

*programy komputerowe, modelowanie,
planowanie, górnictwo*

Katarzyna PACTWA*

WYBRANE PROGRAMY KOMPUTEROWE WYKORZYSTYWANE W GÓRNICTWIE – PRZEGLĄD ZASTOSOWAŃ

W artykule omówiono dostępne na światowym rynku rodzaje oprogramowania komputerowego wraz z przykładami jego zastosowania, m.in. w modelowaniu struktur geologicznych, obliczaniu zasobów, projektowaniu kopalń. Zaprezentowane przykłady stanowią reprezentatywny fragment zbioru narzędzi, które z coraz większym powodzeniem wykorzystywane są w rozwiązywaniu różnorodnych zagadnień geologiczno-górnictwowych.

1. WPROWADZENIE

Dostępny na rynku sprzęt komputerowy oraz odpowiednie oprogramowanie w znaczący sposób ułatwiają pracę, pozwalają przeprowadzać w krótkim czasie skomplikowane obliczenia na dużej ilości danych. Przemysł, również górniczy korzysta z licznych programów komputerowych służących modelowaniu geologicznemu złóż, planowaniu eksploatacji, tworzeniu harmonogramów, raportów itp. Modelowanie (planowanie) w ujęciu ogólnym to proces, na który, bez względu na użyte narzędzia, składa się kilka podstawowych kroków [10, 15], a mianowicie:

- zgromadzenie pochodzących z otworów i wyrobisk górniczych odpowiednich danych o zadowalającej jakości (należy pamiętać, że jakość danych wejściowych decyduje o jakości informacji na wyjściu),

* Politechnika Wrocławska, Wydział Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii, Instytut Górnictwa, pl. Teatralny 2, 50-051 Wrocław.

- dobre rozpoznanie geologiczne (właściwa interpretacja budowy geologicznej złoże),
- przygotowanie geologicznego modelu złoże,
- przeprowadzenie analiz statystycznych,
- wybranie odpowiedniej metody interpolacji,
- generowanie map i przekrojów geologicznych,
- używanie powszechnie akceptowalnej terminologii przy generowaniu raportów i zestawień.

Każdy z przedstawionych etapów, będzie bezużyteczny, jeżeli nie zostanie wykonany z należytą starannością oraz jeżeli pozbawiony będzie właściwego opisu. Tylko starannie wykonany model złoże, zawierający niezbędne informacje na jego temat (tj. informacje o zaleganiu złoże, dane opisujące miąższość złoże, informacje opisujące jakość kopaliny, informacje o parametrach geotechnicznych, dane hydrogeologiczne) pozwoli na efektywne nim zarządzanie. Choć istnieje wiele pomocnych narzędzi, to jedynie dobrze przygotowany specjalista może w sposób efektywny z nich korzystać [10, 15].

Tematyka modelowania w górnictwie została poruszona przez Karu, Västrik i Valgma [7]. Przedstawiony przykład można uznać za reprezentatywny nie tylko dla pewnego typu złóż (*Flat-laying*). Autorzy zwrócili w swojej pracy uwagę na wiele trudności związanych z zagadnieniem modelowania, mianowicie:

- mogą pojawiać się trudności w posługiwaniu się danymi pochodzącymi z różnych okresów czasu i o różnej strukturze – łączenie baz danych umożliwiłoby uzyskanie bardziej szczegółowej informacji,
- oprogramowanie służące modelowaniu jest skomplikowane i drogie (małe zakłady),
- istnieje wiele programów (komercyjnych, typu „freeware”, z dostępem „online”), co niesie za sobą problem kompatybilności projektów wykonywanych przez różne instytucje (zakłady, biura projektowe) korzystające z odmiennych typów oprogramowania,
- w trakcie modelowania należy uwzględniać aspekty związane ze środowiskiem, ekonomią, regulacjami prawnymi, polityką itp.

W badaniach nad opracowaniem właściwego systemu cyfrowego modelowania zagadnień górniczych opisanych w artykule [7], wykorzystano szeroki wachlarz programów (część z nich opisano w dalszej części opracowania). Zajmowano się modelowaniem technologii górniczej, modelowaniem przestrzennym, wizualizacją oraz problemami geotechnicznymi. Stwierdzono, że cyfrowe planowanie pozwala na rozpatrywanie wyraźnie większej ilości opcji i jest bardziej efektywne w przypadku szacowania zasobów. Regulowanie kryteriów i metodologii pozwala na obniżenie kosztów (czas, pieniądze, zasoby ludzkie, zasoby mineralne), jak również pomaga podejmować decyzje związane z procesami górniczymi.

2. OPROGRAMOWANIE

Aktualnie na rynku dostępny jest szeroki wybór wspierającego przemysł górniczy oprogramowania. Możliwości pakietów oprogramowania to przede wszystkim [6]:

- wizualizacja,
- modelowanie,
- zarządzanie bazą danych,
- obliczanie zasobów,
- projektowanie kopalń,
- planowanie (ang. planning) przedsięwzięć górniczych.

Chociaż oprogramowanie przeznaczone do planowania górniczego ewoluowało (zmianom podlegało oprogramowanie, proponowane konsumentom narzędzia, ale również sprzęt komputerowy, a także oczekiwania samych odbiorców), to główny stawiany przed nim cel pozostawał ten sam: dostarczyć użytkownikowi narzędzi, które pozwolą szybko i dokładnie zarządzać i oszacować ryzyko związane z wydobywaniem zasobów mineralnych. Początki planowania w przemyśle górniczym przy użyciu sprzętu i oprogramowania komputerowego datuje się na lata 60. i 70. XX w. Kilka kopalń w tym czasie pracowało nad własnymi programami służącymi do modelowania zasobów oraz planowania operacji w górnictwie odkrywkowym, bazowały one przede wszystkim na blokowych modelach 3-D. Rozpowszechnienie technik komputerowych przypadło na kolejne dekady [6, 16].

W przypadku oprogramowania przeznaczonego do planowania (modelowania) w górnictwie można zauważyć wspólny trend dotyczący jego struktury. Pakiety oprogramowania składają się z modułów. Zwykle istnieje jeden program stanowiący rdzeń takiego pakietu, sprawuje on kontrolę nad pozostałymi modułami oraz umożliwia wymianę informacji i danych pomiędzy nimi. Poszczególne moduły są powszechnie dostępne, każdy z nich charakteryzuje się wyspecjalizowaną funkcjonalnością. Niektóre z modułów mogą zawierać m.in. [6]:

- edytor bazy danych próbek,
- narzędzia do interpretacji i modelowania geologicznego,
- narzędzia do obliczeń statystycznych i geostatystycznych,
- edytor do tworzenia modeli blokowych,
- narzędzia służące harmonogramowaniu produkcji.

Bardziej zaawansowane moduły mogą posiadać możliwość modelowania hydrogeologicznego i geotechnicznego, jak również być używane w rozwiązywaniu zagadnień związanych z miernictwem czy wentylacją. Programy o rozwiązaniach modułowych oferują [6]:

- rozbudowany, intuicyjny i interaktywny interfejs, który znacząco ułatwia pracę z komputerem nawet mniej wprawnemu użytkownikowi,
- szeroki zakres algorytmów służących modelowaniu i estymacji w celu przeprowadzenia interpretacji geologicznej,

- narzędzia do projektowania górniczego, pozwalające m.in. na tworzenie planów wyrobiska, przeprowadzanie analiz ekonomicznych, ocenę stateczności skarp, planowanie sieci wentylacyjnej,
- systemy kontrolujące i monitorujące połączone z poszczególnymi etapami projektowania na obszarach, tj. kontrola nachylenia zboczy, monitorowanie skarp itp.

Jako dowód istnienia opisanej architektury modułowej i bogatej oferty funkcji, poniżej przedstawiono programy komputerowe (wg producentów) przeznaczone do modelowania złóż surowców mineralnych, wraz z przykładami zastosowań.

2.1. MINERAL INDUSTRIES COMPUTING LIMITED

Jednym z wielu dostępnych narzędzi na polskim rynku jest środowisko Datamine, produkt angielskiej firmy Mineral Industries Computing Limited (MICAL) działającej od 1981 roku [9]. Datamine stanowi bogaty zestaw narzędzi wykorzystywanych m.in. do modelowania złóż, projektowania rozmieszczenia otworów strzałowych, optymalizacji gospodarki zasobami zarówno w górnictwie podziemnym jak i odkrywkowym [11]. Na oprogramowanie składają się następujące moduły sklasyfikowane w zależności od ich przeznaczenia [19]:

- Systemy Zarządzania Danymi Geologicznymi (Fusion, Downhole Explorer, DHLogger, MineMapper3D, Sample Station, Laboratory Information Management System, Sirovision, Terrain),
- Systemy zarządzania zasobami/rezerwami (Studio, Block Modeling, Wireframing, Stereonet, Geostatistics, Unfolded Geostatistics, Conditional Simulation, Mining Power Pack),
- Rozwiązania dla strategii górniczej (NPV Scheduler Products including MineFlow Optimizer, Multimine Scheduler, RM Scheduler, Mineable Reserves Scheduler),
- Rozwiązania dla projektowania i harmonogramowania górniczego (Mine2-4D Underground, Mine2-4D Open Pit, Operation Scheduler, Enhanced Production Scheduler),
- Rozwiązania dla produkcji górniczej (Operation Scheduler, Ore Controller, Ring Designer, Raw Materials Manager, Stereonet Viewer, Sirovision).

Sztandarowym produktem Datamine jest moduł Studio służący modelowaniu geologicznemu i planowaniu w górnictwie. W najnowszej jego wersji Studio 3 zmieniło m.in. liczbę widoków. Wcześniej użytkownik dysponował jedynie dwoma „oknami”: Design i Visualizer. Obecna mnogość widoków (ang. *multi-view*) pozwala na przejrzyste zaprezentowanie geologicznych, geotechnicznych oraz inżyniersko-górnich danych [13, 19].

W opracowaniu P. Zagożdżona i A. Łagowskiej [18] pokazano, że Datamine Studio posłużyć może do tworzenia modeli kopalń charakteryzujących się skomplikowa-

ną budową. Opisane złoża w Kletnie i w Kowarach Górnych charakteryzowały się złożoną ewolucją i budową geologiczną. Opracowanie modelu sieci wyrobisk i soczew fluorytowych kopalni Kopaliny w Kletnie, wizualizację powierzchni kontaktowej granitowej intruzji karkonoskiej w rejonie Kowar Górnych oraz odpowiednie modele morfologii terenu wykonano na podstawie informacji zaczerpniętych z archiwalnych map, dokumentacji geologicznej, nielicznych materiałów publikowanych oraz badań autorów publikacji.

Pakiet Datamine wykorzystywano z powodzeniem we Włoszech przez dużą organizację górnictwem Carbosulcis eksploatującą węgiel kamienny od 1992 roku. Stosowano m.in. moduły do zarządzania bazą danych geologicznych, modelowania złóż, oszacowania zasobów. Doceniono skuteczność programu i zdecydowano zakupić moduł Underground Mine Planning (projektowanie kopalń podziemnych) i Production Scheduling (harmonogramowanie wydobycie) [4].

Datamine Studio wykorzystano w Dynatec Mining Service do projektowania wielu operacji górniczych m.in. w kopalni miedzi i niklu McCreey West. Inżynierowie rozpoczynają pracę „burzą mózgow” dotyczącą ustaleń związanych z profilami wyrobisk, ograniczeniami dotyczącymi stosowanego sprzętu czy z siecią wentylacyjną. Kiedy określony zostaje bazowy projekt dalsza praca kontynuowana jest na stanowiskach komputerowych. Rozpoczyna się ona od narysowania modelu złoża w programie AutoCAD, który eksportowany jest do Datamine Studio. W celu wybrania najlepszej ze względu na ekonomiczną lokalizacji przodka wykorzystywany jest Floating Stope Optimizer. Program pozwala na maksymalizację profilu czoła wyrobiska i zminimalizowanie zawartości odpadów. Prześledzenie przeprowadzonych analiz pokazuje, że stosowanie oprogramowania przynosi dobre efekty przy identyfikowaniu obszaru przodka, określaniu optymalnej kolejności eksploatacji i porównywaniu stosowanych metod urabiania złoża [2].

2.2. GEMCOM SOFTWARE INTERNATIONAL INC.

Szereg programów dla przemysłu górnictwa oferuje firma australijska Gemcom Software International Inc. W bogatej ofercie występują m.in.:

- Surpac – oprogramowanie geologiczno-górnictwa, które wykorzystuje się do archiwizacji i przetwarzania informacji złożowych. Najistotniejszym elementem jest archiwum danych, stanowiące punkt wyjściowy dla dalszych operacji. Za podstawowe informacje potrzebne do planowania działalności górniczej i modelowania złoża uważa się dane z pomiarów geodezyjnych oraz wyniki odwiertów badawczych wraz z analizami fizykochemicznymi kopaliny, które to w dalszych etapach służą: budowie modeli powierzchniowych, modeli złożowych, prowadzeniu analiz geostatystycznych, konstruowaniu modeli blokowych [17]. Oprogramowanie znajduje zastosowanie nie tylko w rozwiązywaniu zagadnień ściśle związanych z górnictwem (generowanie przekrojów, modelo-

wanie opróbowania złoża, skarp, profilowanie wyrobisk podziemnych), ale również z ochroną środowiska (modelowanie gospodarki odpadami, modelowanie zanieczyszczeń powietrza, modelowanie transportu zanieczyszczeń w wodach gruntowych, optymalizacja transportu odpadów) czy problemami odnoszącymi się do miernictwa górniczego i geodezji [3];

- In-Site – który stanowi system zarządzający produkcją posiadający narzędzia raportujące, jest kolejną generacją produktów Gemcom – informacyjnych systemów zarządzających, które powstały w oparciu o wieloletnią wiedzę dotyczącą zarządzania produkcją górniczą [9];
- Whittle – dostarcza rozwiązań optymalizacyjnych i pozwala prowadzić analizy dla kopalń odkrywkowych, oprogramowanie to posiada rozległy zakres funkcji umożliwiających m.in. projektowanie wyrobiska docelowego, harmonogramowanie, optymalizację zasobów rezerwowych [9];
- MineSched – program, który jak twierdzi producent „jest łatwym, przejrzystym i potężnym narzędziem, a generowane dane wyjściowe są dostosowane do nowych formatów”, służy on do harmonogramowania, pracuje bezpośrednio z modelem blokowym (włącznie z Datamine) [9].

2.3. MINCOM LTD.

Oferta firmy Mincom przedstawia się następująco [11]:

- Minescape – to zestaw zintegrowanych programów stworzony w celu prowadzenia operacji górniczych, zarówno powierzchniowych jak i podziemnych dla złóż węgla oraz rud metali. Minescape zawiera w pełni zintegrowany system 3D CAD, umożliwia m.in.: operowanie powierzchnią, interpolację modeli blokowych, swobodny dostęp dla użytkowników do danych i modeli, modelowanie stratygraficzne, szacowanie zasobów, projektowanie dróg odstawy urobku, projektowanie i wstępne rozpoznanie „wiertnicze i strzałowe”, przeprowadzenie symulacji dla koparek (typu dragline), tworzenie modeli testowych dla operacji powierzchniowych i podziemnych, tworzenie analiz i raportów;
- MineScape Open Cut i MineScape Underground – to moduły służące planowaniu, uwzględniające ograniczenia geologiczne oraz praktyczne kryteria górnicze;
- MineScape Dragline, Haluage Roads, Drill & Blast – są stosowane do aktualizacji planów poprzez prowadzenie symulacji działalności górniczej, gwarantuje to osiągnięcie przez sprzęt górniczy zamierzonych zadań;
- MineScape Schedule – służy symulacji harmonogramu produkcji.

Pomyślne próby stworzenia modelu wykonano przy pomocy modułu StratModel systemu MineScape w KWB Belchatów. Skłoniło to kopalnię do nawiązania współpracy z firmą Mincom w celu zbudowania spójnego, przestrzennego komputerowego modelu struktury złoża. Etapy modelowania były następujące [1]:

- założenia dla komputerowego modelu złoża – przyjęcie zgodności warstw modelu z danymi z otworów wiertniczych i próbkami bruzdowymi zgromadzonymi w Jednolitej Bazie Danych Geologicznych (JBDG) oraz z kartowaniami i pomiarami GPS;
- wstępna weryfikacja danych do modelu mającą na celu sprawdzenie niespójności danych z otworów – JBDG ze stworzonymi wcześniej izoliniami powierzchni głównych;
- korekta niezgodności danych z otworów z izoliniami;
- ustalenie reguł modelowania (np.: zastosowanie właściwego nazewnictwa warstw, ustalenie następstwa warstw, zdefiniowanie zestawu interpolatorów);
- wymuszenie trendów na modelowanych powierzchniach;
- tworzenie modelu.

Powstały model umożliwia tworzenie przekrojów geologicznych w postaci 2D i 3D, jak również modeli jakościowych węgla: plastrowego i blokowego.

2.4. GOLDEN SOFTWARE

Surfer jest jednym spośród wielu programów oferowanych przez firmę Golden Software. Umożliwia on m.in. generowanie map 3D, siatkowych, wektorowych, wariogramów, za pomocą menagera obiektów prezentację wszystkich typów obiektów występujących w danym dokumencie, import plików w formatach DAT, TXT, SLK, XLS, CSV, BNA, wykonywanie obliczeń statystycznych na danych, dokonywanie transformacji danych przy użyciu udoskonalonych funkcji matematycznych, eksport map do formatów: DXF, SHP, BNA, BLN, TIF, JPG, obliczanie objętości i powierzchni obiektów przedstawianych na mapach [20].

Przykład wykorzystania wersji 8.0 Surfera opisali Probiez i Marcisz [14]. Program zastosowano do wykreślenia map zmian wartości parametrów jakościowych węgla w jednej z kopalń KHW S.A. W tym celu skorzystano z kilku metod oferowanych przez program a mianowicie z metody: kwadratu odwrotnych odległości, krigingu, minimalnych krzywizn, zmodyfikowanej metody Sheparda, naturalnego sąsiedztwa, najbliższego sąsiedztwa, regresji wielomianowej, radialnych funkcji bazowych, triangulacji z interpolacją liniową i lokalnych wielomianów. Najdokładniejszą metodę konturowania wybrano na podstawie kontrolnej próbki bruzdowej węgla w której oznaczono wszystkie interesujące badaczy parametry i porównano ich wartości z wartościami wielkości uzyskanych drogą szacowania. Za najdokładniejszą metodę stosowaną do szacowania wszystkich parametrów uznano metodę radialnych funkcji bazowych oraz metodę lokalnych wielomianów. Autorzy wymienili również metody najlepiej konturujące każdy z szacowanych parametrów. Zastrzeżli jednak, że uzyskane wyniki odnoszą się jedynie do konkretnego pokładu węgla.

Surfer został wymieniony w publikacji Naworyty [12] jako jedno z wielu narzędzi służących do interpolacji parametrów złożowych. Chociaż nie jest on programem spe-

cialistycznym do tego typu zastosowań, to nadaje się on dla adeptów trudnej sztuki przeprowadzania analiz geostatystycznych.

2.5. MAPTEK LTD.

Firma o australijskim rodowodzie funkcjonująca od 1982 roku. Początkowo jej produkty służyły komputerowemu wspomaganemu wydobyciu węgla kamiennego. Obecnie firma rozszerzyła swoją działalność [9]. Proponowane produkty Maptek Ltd. to:

- Vulcan – program wykorzystywany do modelowania i planowania eksploatacji złóż. Podobnie jak wcześniej wymienione programy, umożliwia on edycję grafiki 3D. Służy również do modelowania pracy maszyn, pozwala na włączenie danych w czasie rzeczywistym do procesu projektowania. Nadaje się także do efektywnej symulacji pracy dragline'ów, spycharek, układów koparki jednonaczyniowa i wóz odstawczy oraz innych sposobów przemieszczania urobku, tworzy serie diagramów, które w połączeniu z obrazem 3D w odpowiednim przedziale czasowym, dają jasny obraz procesu wydobycia. Vulcan posiada moduł o nazwie Tetra Modelling, który stosuje model czworościenny do przeprowadzenia analizy strukturalnej złoża (umożliwia modelowanie nie tylko powierzchni zewnętrznej jak w przypadku modelu zbudowanego z siatki trójkątów). Wielkość tworzonych modeli blokowych zależy zarówno od możliwości oprogramowania, którym dysponuje użytkownik, jak i od mocy obliczeniowej sprzętu [6, 9]
- MineSuite – został stworzony dla przemysłu górniczego, umożliwia przygotowanie raportów, wspomaga operacje górnicze na wielu poziomach, poczynając od otworów wiertniczych poprzez działania związane z techniką strzelniczą oraz przekazywanie produktu klientowi.

2.6. MIRARCO

MIRARCO – Mining Innovation jest organizacją non-profit założoną w Kanadzie w 1987 roku przy Uniwersytecie Laurentian, proponującą ciekawe, nowatorskie rozwiązania dla górnictwa [21]. Przygotowany przez nią został na konferencje w Toronto Prospectors and Developers pokaz systemu istniejącego w wirtualnej rzeczywistości przeznaczonego do wyświetlania projektu kopalni. Programem bazowym jest GoCAD, produkt rozwijany dla przemysłu naftowego służący do wizualizacji budowy geologicznej oraz znajdowania strefy złóż przemysłowo opłacalnych. Struktura geologiczna wyświetlana jest w postaci 3D na olbrzymim ekranie, a specjalne okulary sprawiają, że wygląda ona na rzeczywiście trójwymiarową. Trzy firmy z branży górniczej współtworzyły zaprezentowany model przedstawiający prace podziemne, drogi odstawy urobku, model złoża, rozkład otworów strzałowych i inne szczegóły. Opro-

gramowanie pozwala na powiększanie obrazu, obracanie i poruszanie się po modelu. Technologia VR (*Virtual Reality* – Wirtualna Rzeczywistość) stanowi, dzięki zdolności wizualizacji różnorodnych czynników wpływających na środowisko górnicze, narzędzie przydatne w planowaniu i projektowaniu [2, 5].

3. PODSUMOWANIE

Modelowanie jest procesem złożonym. Wymaga zgromadzenia jak największej ilości reprezentatywnych danych, często z różnych źródeł, które po odpowiednim opracowaniu pozwolą na stworzenie żadanego modelu spełniającego postawione przed nim założenia. Wraz z upływem czasu staje się to coraz łatwiejsze ze względu na wzrost możliwości technicznych sieci teleinformatycznych i innych systemów informacyjnych (IT – Information Technology) [8]. Postępująca miniaturyzacja sprzętu o większej mocy obliczeniowej, powszechny do niego dostęp oraz specjalistyczne oprogramowanie, ułatwiają modelowanie nawet skomplikowanych struktur. Oprogramowanie podlega ciągłemu rozwojowi. Jego producenci, ze względu na dużą konkurencyjność, muszą bacznie obserwować zmiany wymagań użytkowników. Wiąże się to z pracą nad poprawą funkcjonalności, uzupełnianiu o nowe narzędzia umożliwiające rozwiązywanie aktualnych problemów [6].

LITERATURA

- [1] FRANKOWSKI R., GADEK A., *Cyfrowy model stratygraficzny i jakościowy złoża węgla brunatnego stworzony przy użyciu oprogramowania górniczego „MineScape” firmy Mincom*, Górnictwo Odkrywkowe, nr 1–2, 2006, 96–102.
- [2] GIBBS B. L., *Modeling Makes the Difference*, Engineering & Mining Journal, Vol. 204, Iss. 4, 2003, 22–26.
- [3] HEJMANOWSKI R., *Graficzna projekcja danych dla celów efektywnego projektowania eksploatacji górniczej w warunkach ochrony powierzchni*, w: <http://galaxy.uci.agh.edu.pl> (lipiec 2008).
- [4] JURDZIAK L.P., *Zintegrowany pakiet programów Datamine – nowe wyzwania*, Wiadomości Górnicze, nr 6/93, 1993, 133–136.
- [5] KAISER P.K., HENNING J.G., COTESTA L., DASYS A., *Innovations In mine planning and design utilizing collaborative immersive virtual reality (CIRV)*, 104th CIM Annual General Meeting, 28 April–1 May 2002, Vancouver, BC.
- [6] KAPAGERDIS I.K., *The Future of Mine Planning Software – New Tools and Innovations*, in: <http://uk.geocities.com/adaptive> (lipiec 2008).
- [7] KARU V., VÄSTRIK A., VALGMA I., *Application of modelling tools in Estonian oil shale mining area, oil shale*, Vol. 25, No. 2 Special, 2008, 135–144.
- [8] KICKI J., TADEUSIEWICZ R., *Informatyka w górnictwie i nie tylko – gdzie jesteście i dokąd zmierzamy?*, Gospodarka Surowcami Mineralnymi, Tom 23, Zeszyt specjalny, 4, 2007, 111–135.
- [9] KOZIOŁ W., KAWALEC P., *Zastosowanie specjalistycznych programów komputerowych do planowania zagospodarowania terenów pogórnich*, w: <http://home.agh.edu.pl> (lipiec 2008).

- [10] Mining Magazine, *Model behaviour*, Vol. 194, Nr 2, February 2006.
- [11] Mining Magazine, *Fingertip planning*, Vol. 194, No. 3, March 2006, 18–22.
- [12] NAWORYTA W., *Analiza i modelowanie danych geologicznych z wykorzystaniem narzędzi geostatystycznych dla celów projektowania górnictwa*, Górnictwo Odkrywkowe, nr 1–2, 2006.
- [13] prezentacja opracowana w instytucie Górnictwa Politechniki Wrocławskiej w ramach projektu Foresight nr WKP_1/1.4.5/2/2006/4/7585/2006 „Scenariusze rozwoju technologicznego przemysłu wydobywania i przetwórstwa węgla brunatnego” realizowanego pod kierunkiem IGO „Poltegor-Institut”, Wrocław 2008.
- [14] PROBIERZ K., MARCISZ M., *Nowe szanse i możliwości wykorzystania programów AutoCAD i Surfer do konstrukcji map górnictwo-geologicznych – ich znaczenie w procesie kontroli jakości węgla i planowania produkcji kopalni*, Gospodarka Surowcami Mineralnymi, Tom 23, Zeszyt specjalny, 4, 2007, 259–266.
- [15] SIATA E., *Model geologiczny złoża i jego rola w zarządzaniu produkcją*, w: Szkoła Eksploatacji Podziemnej, Materiały Konferencyjne, 2008.
- [16] SIDES E. J., *Geological modelling of mineral deposit for prediction in mining*, Geol. Rundsch., 86, 1997, 342–353.
- [17] SKOWRONEK A., *Zastosowanie oprogramowania Surpac do celów górnictwo-geologicznej obsługi złóż*, Górnictwo Odkrywkowe, nr 2–3, 2000, 254–263.
- [18] ZAGOŹDŻON P. P., ŁAGOWSKA A., *Wykorzystanie narzędzi projektowych oprogramowania geologiczno-górnictwa do wizualizacji dawnych kopalń podziemnych Dolnego Śląska*, Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej Nr 117, Studia i Materiały Nr 32, 2006, 383–388.
- [19] www.datamine.co.uk – październik 2008.
- [20] www.goldensoftware.com – październik 2008.
- [21] www.mirarco.org – październik 2008.

COMPUTER SOFTWARE USED IN MINING INDUSTRY – REVIEW OF APPLICATIONS

The article describes software which is used e.g. in geological modelling, reserve calculation, mine design. The examples are part of tools which are used more and more frequently to solve geological-mining problems