

ZASTOSOWANIE WIRTUALNEJ RZECZYWISTOŚCI W SYSTEMIE GEOINFORMACJI

APPLICATION OF VIRTUAL REALITY IN THE GIS SYSTEM

Witold Kawalec, Justyna Górniak-Zimroz, Leszek Jurdziak, Katarzyna Pactwa, Jan Blachowski – Instytut Górnictwa, Politechnika Wroclawska

Określono możliwy zakres zastosowania technologii wirtualnej rzeczywistości, przeznaczonej do wykorzystania w tworzonej wirtualnej rzeczywistości w systemie geoinformacji surowców skalnych. Na wybranym przykładzie złoża surowców skalnych z terenu powiatu kłodzkiego przedstawiono procedurę digitalizacji danych o złożu i kopalni dla środowiska GIS i – poprzez to środowisko – do przestrzennego programu geologiczno-górniczego. Opisano elementy konstrukcji przestrzennych modeli do budowy wirtualnej rzeczywistości w systemie geoinformacji. Podkreślono rosnący stopień integracji oprogramowania inżynierskiego w przedmiotowym obszarze zastosowań, sprzyjający wszechstronnemu przetwarzaniu danych.

The applicable scope of the implementation of virtual reality techniques in the GIS for rock minerals has been set. The case study – the gabro deposit chosen from Kłodzko county has been used for the presentation of procedure of digitalization of geological and mining data into GIS and – via GIS – into the 3-D geology and mining package. The elements of creating the 3-D models for the needs of VR in GIS have been described. The rising level of integration of engineers' software in the specific application area supporting the comprehensive data processing has been underlined.

Wprowadzenie

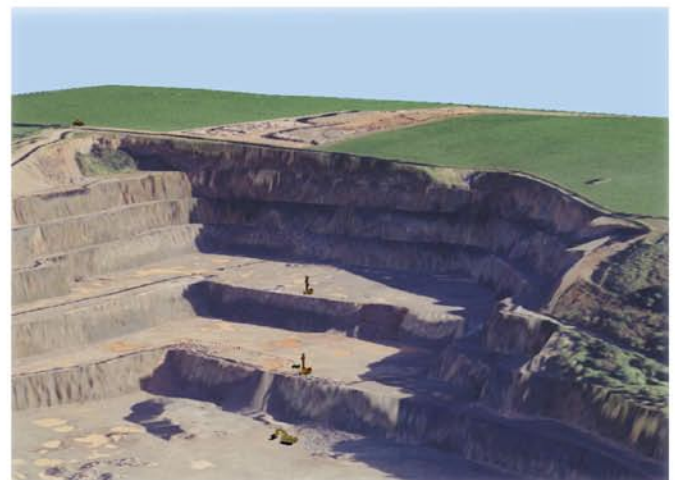
Komputerowa wirtualna rzeczywistość (*Virtual Reality - VR*) jest znana od lat 60. ubiegłego wieku, zaś samo pojęcie wprowadzono ok. roku 1989. Pierwsze systemy oferujące możliwość zanurzenia się w świecie wirtualnym to rozwiązania wykorzystujące specjalne hełmy z ekranami i rękawice działające z systemami na stacjach roboczych. Najnowsze systemy na komputery PC wykorzystują ogromne, przestrzenne ekrany i specjalne rzutniki. VR to medium pozwalające uczestnikom fizycznie angażować się w symulowanym środowisku, które różni się od ich fizycznej rzeczywistości [Alan et.al. 2009].

Budowa wirtualnego świata wymaga stworzenia wirtualnego modelu przestrzennego i jego wizualizację. Potrzebne są do tego zaawansowane technologie modelowania 3D i wizualizacji ale to nie wystarcza dla uzyskania dynamicznego obrazu modelowanego świata. Najprostszym sposobem jest tu symulowany przejazd lub przelot według z góry zadanego w scenariuszu trasy, tworzący animowany film 3D. Do pełnego odczucia „zanurzenia” (immersion) w wirtualnym świecie konieczne jest wprowadzenie interakcji pozwalającej na swobodny wybór trasy poruszania się w stworzonym świecie i wykonywanie w nim różnych czynności mających bezpośrednie przełożenie na jego odpowiedź – zapewnienie sprzężenia zwrotnego akcji z reakcją (technika dobrze znana np. w symulatorach lotów).

Budowanie zaawansowanych środowisk VR jest już w pełni możliwe i znajduje coraz większe zastosowanie m.in.: dla wspomagania interpretacji geologicznej, modelowania postępu kopalni, szkolenia operatorów maszyn górniczych, prowadzenia akcji ratunkowych, itd. Dla celów wzbogacenia tworzonego systemu geoinformacji wystarczające są, zdaniem autorów systemu, narzędzia pozwalające na prezentowanie w systemie przestrzennych modeli złoża, wyrobisk kopalnianych lub planowanych postępów prac rekultywacyjnych w postaci fotorealistycznych widoków (rys.1) lub filmów, dostępnych

w przeglądarce internetowej. Oczywiście jest możliwe udostępnianie również bardziej zaawansowanych obiektów (np. interakcyjnie poruszanych i formatowanych modeli przestrzennych), jednak ich animacja przez użytkownika portalu wymagałaby instalowania dodatkowego oprogramowania (np. *InTouchGO* udostępnianego przez *CAE Mining*) na komputerze obsługującym przeglądarkę zaś transmisja większych zbiorów danych mogłaby być kłopotliwa przy słabszych parametrach dostępu do sieci. Powolny portal zniechęcałby użytkowników o czym trzeba pamiętać podczas projektowania. Należy jednak mieć na uwadze ciągły rozwój technologii internetowych, toteż niewykluczone, że w przyszłości „pełna” VR będzie możliwa do efektywnego zaimplementowania w kolejnych wersjach systemu geoinformacyjnego.

Uzupełnienie systemu geoinformacji o wykorzystanie narzędzi i modeli VR służy dwóm celom: podnosi jakość i



Rys. 1. Fotorealistyczny widok wyrobiska odkrywkowego w oknie VR (*Datamine Studio 3*)

Fig. 1. Photorealistic view of an open pit in the VR window (*Datamine Studio 3*)

czytelność prezentowanych w nim danych (szczególnie dla osób spoza branży, zarówno decydentów jak i opinii publicznej) oraz dowodzi zastosowania dla dokumentacji danego złoża i/lub wyrobiska nowoczesnych metod modelowania i projektowania, sprzyjających planowaniu robót górniczych i rekultywacyjnych. Są to czynniki budujące lepszy wizerunek górnictwa - przemysłu nasyconego nowoczesną technologią. To ważny aspekt w dobie zdominowania publicznej debaty (np. dotyczącej społecznej akceptacji inwestycji górniczych) przez wizualne media [Jurdiak & Kawalec 2011].

Elementy konstrukcji przestrzennych modeli do budowy wirtualnej rzeczywistości w systemie geoinformacji przedstawiono poniżej na wybranym przykładzie złoża surowców skalnych.

Wybór studium przypadku

Złoże Słupiec-Dębówka znajduje się w południowo-zachodniej części Polski w obrębie łańcucha Sudetów. Administracyjnie złożo to przynależy do województwa dolnośląskiego, do powiatu kłodzkiego i do gminy miejskiej i wiejskiej Nowa Ruda. Na rysunku 1 przedstawiono kontury złoża pochodzące z bazy danych *Infogeoskarb* prowadzonej przez Państwowy Instytut Geologiczny. Główną kopalnią budującą to złożo jest gabra, które jest wykorzystywane jako materiał drogowy i budowlany. Od 1995 roku Kopalnie Surowców Skalnych Spółka z o.o. w Bartnicy posiadają koncesję na eksploatację.



Rys. 2. Lokalizacja złoża Słupiec-Dębówka na tle mapy topograficznej [Infogeoskarb]

Fig.2. Location of the Słupiec-Dębówka deposit onto the contour map [Infogeoskarb]

Dane wejściowe

Politechnika Wroclawska w 2010 roku podpisała ze Starostwem Powiatowym w Kłodzku *List intencyjny* dotyczący współpracy w ramach projektu rozwojowego *Strategie i scenariusze technologiczne zagospodarowania i wykorzystania złóż surowców skalnych*. Dzięki tej współpracy z Wydziału Ochrony Środowiska ze Starostwa Powiatowego w Kłodzku pozyskano dane wejściowe do wykonania modelu złoża Słupiec-Dębówka. Była to dokumentacja geologiczna złoża [Majkowska 1984, Dodatek nr 2 1994] zawierająca min.: mapę sytuacyjno-wysokościową złoża (rys. 3), mapę obliczenia zasobów złoża, mapę lokalizacji złoża, mapę geologiczną, mapę geologiczno-gospodarczą, przekroje geologiczne złoża oraz trzydzieści cztery karty otworów wiertniczych dokumentujących wiercenia wykonane w latach 1965-2007.

Przygotowanie danych do budowy modelu złoża

Wektoryzacja mapy

W ramach pracy dyplomowej realizowanej na Wydziale Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej pt. *Opracowanie przestrzennego modelu złoża Słupiec-Dębówka z zastosowaniem narzędzi GIS* [Słoniński 2011] zostały przygotowane dane cyfrowe do budowy modelu złoża Słupiec-Dębówka. W pracy wykonano kalibrację zeskanowanej mapy sytuacyjno-wysokościowej złoża (rys. 3) przy wykorzystaniu procedury Geoodniesienie dostępnej w aplikacji *ArcMap*. Następnie zwektoryzowano z ww. mapy punkty wysokościowe, których współrzędne zostały zapisane w pliku shape pod nazwą *warstwice*. Na rysunku 4 przedstawiono mapę sytuacyjno-wysokościową złoża wraz z naniesionymi punktami. Po wprowadzeniu danych z mapy w pracy wykonano model powierzchni terenu za pomocą narzędzi dostępnych w rozszerzeniu *3D Analyst*.

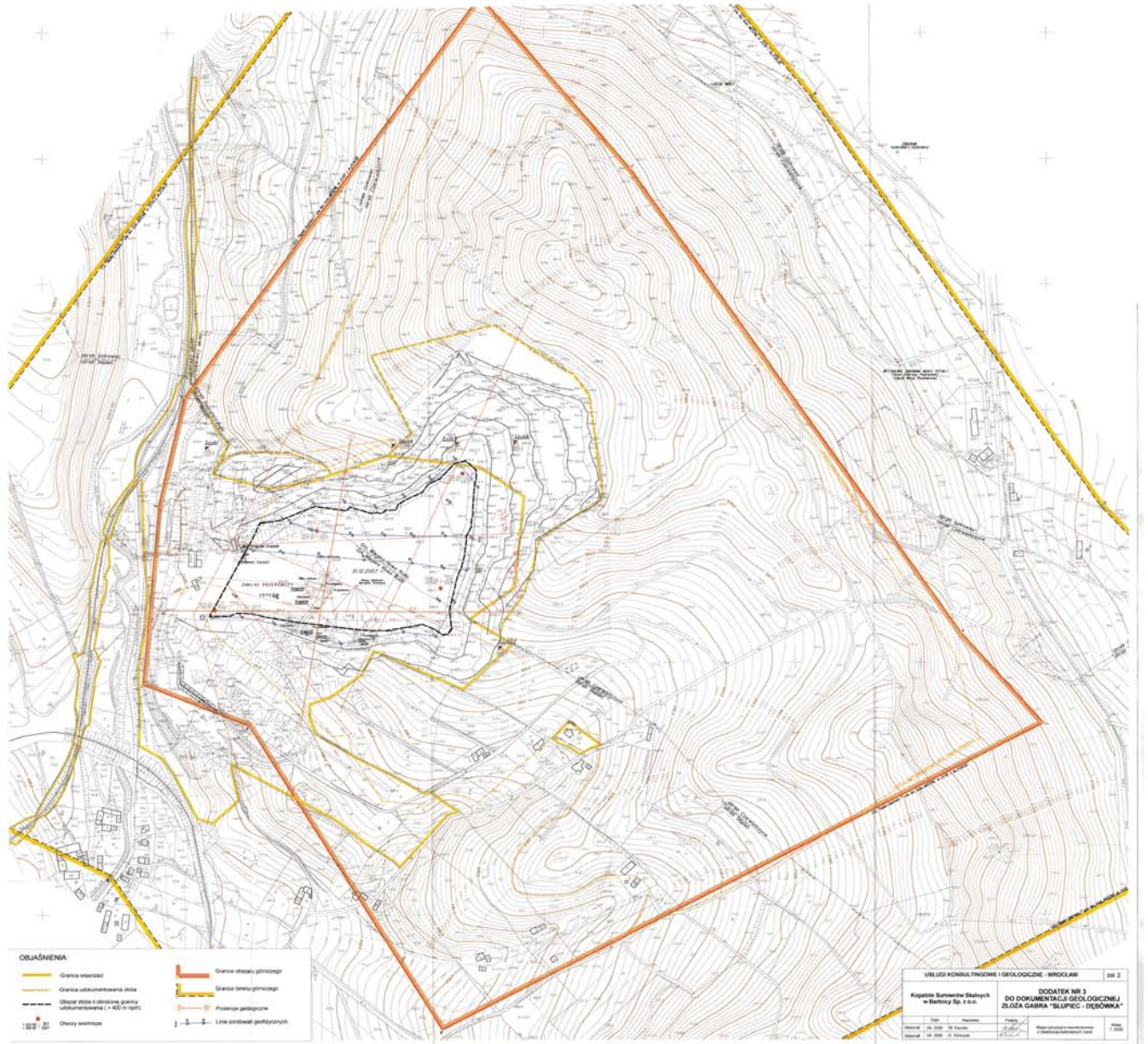
Udostępniona przez pracowników Starostwa dokumentacja geologiczna złoża Słupiec-Dębówka zawierała karty otworów, z których wprowadzono do arkusza kalkulacyjnego rzędne wysokościowe stropu i spągu każdej z opisanych warstw, nazwę warstwy i numer karty. Ze względu na różnorodny opis litologiczny występujący w poszczególnych kartach otworów, po konsultacjach z geologiem¹ dokonano uproszczenia warstw występujących w analizowanym złożu. Są to: brekcja, diabaz, diabaz silnie spękany, diabaz spękany, gabra masywne, gabra spękane, gabra spękane z wkładkami kalcytu, gleba, glina, kalcyt, nasyp, piasek, rumosz gabra i zwietrzelina gabra. Tak przygotowany plik dodano do aplikacji *ArcMap*, w której wykonano modele dla poszczególnych warstw.

Aplikację *ArcGIS* wykorzystano do kalibracji i wektoryzacji danych z mapy sytuacyjno-wysokościowej złoża Słupiec-Dębówka. Jednym z celów założonych w zadaniu 5 dotyczącym budowy *Pilotowego systemu geoinformacji dla wybranych rejonów eksploatacji surowców skalnych w województwie dolnośląskim* jest wykonanie modeli 3D wybranych złóż dlatego postanowiono przygotowane dane wprowadzić do środowiska *Datamine*.

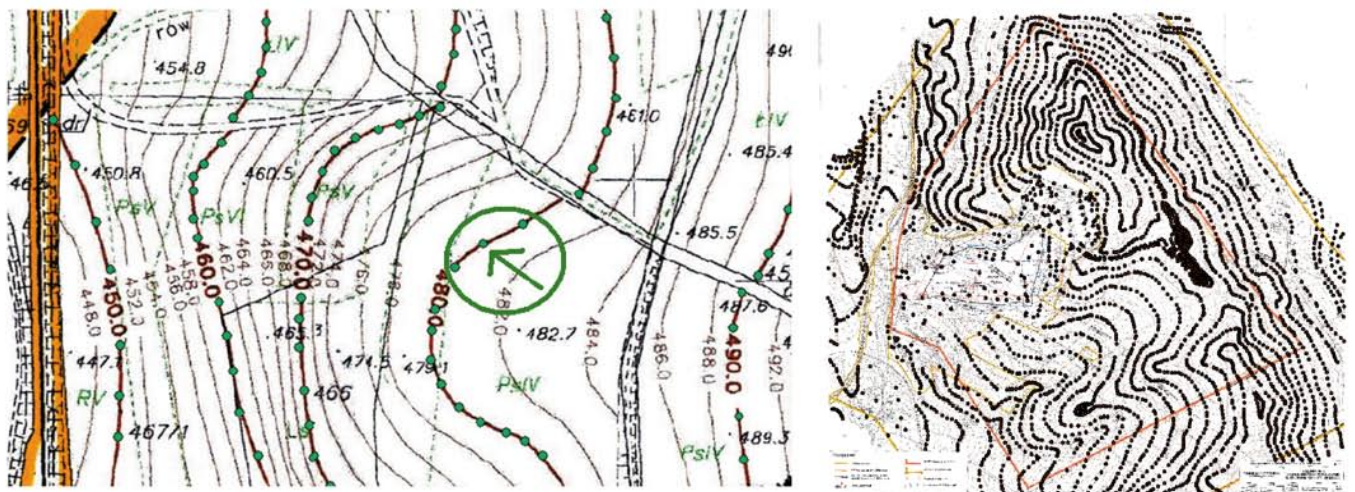
Import danych wektorowych do środowiska modelowania 3D

Integracji zasobów informacyjnych sprzyja postępujące od lat otwarcie specjalistycznych środowisk programowych na wykorzystywanie i przetwarzania danych pochodzących z innych aplikacji. Do niedawna dedykowane oprogramowanie geologiczno-górnictwa, „od zawsze” posługujące się trójwymiarowym, kartezyjskim układem współrzędnych dla celów modelowania złoża i projektowania wyrobisk kopalnianych, obsługiwało głównie własny (tj. „natywny”) format danych binarnych oraz wymianę danych z pakietami konkurencyjnymi, software’em graficznym i standardowymi bazami danych (Chadwick 2007). Rosnące znaczenie systemów informacji geograficznej wraz z ogromną ilością danych, zgromadzonych w tych systemach zostało dostrzeżone i obecnie np. pliki typu „shape” z *ArcGIS* są bezpośrednio importowane do *Datamine Studio*.

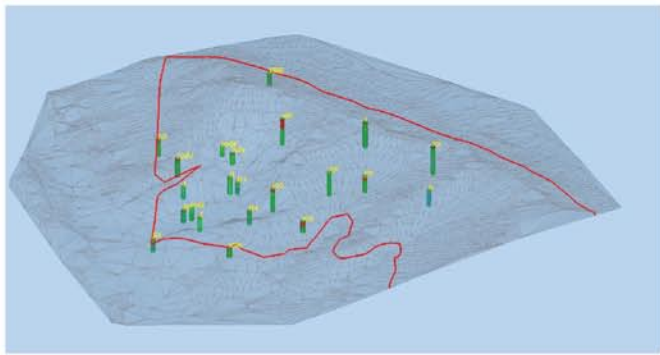
1 Konsultacji udzielił pracownik Instytutu Górnictwa P.Wr, dr P. Zagożdżon



Rys.3. Mapa sytuacyjno-wysokościowa złoża Słupiec-Dębówka [Dodatek nr 2 1994]
 Fig.3. Contour map of the Słupiec-Dębówka deposit [Dodatek nr 2 1994]

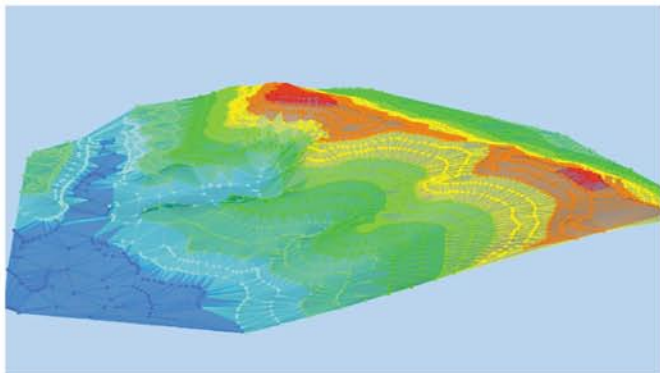


Rys. 4. Widok na mapę sytuacyjno-wysokościową złoża Słupiec-Dębówka wraz z zwektoryzowanymi punktami [Słoninski 2011]
 Fig.4 Contour map of the Słupiec-Dębówka deposit with vectorised points [Słoninski 2011]



Rys.5. Wizualizacja przestrzenna lokalizacji otworów wiertniczych; kolor próbek zgodnych z legendą litologiczną (*Datamine Studio*)

Fig.5 3-D visualisation of drillhole location; the legend for samples are coloured presents the lithology (*Datamine Studio*)



Rys.6. Wizualizacja przestrzenna modelu terenu na podstawie importowanych punktów wysokościowych (*Datamine Studio*)

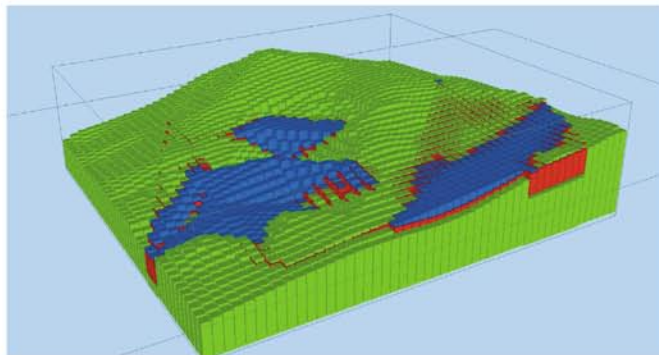
Fig.6 3-D visualisation of the terrain on the basis of imported points (*Datamine Studio*)

W celu zbudowania modelu złoża w środowisku *Datamine Studio*, będącym w użytkowaniu zarówno Instytutu Górnictwa P.Wr oraz Poltegoru-Instytutu, wczytano dane z odwiertów zapisane w bazie danych w arkuszu MS Excel oraz zbiory punktów izolinii, pochodzące z *ArcGIS* i zbudowano ich przestrzenne modele. Wykorzystano standardowe narzędzia budowy trójwymiarowych zbiorów próbek (drillholes) na podstawie lokalizacji 22 kołnierzy otworów wiertniczych i ok. 200 przelotów zlokalizowanych na podstawie odległości od kołnierza (rys. 5) oraz wariantowe narzędzia budowy siatkowych, trójkątowych modeli powierzchni (wireframes) na podstawie punktów. Uzyskanie właściwego wyglądu powierzchni terenu wymaga doboru jednej z kilku, opcjonalnych metod optymalizacji kształtu generowanych trójkątów, np. minimalizacji pola powierzchni docelowej lub uzyskania trójkątów najbardziej zbliżonych do równobocznych (rys. 6).

Utworzone i zweryfikowane modele odwiertów i powierzchni terenu były bazą do dalszego przetwarzania w celu utworzenia modelu strukturalnego złoża gabra i diabazu.

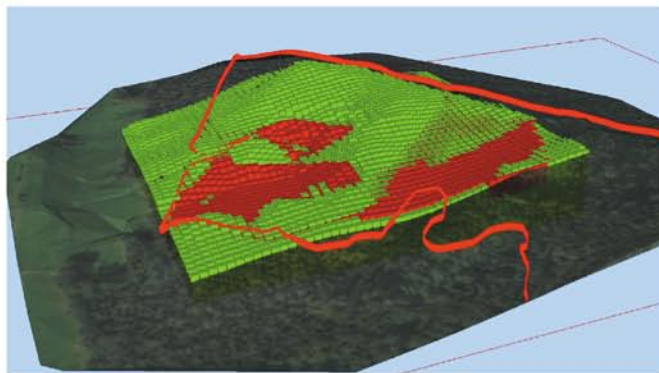
Przestrzenne modele strukturalne i wizualizacja

Kopalnia Słupiec-Dębówka eksploatuje diabaz i gabra, toteż obie te skały są traktowane jako złoża. Zwykle w kopalniach surowców skalnych odwierty nie są zbyt liczne a dokładne rozpoznanie jakości surowca jest dokonywane na bieżąco, na podstawie analizy odsłonięć i sortowaniu urobionego materiału. Dla celów ilustracyjnych zbudowano model strukturalny obejmujący 3 klasy: złoża do wybrania, złoża wybrane i nadkład. Granice poszczególnych kompleksów geologicznych identyfikowały modele powierzchni strukturalnych:



Rys.7. Strukturalny model blokowy złoża (komórki niebieskie oznaczają wyeksploatowany fragment złoża), (*Datamine Studio*)

Fig.7 Structural, orebody block model (blue cells show mined blocks), (*Datamine Studio*)



Rys.8. Strukturalny model blokowy zasobów do wybrania na tle powierzchni terenu, zaznaczono granicę złoża (*Datamine Studio*)

Fig.8 Structural, orebody block model of unmined cells over the textured terrain model, red ribbon represents the outline of the deposit (*Datamine Studio*)

- powierzchnia terenu
- strop złoża według próbek złożowych (obejmujących również obszar wybrany)
- spąg złoża (przyjęty według spągu odwiertów).

Na tej podstawie, zgodnie ze standardową procedurą tworzenia modeli blokowych zbudowano indywidualne modele wyróżnionych struktur a następnie, w wyniku superpozycji, stworzono model końcowy. Przyjęto wariant modelowania złoża typu pokładowego, tj. o nieograniczonej dokładności dopasowania miąższości poszczególnych komórek do lokalnego przebiegu powierzchni granicznej (por. rys. 7).

Model złoża jest modelem źródłowym do dalszego przetwarzania dla celów szacowania zasobów i planowania eksploatacji górniczej, co nie jest jednak celem tego zadania. Model przedstawia przestrzenny obraz złoża i może być wykorzystany dla jego wizualizacji w tworzonym systemie geoinformacyjnym. Dokładność prezentowanego modelu jest uzależniona od jakości danych źródłowych oraz ewentualnych ograniczeń w zakresie jego rozpowszechniania.

Wczytanie utworzonych modeli do roboczego okna *VR* w programie *Datamine Studio* (rysunki 5-8) pozwala na zastosowanie technik wirtualnej rzeczywistości: doboru tekstur, modeli obiektów (por.rys.1) oraz stworzenia animacji według założonego scenariusza.

Przedstawione obrazy wizualizacji modelu złoża na tle obrazu terenu stanowią ilustrację zastosowania technologii *VR* dla celów wzbogacenia systemu geoinformacji o produkty środowisk przetwarzających dane w przestrzeni 3-D.

Podsumowanie

Na wybranym przykładzie przetwarzania danych złoża surowców skalnych (tu: diabazu i gabra) przedstawiono procedurę sekwencyjnego przetwarzania danych od danych w postaci papierowej (dokumentacja odwiertów i mapy górnicze) poprzez bazowe środowisko GIS do przestrzennego programu geologiczno-górniczego.

Dostępne obecnie wersje środowisk programowych GIS oraz programów geologiczno-górnich posiadają duże możliwości płynnego przekazywania danych cyfrowych, służąc ich wszechstronnemu wykorzystaniu.

Autorzy widzą celowość wprowadzenia do tworzonego systemu geoinformacyjnego modeli VR (statyczne, animacje) jako zaawansowanych produktów grafiki komputerowej. Ze względu na bardzo różny poziom dokładności i jakości danych wejściowych nie można narzucać standaryzacji metod wizualizacyjnych.

Praca była finansowana w ramach projektu pt. "Strategie i Scenariusze Technologiczne Zagospodarowania i Wykorzystania Złóż Surowców Skalnych" współfinansowanego ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka.

Literatura

- [1] Alan B. Craig A.B., Sherman W.R., Will J.D., 2009. *Developing Virtual Reality Applications*, Foundations of Effective Design. Morgan Kaufmann Publishers by Elsevier
- [2] Chadwick J., 2007. *Software and mine planning*. *International Mining*, November, pp 19-26.
- [3] *Co to jest ArcGIS 3D Analyst*, 2009, podręcznik użytkownika, ESRI Polska
- [4] Dodatek nr 2 do *Dokumentacji geologicznej złoża gabra diabazu w kategorii B+C2 Szlupiec-Dębówka*, Borowskie Kopalnie Granitu Sp. z o.o., Borów lipiec 1994
- [5] Jurdiak L., Kawalec W., 2011, *Wirtualna kopalnia – nowe możliwości zapewnienia bezpiecznej i efektywnej ekonomicznie eksploatacji*, Szkoła Geomechaniki, 2011
- [6] Majkowska U., 1984, dodatek nr 1 do *Dokumentacji geologicznej złoża gabra Szlupiec-Debówka w kat. B*, Przedsiębiorstwo Geologiczne we Wrocławiu, grudzień
- [7] Słoniński T., 2011. *Opracowanie przestrzennego modelu złoża Szlupiec-Dębówka z zastosowaniem narzędzi GIS*, praca dyplomowa Wydziału Geoinżynierii, Górnicztwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2011
- [8] Materiały informacyjne oprogramowania geologiczno-górniczego *Datamine Studio*.
- [9] <http://www.cae.com/en/mining/home.asp>
- [10] <http://baza.pgi.waw.pl/igs207/> - strona internetowa bazy danych Infogeoskarb

Artykuł recenzowała dr Joanna Specylak-Skrzypecka
Rękopis otrzymano 11.10.2011 r. *2226



Fot. Ze zbiorów Pracowni NS w Poltegor-Institut