

# NUMERYCZNY MODEL ZŁOŻA W ZINTEGROWANYM SYSTEMIE ZARZĄDZANIA PRZEDSIĘBIORSTWEM GÓRNICZYM

Marek KĘSEK

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono pojęcie modelu cyfrowego złoża, zakres informacji jakie powinien obejmować oraz pokazano przykłady jego wykorzystania. Zarysowano także problematykę budowy systemu informatycznego wspomagającego zarządzanie produkcją górnictwem.

**Słowa kluczowe:** numeryczny model złoża, zarządzanie, zakład górniczy, bazy danych, systemy komputerowe.

## 1. Wstęp

Proces produkcji górniczej jest wyjątkowo specyficzny. Trudno tu o powtarzalność warunków produkcji obserwowaną w innych przemysłach. Geologia złoża, które rozpoznawane jest zawsze z określoną dokładnością, jest tylko jednym z elementów tworzących warunki niepewności i ryzyka, jednak na te warunki składają się również inne aspekty natury techniczno-technologicznej (prawdopodobieństwo awarii sprzętu, postęp technologiczny) czy ekonomiczno-finansowej (inwestycje w przemyśle górniczym mają okres kilkunastu lat). Wspomniana specyfika powoduje, że dobre wyniki w tej branży odnoszone są w tych jednostkach, w których menadżerowie dysponują dużą wiedzą oraz doświadczeniem nabywanym poprzez długie lata pracy w tym przemyśle. Idea korzystania z doświadczeń obserwowanych w trakcie produkcji powinna być głównym elementem systemu wspomagającego zarządzanie zakładem górniczym.

W ramach badań naukowych prowadzonych w Katedrze Ekonomiki i Zarządzania w Przemysle Akademii Górniczo-Hutniczej opracowano koncepcję zintegrowanego systemu, który wspomagałby proces zarządzania współczesną kopalnią. Głównym założeniem tego projektu jest możliwość czerpania wiedzy na podstawie informacji o wcześniejszej eksploatacji.

Do podstawowych elementów opracowanego systemu można zaliczyć:

- hurtownię danych, obejmującą przede wszystkim bazę danych i informacji zbieranych od pewnego ustalonego momentu w czasie, na bieżąco, w miarę realizacji robót górniczych o atrybutach realizowanej produkcji górniczej, które mogą być wykorzystane w zarządzaniu przyszłą produkcją górnictwem,
- bazę danych o warunkach naturalnych i geologiczno-górnictwowych części złoża przeznaczonych do przyszłej eksploatacji,
- system modelowania, symulacji i optymalizacji projektowanych wielowariantowo robót górniczych,
- system wizualizacji prowadzenia robót górniczych w czasie i w przestrzeni, wraz z projekcją obserwowanych wielkości i parametrów.

Hurtownia danych obejmuje dane i informacje, uaktualniane nadążnie, zbierane dla

potrzeb zasilania opracowanego systemu niezbędnymi do modelowania produkcji górniczej informacjami i danymi wejściowymi.

Baza danych geologiczno-górnich o częściach złoża przeznaczonych do przyszłej eksploatacji stanowi podstawę do budowy cyfrowego modelu złoża postaci 3D, który może być wykorzystany do modelowania projektowanych wyrobisk górniczych przewidywanych do realizacji w określonym horyzoncie czasowym (mogą być to rozwiązania wielowariantowe). Model ten powinien umożliwić wykonywanie cyfrowych map i modeli strukturalnych złoża, przekrojów geologicznych, map miąższości pokładów oraz map parametrów jakościowych pokładów, itp. [1]

## 2. Cyfrowy model złoża

Realizacja zadania opracowania zasad tworzenia baz danych o częściach złoża przewidywanych do eksploatacji w przyszłości wiąże się w sposób naturalny z tematyką cyfrowego modelu złoża.

Model złoża, jak każdy model, jest pewnym uproszczeniem rzeczywistości sprowadzającym ją do wystarczającego dla danych potrzeb stopnia szczegółowości. Model złoża, który ma być podstawą projektowania i zarządzania kopalnią powinien zawierać nie tylko informacje dotyczące przestrzennego usytuowania złoża (parametry strukturalne), ale również innych jego właściwości (parametry jakościowe). Jest więc syntezą całości wiedzy o jego strukturze i jakości [2].

Baza danych zawierająca informacje o złożu musi przechowywać szereg parametrów złoża przypisanych do współrzędnych w jego trójwymiarowej strukturze. Ponadto w bazie przechowywane powinny być informacje o wyrobiskach i innych obiektach, które powinien uwzględniać model. Bez względu na ostateczne oczekiwania co do funkcjonalności systemu wyróżnić można pewne grupy parametrów niezbędne do jego funkcjonowania. Parametry te przedstawiono poniżej.

- parametry przestrzenne złoża:
  - współrzędne stropu, spągu, powierzchni uskokowych, stratygraficznych),
  - mikrotektonika.
- parametry fizyczne:
  - właściwości energetyczne,
  - zawartość popiołu,
  - zawartość siarki,
  - zawartość wilgoci,
  - metanowość.
  - zanieczyszczenia (przerosty, opad stropu, opad spągu)
- parametry wytrzymałościowe:
  - złoża,
  - spągu,
  - stropu.
- informacje o zagrożeniach:
  - metanowym,
  - samozapłonu,
  - wodnym,
  - tąpniętami,
  - wyrzutem skał i gazów,

- pyłu węglowego,
  - ciepłym,
  - radioaktywnością.
- informacje technologiczne.

Prace nad opracowywaniem i wprowadzaniem cyfrowego modelu złoża prowadzone są w kilku jednostkach naukowych oraz polskich kopalniach. Aktualnie w polskich kopalniach spotkać można oprogramowanie SoftMine, służące do tworzenia modeli złoża, autorstwa firmy PRGW (Przedsiębiorstwo Robót Geologiczno-Wiertniczych w Sosnowcu). Służą również do tego takie programy jak: Modeller i Reserver z pakietu I/Mine 2000 firmy Intertech/GSMI, pracujące w środowisku graficznym MicroStation [3] oraz Gocad i Grass GIS. W LW Bogdanka S.A. oprócz „SoftMine Mapa KWK” wykorzystuje się do tworzenia modelu złoża program Surpac Minex firmy Surpac Group.

Górnicza mapa cyfrowa w rozumieniu PRGW nie jest samodzielnym produktem, lecz stanowi integralny element systemu w skład którego wchodzi również narzędzia do modelowania złoża, projektowania i harmonogramowania produkcji. Dopiero suma tych narzędzi z zaimplementowanym optymalnym przepływem informacji stanowi Zintegrowany System Zarządzania Złożem – oraz raportowania postępu prac[4].

Dane do modelu pozyskiwane mogą być różnymi drogami. Podstawowym źródłem danych są otwory badawcze prowadzone zarówno z powierzchni, jak i z wnętrza kopalni za pomocą prób bruzdowych czy też w trakcie eksploatacji. Zalecana gęstość opróbowania pokładu wynosi 50 m, chociaż w przypadku niektórych parametrów jakościowych może być mniejsza i wynosić nawet 250 m [5].

Inną drogą pozyskiwania danych do modelu jest odpowiednie wykorzystanie istniejących map górniczych. Mapy te skanuje się, a następnie przeprowadza ich wektoryzację i zapisuje w plikach dgn. Dane uzyskane w ten sposób mają postać dwuwymiarową, ale po uzupełnieniu ich o rzędne spągu pokładu oraz osi wyrobisk górniczych mogą być wykorzystane przy budowie modelu trójwymiarowego[4].

W pracach Przedsiębiorstwa Robót Geologiczno-Wiertniczych Sp. z o. o. [3] proces tworzenia cyfrowego modelu złoża realizowany poprzez cykliczną weryfikację informacji w następującym cyklu zdarzeń: baza danych -> informacja graficzna w pliku dgn -> model cyfrowy powierzchni -> analiza modelu i porównanie z podkładem rastrowym -> korekta danych w bazie danych – itd. aż do uzyskania wewnętrznie spójnego z bazą danych modelu.

Weryfikacja taka przeprowadzana jest zarówno dla parametrów strukturalnych jak i jakościowych złoża. Ilościowa weryfikacja danych odbywa się w oparciu o ich analizę poprzez wychwytywanie wartości znacznie odbiegających od pozostałych, a następnie poprzez ocenę geologa. Zweryfikowane dane, po zapisaniu w bazie danych stanowią geologiczny model złoża i mogą być różnorodnie wykorzystywane.

Projektowanie bazy danych na potrzeby modelu złoża polega na wyspecyfikowaniu rodzaju informacji, które będą podstawą funkcjonalności systemu. Wykorzystanie zaproponowanego w poprzednim rozdziale modelu przechowywania danych pozwala na rozbudowę przechowywanego w bazie danych zestawu parametrów w miarę rozbudowy systemu, bez ingerencji w strukturę bazy. Oczywiście odbywa się to kosztem zwiększenia stopnia komplikacji oprogramowania wybierającego dane do obliczeń, czy też zwiększenia zapotrzebowania na moc obliczeniową.

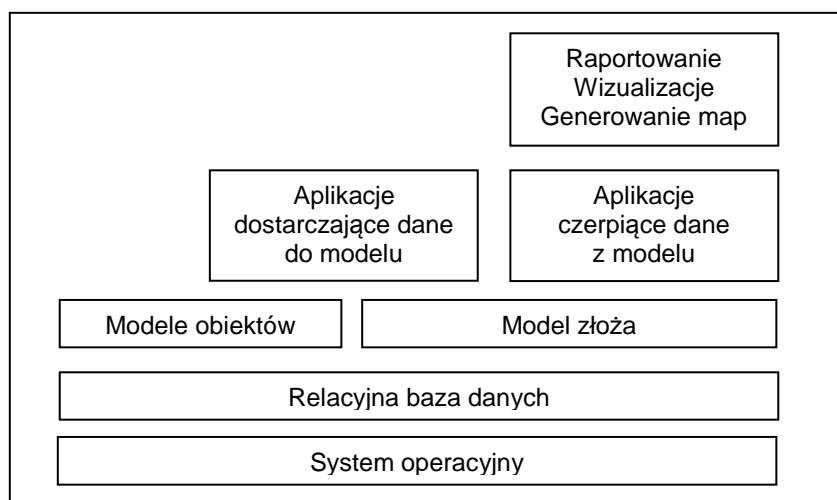
Od strony informatycznej, bazę danych może realizować w oparciu o popularne serwery relacyjnych baz danych. W praktyce spotyka się oprogramowanie firmy Oracle [6], czy też firmy Microsoft – SQL Server [7]. Osobną sprawą jest dobór systemu operacyjnego.

Aktualnie zadanie to mogą wypełniać zarówno serwerowe produkty firmy Microsoft, jak i system UNIX.

Należy oczywiście brać pod uwagę zapewnienie bezpieczeństwa takiego systemu poprzez ochronę przed nieuprawnionym dostępem do danych, a także przed utratą danych w wyniku awarii czy też błędów oprogramowania. Realizacja tych postulatów następuje najczęściej poprzez:

- system uprawnień dostępu do danych dla poszczególnych użytkowników,
- stosowanie haseł przy dostępie do plików dgn,
- okresowe sporządzanie backupów i historii projektu, co pozwala na przywrócenie jego stanu na dowolny dzień.

Ogólny schemat systemu komputerowego związanego z modelem złoża przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1 Oprogramowanie związane z modelem złoża [1]

### 3. Wykorzystanie modelu złoża w zarządzaniu produkcją górnictw

W oparciu o model złoża istnieje możliwość wspomaganie prac związanych z szeroko pojętym zarządzaniem produkcją. Wyszczególnić można tutaj:

- **Obliczanie zasobów**

W oparciu o przestrzenny model złoża istnieje możliwość łatwego i szybkiego obliczania zasobów kopaliny. Dokładność tak przeprowadzonych obliczeń jest większa poprzez łatwość uwzględnienia zmian miąższości, przerostów, zmiany gęstości itp. Następnie w wyniku uśrednienia wartości tych parametrów i wykorzystania prostych zależności geometrycznych wyznacza się wielkość zasobów. Łatwiejsze jest również określenie parametrów energetycznych węgla w danym polu, zawartości popiołu czy zawartości siarki, a co za tym idzie określenia ceny węgla.

- **Warunki eksploatacji**

Model złoża dostarcza szeregu informacji, od których zależy sposób jego eksploatacji. Wymienić tu można:

- tektonikę złoża – projektowanie wyrobisk eksploatacyjnych,



#### 4. Podsumowanie

Wydaje się, że system wspomagania zarządzaniem produkcją górniczą nie może obejść się bez numerycznego modelu złoża. Jego implementacja pozwala na dokładne określanie parametrów złoża, które są podstawą przy wyborze planowania wydobycia, wariantów prowadzenia eksploatacji, określaniu kosztów produkcji, czasu realizacji inwestycji, zaspokajaniu potrzeb odbiorców pod kątem wartości energetycznej węgla, czy kompleksowej obsługi inwestycji. Tworzenie takich, jak na dzień dzisiejszy innowacyjnych modeli, jest bardzo pracochłonne i jak na razie wykorzystuje się je sporadycznie, jednak wymienione w artykule zastosowania pozwalają przewidywać, że w najbliższym czasie staną się one naturalnym elementem komputerowych systemów wspomagania decyzji w zarządzaniu przedsiębiorstwami górniczymi.

#### Literatura

1. Magda R. i inni: Zintegrowany system wspomagania zarządzania w kopalniach węgla kamiennego. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne. Kraków, 2008.
2. Frankowski R., Gądek A. Cyfrowy model stratygraficzny i jakościowy węgla brunatnego stworzony przy użyciu oprogramowania górniczego „MINISCAPE” firmy Minicom. Węgiel Brunatny nr 4/57. Porozumienie producentów węgla brunatnego. Bogatynia 2006.
3. Kuś R., Olszówka K., Orzechowski F., Wachelka L. Projektowanie eksploatacji w kopalniach węgla kamiennego narzędziami informatycznymi. Biblioteka Szkoły Eksploatacji Podziemnej. Kraków 2005.
4. Kaczmarek A, Kłos M., Numeryczna mapa górnicza na przykładzie LW Bogdanka S.A. Biblioteka Szkoły Eksploatacji Podziemnej. Kraków 2008.
5. Probiez K. i inni., Stosowanie technik informatycznych w szacowaniu gęstości opróbowania pokładów węgla GZW. Biblioteka Szkoły Eksploatacji Podziemnej. Kraków 2008.
6. Dzedzej Cz., Nowicki K., System planowania i harmonogramowania produkcji w kopalni węgla kamiennego – SZYK2/HPR. Biblioteka Szkoły Eksploatacji Podziemnej. Kraków 2008.
7. Praski M., Wachelka L., Harmonogramowanie produkcji z wykorzystaniem narzędzi informatycznych na przykładzie LW „Bogdanka” S.A., Biblioteka Szkoły Eksploatacji Podziemnej. Kraków 2008.
8. Elmaghraby S. E., Kambarowski J., The analysis of activity networks under generalized precedence relations (GPRs). Management Science 38(9), 1245-1263, 1992.

Dr inż. Marek KĘSEK  
Katedra Ekonomiki i Zarządzania w Przemysle  
Wydział Górnictwa i Geoinżynierii  
Akademia Górniczo Hutnicza  
30-059 Kraków, Al. Mickiewicza 30  
tel.: (0-12) 617-20-77  
email: kesek@agh.edu.pl