

PROGRAMY KOMPUTEROWE – BŁOGOSŁAWIENSTWO CZY PRZEKLEŃSTWO? PROBLEMY WIZUALIZACJI DANYCH GEOLOGICZNYCH

COMPUTER SOFTWARE – A BLESSING OR A CURSE? PROBLEMS OF VISUALIZATION OF THE GEOLOGICAL DATA

Edyta Sermet, Angelika Musiał, Martyna Paszek - WGGiOŚ, AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

Dokonano porównania narzędzi używanych w przeszłości z wykorzystywanymi obecnie. „Nowoczesne techniki”, które w dużym stopniu miały uprościć obróbkę danych geologicznych nie do końca okazały się ułatwieniem, czasami wręcz utrudnieniem. Do stosowania metod komputerowych niezbędna jest rzetelna i dobrze skonstruowana baza danych oraz znajomość algorytmów wykorzystywanych przez różnego rodzaju oprogramowania, ale przede wszystkim wiedza i doświadczenie dokumentatora.

Słowa kluczowe: dane geologiczne, programy komputerowe, wizualizacja danych geologicznych

This paper presents the problems of visualization of the geological data. Tools which were used in the past were compared with those used nowadays. „Modern techniques”, which suppose to be simplification, turn into difficulty. To use computer method indispensable is reliable and well structured data base. The knowledge of algorithms, which are used in various programs are very important as well, but the first of all user's skills and experience.

Keywords: geological data, computer software, visualization of the geological data

Wstęp

Od połowy XX wieku komputery zaczęły odgrywać coraz większą rolę w naszym życiu. Coraz powszechniej były wykorzystywane, choć początkowo tylko do rozwiązywania układów równań algebraicznych (nazwa *computer*, to *compute-obliczać*; jeszcze w XVII – XIX wieku oznaczała rachmistrza, dopiero od koniec XIX w. zaczęto jej używać w odniesieniu do maszyn liczących), łamania szyfrów, balistyki (głównie w okresie międzywojennym). W bardzo krótkim czasie ich zastosowanie stawało się coraz ogólniejsze, by współcześnie stać się urządzeniem bardzo powszechnym, często zminiaturyzowanym, znajdującym zastosowanie w każdej dziedzinie naszego życia.

„Wszędobylskie” komputery zaczęły również pełnić istotne funkcje w rozwiązywaniu różnorodnych zagadnień geologiczno-górnictwa. Usprawniają one przede wszystkim proces opracowania danych geologicznych (sporządzania i zarządzania bazą danych) i ich wizualizację (tworzenia diagramów, map, modeli złóż), szacowanie zasobów, planowanie eksploatacji, projektowania kopalń itp. Podstawą i punktem wyjścia w tych działaniach jest posiadanie wiarygodnych i poprawnych informacji źródłowych o złożu oraz wiedza, doświadczenie i „zdrowy rozsądek” geologa dokumentatora.

Problem informacji geologicznej

W myśl ustawy Prawo geologiczne i górnicze [12] informacją geologiczną są dane (wyniki bezpośrednich obserwacji i pomiarów uzyskanych w toku prowadzenia prac geologicznych)

i próbki geologiczne wraz z rezultatami ich przetworzenia i interpretacji. W takim ujęciu informację geologiczną stanowią efekty prac kartograficznych, geologicznych (profilowania rdzeni, otworów wiertniczych), inżynierskich, geofizycznych, hydrogeologicznych a także wyniki badań laboratoryjnych (np. oznaczenia właściwości fizyczno-mechanicznych skał, składu mineralnego, petrograficznego itd.).

Informacje pozyskane w wyniku prac geologicznych są gromadzone w archiwach przez organy administracji geologicznej i państwową służbę geologiczną, a prawo do nich przysługuje Skarbowi Państwa. Przy pomocy państwowej służby geologicznej organy te mają również obowiązek udostępniać zebrane dane (niejednokrotnie za wynagrodzeniem - w przypadku, gdy przedmiotem udostępnienia są m.in. dane geologiczne, mające być wykorzystane w celu wykonywania działalności związanej z wydobywaniem kopalni ze złóż, poszukiwaniem, rozpoznawaniem oraz wydobywaniem węglowodorów) [8, 9, 10, 12].

W trakcie korzystania i opracowywania danych geologicznych, przedstawianych później w dokumentacjach geologicznych mogą znajdować się pewne nieścisłości lub nawet błędy. Ich źródło może być różnorakie i wynikać z:

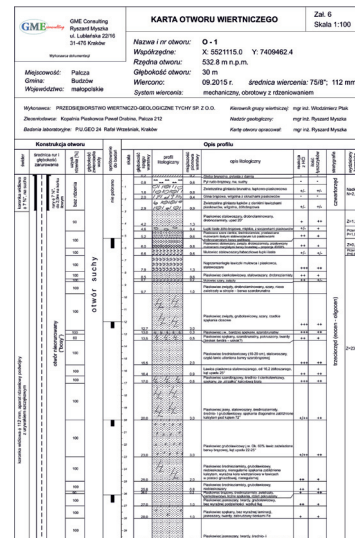
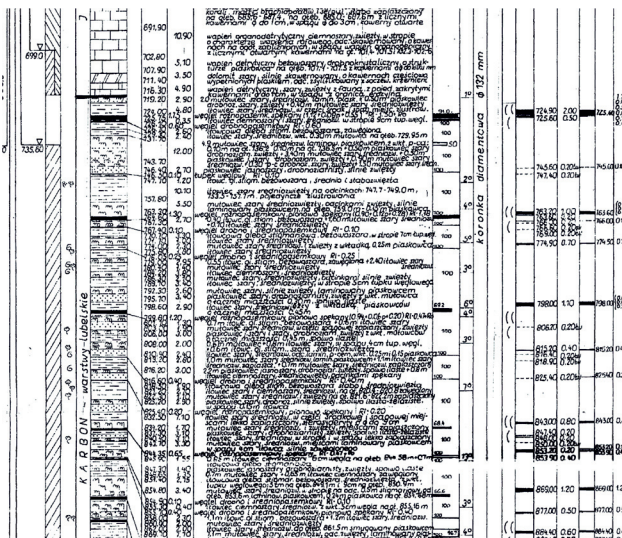
- błędne rozumienie pojęcia „informacja geologiczna”,
- pochodzenia informacji,
- niedostatecznej ilości wykonanych badań umożliwiających rozpoznanie złoża (im mniej, tym słabsze jest rozpoznanie złoża i równocześnie większe ryzyko popełnienia błędu przy kreowaniu modelu budowy i zmienności parametrów złoża),

- d) jakości i użyteczności danych oraz możliwości ich weryfikacji (tab. 1),
 e) przyjętej hipotezy na temat budowy złoża, sposobu prezentacji i form wykorzystania danych [10, 5],
 f) niekompetencji dokumentatora.

i rozstrzygnięcia uzyskane z obliczeń czy efekty wizualizacji komputerowych z uwagi na ich atrakcyjność, estetyczność, a co za tym idzie złudną prawdziwość, rzetelność i wiarygodność. Istnieje zatem konieczność rozpatrzenia i zweryfikowania prawidłowości przyjmowanych rozwiązań, nie tylko na poziomie

Tab. 1. Weryfikacja informacji geologicznych [wg 5, zmieniona]
 Tab. 1. The auditability of geological information [after 5, modified]

Rodzaj informacji	Weryfikacja informacji		
	Możliwa	Możliwa	Praktycznie niemożliwa
	łatwa	utrudniona	
pierwotna (bezpośrednie badania, pomiar, obserwacje itp.)	powtórzenie obserwacji, badań	ponowne wykonanie badań, pomiarów w terenie	brak lokalizacji miejsca wykonania badań; brak rdzenia z otworu wiertniczego
wtórna (efekt przetworzenia, np. mapy, przekroje, profile)	stwierdzenie błędów interpretacji i prezentacji	sprawdzenie poprawności prezentacji informacji, przyjętej metody prezentacji	brak dostatecznych danych na temat poprawności informacji podstawowej
pochodna (komentarz, wynik interpretacji)			



Rys. 1. Profil otworu wiertniczego wykonany techniką klasyczną (a) i komputerową (b)
 Fig. 1. The borehole profile: classical (a) and computer (b) version

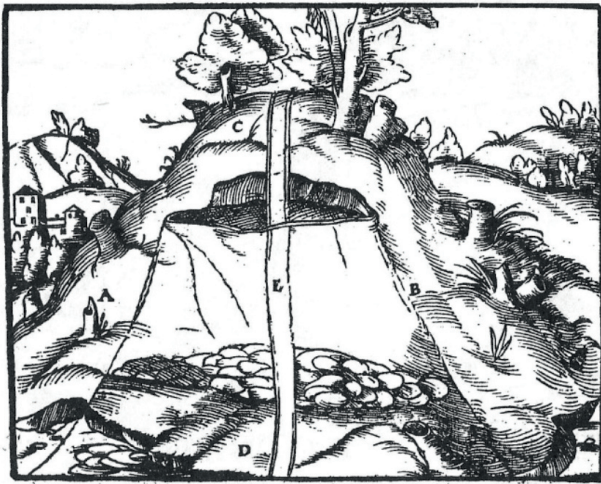
Dane (informacje) geologiczne stanowią podstawę do prowadzenia dalszych prac związanych z ich opracowywaniem, przetwarzaniem, wykorzystaniem. Są zestawiane i przedstawiane w sposób graficzny lub opisowy, w różnego rodzaju dokumentacjach geologicznych, hydrogeologicznych, geologiczno-inżynierskich lub innych dokumentach niezbędnych dla projektowania prac poszukiwawczych, eksploracyjnych, planowania i prowadzenia eksploatacji, oceny warunków geologiczno-inżynierskich, zagrożeń wodnych, kwestii ochrony środowiska, planowania działalności gospodarczej związanej np. z wydobywaniem kopalni. Są również jednym z komponentów systemu informacji przestrzennej (GIS).

Tak szerokie spektrum posługiwania się i wykorzystywania danych geologicznych zobowiązuje do zastanowienia się i podjęcia w bardzo odpowiedzialny sposób do problematyki ich przetwarzania i interpretacji. Problem ten staje się niebagatelnym w sytuacji, kiedy do opracowywania wyników pochodzących z prac i badań geologicznych wykorzystujemy techniki komputerowe. Wówczas, często bezkrytycznie, przyjmujemy rezultaty

bezbłędności wykonanych obliczeń, poprawności przyjmowanych algorytmów, czy założeń modelowych, ale przede wszystkim na etapie rozumienia, pozyskiwania i interpretacji informacji geologicznych.

Zalety i wady stosowania technik informatycznych

Informacje geologiczne przedstawia się głównie w sposób opisowy oraz graficzny. Dzięki ogólnemu dostępowi do sprzętu komputerowego i szerokiej gamy specjalistycznego oprogramowania (m.in. Surfer- tworzenia map; AutoCad-mapy, przekroje, modele 3D; CorelDraw - obróbka rysunków; RockWorks- mapy, przekroje, modele złóż, Minescape, Datamine – modelowanie złóż) prace związane z tworzeniem baz i wizualizacją danych geologicznych (przede wszystkim tworzenie wykresów obrazujących zmienność parametrów złożowych, profili otworów wiertniczych, map, przekrojów, diagramów blokowych, modeli złóż) i szacowaniem zasobów złóż stały się znacznie prostsze, szybsze z uwagi na możliwość



Początek A. Koniec B. Głowa C. Ogon D. Żyła poprzeczna E.



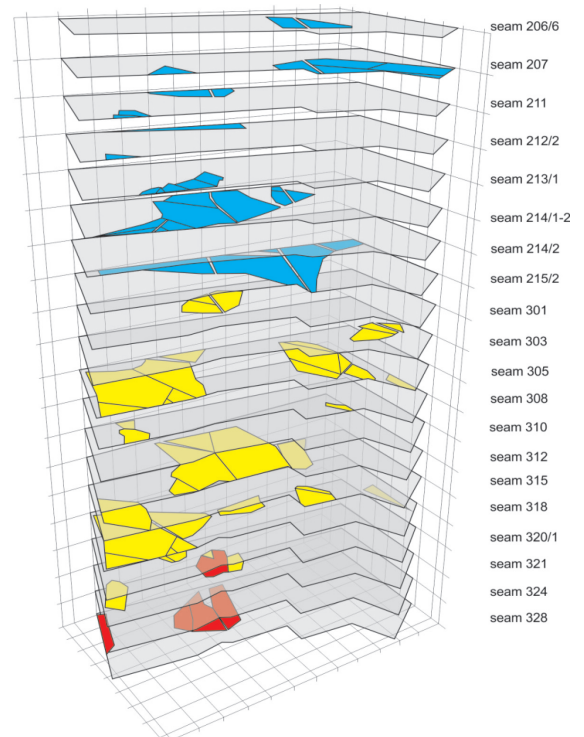
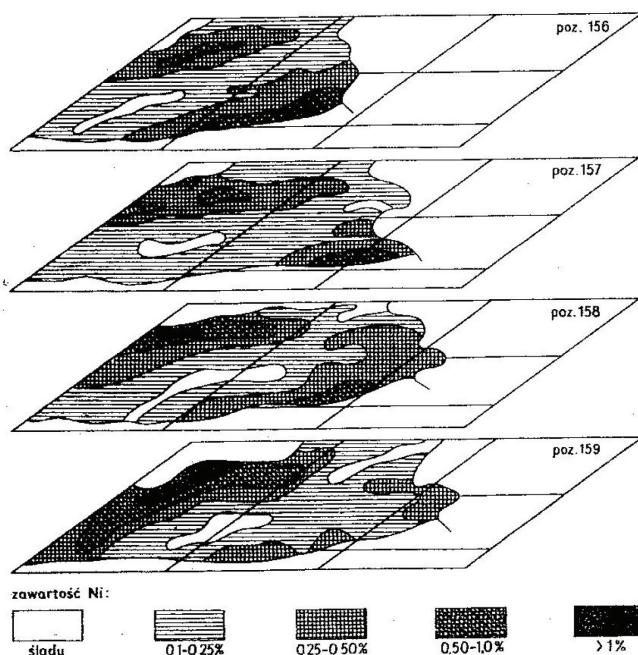
Rys. 2. Oryginalny wg Agricoli [1] i zmodyfikowany obraz żyły kruszcowej
Fig. 2. The original after Agricola [1] and modified ore vein image

wprowadzania korekt i zmian, czy różnych wariantów rozwiązania zadania geologicznego. Bezspornie wyniki tych prac są wizualnie bardziej atrakcyjne niż obrazy kreślone odręcznie (rys. 1), mimo że zawierają one znacznie mniej danych. Wystarczy chociażby „pokolorować” lub „przerysować” w dowolnym programie graficznym obraz ilustrujący zjawisko geologiczne a nabiera on zupełnie innego wyglądu (rys. 2).

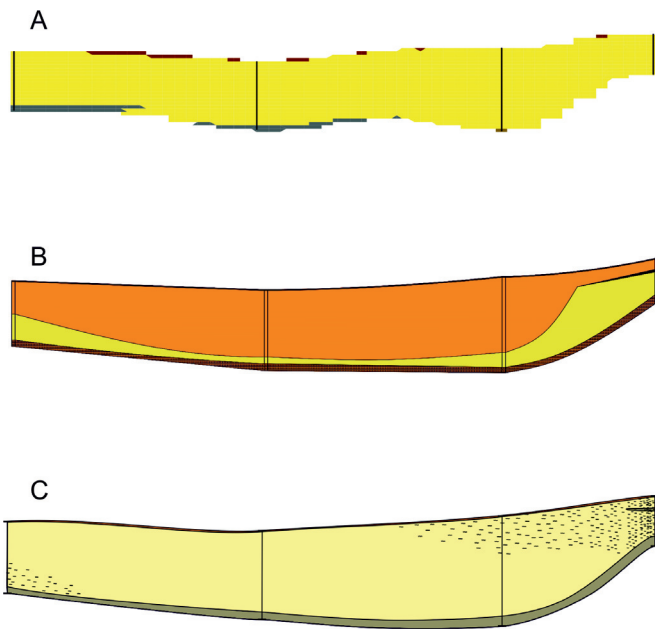
Ogromną zaletą stosowania technik informatycznych jest, po stworzeniu bazy danych (czynności generalnie żmudnej, praco- i czasochłonnej), możliwość dynamicznego, sprawnego i wielowariantowego tworzenia obrazu geologicznego np. złoża lub parametrów złożowych poprzez konstrukcję map izolinii, przekrojów, diagramów itp. (rys. 3). Modyfikacja przyjętego modelu, po wprowadzeniu nowych, uzupełniających danych jest sprawna i względnie szybka. Sposobność dobierania różnorodnych algorytmów interpolacyjnych, ułatwia wielowariantowe

spojrzenie na złożo, czy zmienność badanego parametru.

W przypadku kreślenia map izolinii, w zależności od programu, użytkownik ma do wyboru różne funkcje doboru interpolatora. Znajomość algorytmów interpolacyjnych wykorzystywanych do tworzenia obrazów budowy złoża jest niezbędna. „Machinalne” ich przyjmowanie może być źródłem powstawania szeregu mylnych, a nawet błędnych obrazów. W celu uniknięcia niejasności, wskazane jest podanie rodzaju zastosowanego algorytmu interpolacyjnego. Przykładowo interpolatory opierające się na średniej ważonej (np. w procedurze krigingu zwyczajnego, metodzie wagowania na odwrotność odległości) prowadzą do istotnej redukcji rzeczywistej zmienności parametru. Na mapach przejawia się to zbyt uproszczonym przebiegiem izolinii. Innym, często spotykanym mankamentem przy konstrukcji map izolinii jest niespójność wartości izolinii z wartościami parametru stwierdzonymi w punktach opróbowiań, co



Rys. 3. Przykład zastosowania rzutów aksonometrycznych w konstrukcji blokdigramów
Fig. 3. An example of axonometric views for blockdiagram preparation



Rys. 4. Różne modele złoża, uzyskane po zastosowaniu odmiennych programów informatycznych

Fig. 4. Different models of deposit – results of various computer software

wynika z ignorowania obserwacji stanowiących podstawę interpolacji [3].

Niejednokrotnie w trakcie tworzenia map izolinii, nie jest uwzględniana zmienność badanego parametru. Problem pojawia się w przypadku, gdy badana cecha charakteryzuje się zmiennością losową. Dominacja losowego składnika zmienności wpływa na małą dokładność map, wyrażającą się wielkością błędów interpolacji. Wygenerowane w ten sposób mapy, mimo że przedstawiają przekonujący obraz zróżnicowania cech złoża, stanowią merytorycznie bezwartościowy materiał [2, 3].

Wzrost możliwości stosowania systemów informacyjnych, powszechny dostęp do nich, rozwijające się

specjalistyczne oprogramowanie, umożliwiające szerokie zastosowanie metod statystycznych i geostatystycznych (m.in. do konstrukcji map parametrów złożowych, szacowania zasobów, obliczania błędów interpolacji), co było jeszcze 30-40 lat temu praktycznie niewykonalne lub bardzo mocno ograniczone. Wówczas obliczanie np. semiwariogramów, czy stosowanie krigingu dla dużego zbioru danych stanowiło długotrwały ponad miarę proces, niejednokrotnie też większy zbiór danych praktycznie uniemożliwiał wręcz przeprowadzanie obliczeń.

Uwarunkowania techniczne, rodzaj oprogramowania, przyjmowane modele obliczeniowe itd. (rys. 4), automatyzacja i stosowanie szeregu pomocnych narzędzi programowych niesie za sobą ryzyko formalizacji interpretacji danych geologicznych, chociażby poprzez pomijanie informacji załączanych do przekrojów geologicznych czy map strukturalnych w formie opisowej [5, 6].

Podsumowanie

Technika komputerowa bezdyskusyjnie usprawnia prace związane z modelowaniem geologicznym i procedurą szacowania zasobów. Jednakże nosi ona tylko pozory nowoczesności. „Modelowanie” i „wizualizacja” danych geologicznych stosowane jest od zawsze. Zmieniła się jedynie stosowana terminologia. Nie stanowi ona o nowej jakości informacji, a tylko stwarza pozorną odmienność. W rzeczywistości sugerowanie pojęcia „modelowanie geologiczne” jest tylko pozornie innowacyjne.

Na pewno komputerowe wspomaganie prac geologicznych ułatwia życie twórcom i użytkownikom danych geologicznych. Ale żeby te doświadczenia „wizualizacyjne” chwalić i „błogosławić”, trzeba mieć pewność niepopelniania błędów „geoignorancji” w stosowaniu technik komputerowych.

Praca wykonana w ramach działalności statutowej AGH WGGiOŚ nr 11.11.140.320

Literatura

- [1] Agricola G. De re metalica libri XII. Reprint Muzeum Karkonoskie, Jelenia Góra 2000.
- [2] Dolik M., Nieć M., Kokesz Z., *Sens i bezsens map izolinii*. Wyd. AGH, Kraków 1988, s.216-219.
- [3] Mucha J., Wasilewska M., *Siedem grzechów głównych (?) dokumentowania jakości i zasobów złóż*. Górnictwo Odkrywkowe, nr 1-2, 2006, s. 35-42.
- [4] Nieć M., *Geologia kopalniana*, Wyd. Geol., Warszawa, 1990
- [5] Nieć M., *Problemy geologicznego dokumentowania złóż kopalin stałych*. Wyd. IGSMiE PAN, Kraków, 2001.
- [6] Nieć M., *Wczoraj i dziś dokumentowania geologicznego złóż kopalin i problemy prawa geologicznego i górnictwa*. Górnictwo odkrywkowe, 2016 w druku.
- [7] Pactwa K., *Wybrane programy komputerowe wykorzystywane w górnictwie – przegląd zastosowań*. Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej Nr 128, 2009, s. 169-178.
- [8] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2011 r. w sprawie korzystania z informacji geologicznej za wynagrodzeniem (Dz.U. Nr 292, poz. 1724),
- [9] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 15 grudnia 2011r. w sprawie gromadzenia i udostępniania informacji geologicznej (Dz.U. Nr 282, poz. 1657),

- [10] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 czerwca 2015 r. w sprawie przekazywania informacji z bieżącego dokumentowania przebiegu prac geologicznych (Dz.U. z 2015 r., poz. 903).
- [11] Sermet E., Górecki J. *Co z jakością informacji geologicznej?* Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej, nr 119, 2007, s. 183-186
- [12] Ustawa z dnia 9 czerwca 2011 r. Prawo geologiczne i górnicze Dz. U. z 2015 r. poz. 196, z późn. zm.



fol. A. Borowicz

Górno, Wyrobisko A w Kopalni Józefka