kontrolowane z centrum operacyjnego, zlokalizowanego na powierzchni. Centrum to zostanie wyposażone w niezbędne systemy komputerowe, umożliwiające kontrolę i symulację procesów górniczych w warunkach czasu rzeczywistego. W centrum tym możliwa jest wizualizacja procesu produkcyjnego oraz prowadzenie symulacji, co ideowo pokazano na rys. 3



Rys. 2. Idea systemu zarządzania produkcją w „Inteligentnej Kopalni” [9]



Rys.3. Propozycja wizualizacji procesu produkcyjnego i symulacji systemu w „Inteligentnej Kopalni” [9]



#### 4. Zakończenie

Wizualizacja jest podstawowym sposobem graficznej prezentacji danych liczbowych, a zasadniczym celem jej stosowania jest ułatwienie procesu podejmowania decyzji kierowniczych na różnych szczeblach zarządzania przedsiębiorstwem. Decyzje te muszą się opierać o rzetelne, pełne i aktualne informacje dotyczące przebiegu procesu produkcyjnego. Posiadanie dostępu do pełnego zasobu informacji, zarówno o własnym przedsiębiorstwie jak i o warunkach otoczenia konkurencyjnego jest jednym z wielu czynników decydujących o powodzeniu przedsięwzięcia gospodarczego. Rozwój systemów pozyskiwania informacji oraz sposobów wizualizacji wiąże się z koniecznością ich dostosowania do zmieniających się warunków technologicznych eksploatacji oraz zmian przepisów prawa górniczego.

Praca naukowa dofinansowana przez MNiSW – praca statutowa: 11.11.100

#### Literatura

1. Dudycz H.: Wizualizacja danych jako narzędzie wspomaganie zarządzania przedsiębiorstwem. Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej, Wrocław, 1998.
2. Unold J.: Skuteczny system zarządzania – model i warunki. Przegląd Organizacji, nr 8, 1995, str. 16-18.
3. Hampton D. R.: Management. McGraw-Hill, New York, 1986.
4. Schroeder W. Lorensen B.: Surface Contours. Dr Dobb's Journal, nr 6, 1996, str 533-542.
5. Boroń W., Mironowicz W.: Doświadczenia i perspektywy rozwoju systemów monitorowania i wizualizacji procesu technologicznego zakładów górniczych w celu podniesienia wydajności i poprawy bezpieczeństwa pracy. Gospodarka Surowcami Mineralnymi, Tom 23 – Zeszyt specjalny 4, 2007.
6. Wojtas P., Wojciechowski J., Wałach T., Cała D.: Rozwiązania informatyczne w systemach dyspozytorskich kopalń węgla kamiennego w Polsce. Gospodarka Surowcami Mineralnymi, Tom 23 – Zeszyt specjalny 4, 2007.
7. Sikora M., Sikora B.: Systemy monitorowania w kopalniach węgla kamiennego – bazy danych, wizualizacja, analiza danych. [w:] Bazy Danych: Nowe Technologie, Politechnika Śląska, Gliwice, 2007.
8. www.teberia.pl: System wizualizacji i nadzoru urządzeń dołowych na Pniówku. [<http://www.teberia.pl/news.php?id=7826>].
9. Sarkka P.: Intelligent Mine Implementation. 21 World Mining Congress & Expo 2008, New Challenges and Vision for Mining, CRC Taylor & Francis Group, London, Leiden, New York, Philadelphia, Singapore, 2008.

Dr inż. Tadeusz FRANIK  
Katedra Ekonomiki i Zarządzania w Przemysle  
Akademia Górniczo-Hutnicza  
30-059 Kraków, al. Mickiewicza 30  
tel.: (0-12) 617 21 37  
e-mail: franik@agh.edu.pl