

## DZIEDZINOWE MODELE POJĘCIOWE DOTYCZĄCE INFORMACJI PRZESTRZENNEJ NA PRZYKŁADZIE GEOLOGII

### DOMAIN-SPECIFIC GEOSPATIAL INFORMATION CONCEPTUAL MODELS: THE CASE OF GEOLOGY

**Janusz Michalak**

Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski

**Słowa kluczowe: geoinformacja, struktura informacji, model dziedzinowy informacji, dane geologiczne**

Keywords: geoinformation, structure of information, domain model of information, geological data

### Wstęp

Geomatyka, rozumiana jako dziedzina o zakresie określonym przez międzynarodowe normy grupy ISO 19100 – *Geographic Information/Geomatics*, dotyczy różnych aspektów informacji przestrzennej, jednak tylko tych aspektów, które nie są związane bezpośrednio ze specyfiką konkretnej dziedziny, z której ta informacja pochodzi. Z tego powodu dorobek geomatyki, wyrażający się głównie w formie ogólnych modeli pojęciowych z zakresu geoinformacji, nie może być zastosowany bezpośrednio w danej dziedzinie.

Aby ogólny model pojęciowy mógł być zastosowany w praktyce, konieczne jest rozbudowanie go o elementy specyficzne dla tej dziedziny. Elementy te są często nazywane tematycznymi lub poprawnie – dziedzinowymi. Ta konieczność jest konsekwencją faktu, że modele ogólne są w pewnym sensie „wspólnymi mianownikami”, czyli uogólnieniami modeli dziedzinowych i przez to zawierającymi jedynie te elementy, które występują w wielu modelach szczegółowych należących do tego samego typu. Elementy dziedzinowe, specyficzne dla określonych zastosowań, w procesie uogólniania (abstrakcji) zostają pominięte. Z tego powodu, z punktu widzenia danej dziedziny, mają one charakter abstrakcyjny w sensie metodyki języka UML.

Jest jednak wiele przypadków, w których dla określonego modelu szczegółowego w danej dziedzinie nie ma ogólnego (abstrakcyjnego) modelu geomatycznego, który mógłby służyć jako baza dla opracowania modelu szczegółowego. Takie przypadki dotyczą typów informacji przestrzennej, które występują tylko w jednej lub bardzo ograniczonej liczbie dziedzin i z tego powodu opracowanie modelu uogólnionego nie jest racjonalnie uzasadnione lub nie jest potrzebne.

Geologia jest dziedziną, w której uwzględnianie trzeciego wymiaru ( $z$ ) jest koniecznością i z tego względu często są stosowane typy geoinformacji nie mające zastosowania w innych dyscyplinach. Jednak nie jest ona wyjątkiem, należy przypuszczać, że inne dziedziny również posługują się typami geoinformacji nie spotykanymi gdzie indziej – specyficznymi tylko dla tej dziedziny. Obecnie w wielu ośrodkach badawczych w różnych krajach prowadzone są prace nad modelami pojęciowymi geoinformacji geologicznej (Brodaic, 2002; Cox, 2001a; Cox, 2001b; Wilson, 2002a; Wilson, 2002b), a w zakresie hydrogeologii także w Polsce (Michalak, 2003a; Michalak, 2003b).

Przedstawiona analiza kilku przypadków z zakresu informacji przestrzennej w geologii ma za zadanie zilustrować problematykę modeli dziedzinowych. Do takich przypadków należy przekrój geologiczny w układzie przestrzennym ( $l, z$ ), gdzie współrzędna  $l$  jest określona wzdłuż linii łamanej łączącej punkty lokalizacji otworów wiertniczych.

Innym przypadkiem z zakresu geologii jest zestaw danych dotyczących otworu wiertniczego, gdzie jednowymiarowy układ przestrzenny  $g$  (głębokość od powierzchni terenu w punkcie, w którym rozpoczęto wiercenie) jest określony na krzywej, której poszczególne fragmenty mogą być znacząco nierównoległe do linii pionu.

Kolejny przykład dotyczy opisu procesu tworzenia się profilu geologicznego w określonym punkcie. W tym przypadku konieczne jest zastosowanie dwuwymiarowego układu czasoprzestrzennego ( $z, t$ ) i posługiwanie się elementami geometrycznymi i topologicznymi odpowiednimi do tego układu.

Szczególnie trudne i specyficzne dla geologii problemy z tego zakresu występują w przypadkach zapisu przestrzennych modeli budowy struktur geologicznych. Wymaga to posługiwania się między innymi pokryciami trójwymiarowymi, w znaczeniu określonym przez normy ISO 19100 terminem *3-dimensional coverage* i można tu stosować wiele różnych typów pokryć o takiej wymiarowości.

W modelu budowy geologicznej pokrycia trójwymiarowe są wiązane za pomocą asocjacji z danymi z otworów wiertniczych, z danymi geofizycznymi i z przekrojami geologicznymi. Powoduje to znaczną komplikację modeli pojęciowych i w konsekwencji prowadzi do konieczności prowadzenia oddzielnych, specyficznych dla geologii prac badawczych nad zagadnieniami informacji przestrzennej dotyczącej trójwymiarowych wyróżnień (*3-dimensional features*) w trójwymiarowej przestrzeni.

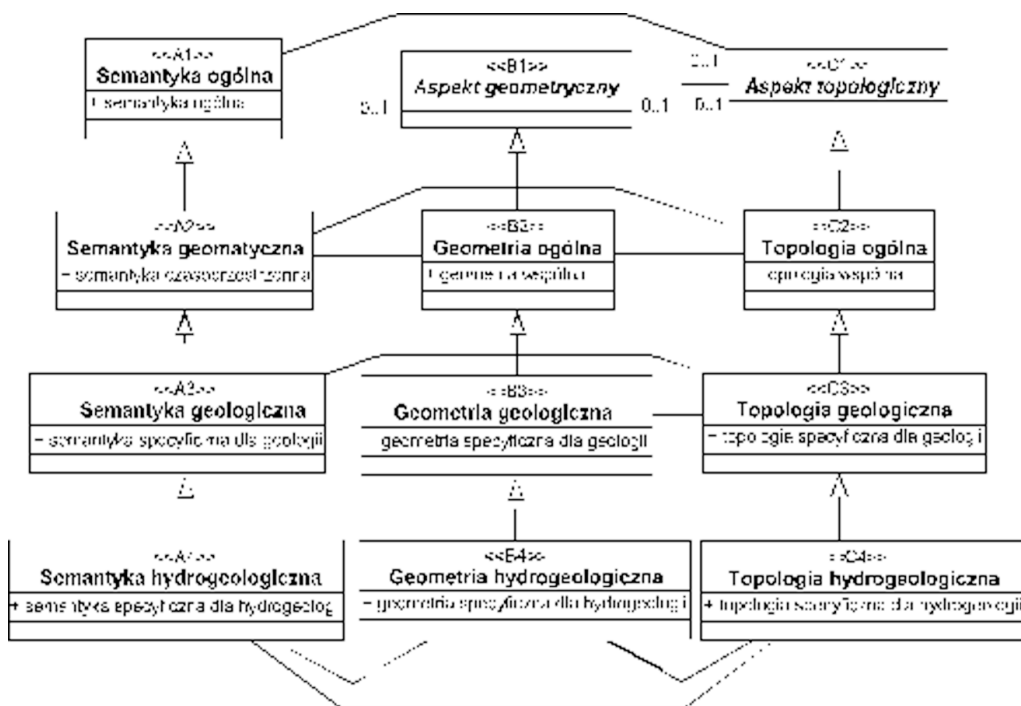
W dalszej części przedstawione są wybrane specyficzne problemy geomatyki geologicznej i analiza możliwości ich rozwiązania. W opracowaniach geologicznych można także spotkać inne rodzaje geoinformacji geologicznej, lecz nie są one typowe i występują sporadycznie. Z tego względu nie będą tu odrębnie rozpatrywane.

## **Aspekt geoprzestrzenny informacji geologicznej i jej podstawowe rodzaje**

Informacja geologiczna jest złożoną kompozycją wielu różnych składników o różnym stopniu ogólności. Można tu dokonać dwóch różnych podziałów. Pierwszy podział dotyczy stopnia ogólności:

- Informacja ogólna, czyli niezwiązana z określoną dziedziną zastosowań.
- Geoinformacja ogólna – jak w poprzednim punkcie, ale z odniesieniem geoprzestrzennym.

- Geoinformacja geologiczna – jak w poprzednim punkcie, ale dotycząca zjawisk występujących pod powierzchnią ziemi.
- Zgodnie z tym podziałem, geoinformacja geologiczna może składać się ze wszystkich lub z dowolnie wybranych wyliczonych powyżej elementów. Drugi podział dotyczy aspektu składników i można tu wydzielić trzy aspekty:
- Aspekt semantyczny, czyli zbiór składników związanych ze znaczeniem ogólnym lub tematycznym.
  - Aspekt geometryczny (przestrzenny i czasowy) – składniki geoprzestrzenne określające położenie i kształt zjawiska przy pomocy odniesienia przestrzennego i często także czasowego w oparciu o system odniesienia.
  - Aspekt topologiczny (przestrzenny i czasowy) – dotyczy składników opisujących powiązania geoprzestrzenne występujące pomiędzy zjawiskami.
- Przedstawione tu wzajemne relacje pomiędzy dwoma podziałami można przedstawić w postaci sformalizowanej przy pomocy diagramu UML przedstawiającego generalizację i specjalizację opartą na dziedziczeniu (rys. 1).



Rys. 1. Sformalizowany graficzny zapis relacje pomiędzy stopniem ogólności geoinformacji a aspektem semantycznym, geometrycznym i topologicznym

## Ogólne rodzaje geoinformacji stosowane w geologii

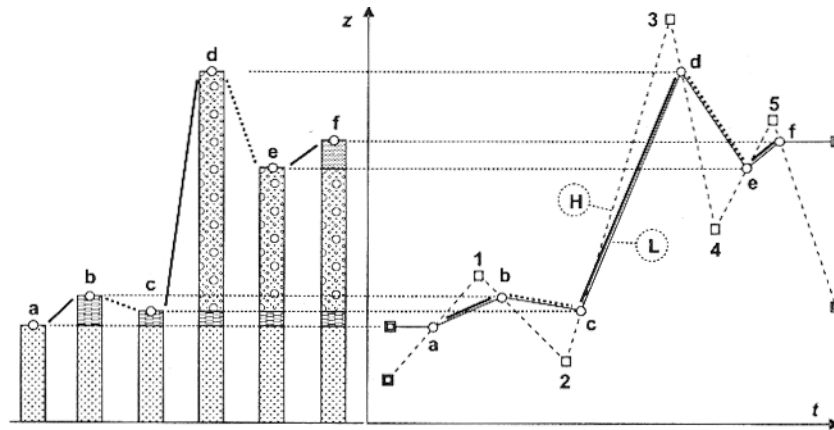
Rodzaje ogólne geoinformacji to w pewnym sensie „wspólny mianownik”, czyli te rodzaje, które występują w różnych dziedzinach i ich forma jest wszędzie taka sama lub bardzo podobna. Mapa geologiczna jest opracowywana na takich samych zasadach jak mapy przeznaczone do innych celów. Reguły dotyczące geometrii i topologii są tu takie same, a różnica polega przede wszystkim na treści mapy, czyli na aspekcie semantycznym. Większość geoinformacji geologicznej może być wyrażona w sposób taki sam jak jest to robione w innych dziedzinach. Posługiwanie się ogólnymi rodzajami geoinformacji jest bardzo pożądane i wygodne – nie ma potrzeby opracowywania dla tych rodzajów odrębnych metod przetwarzania i komunikowanie się w tym przypadku na zewnątrz danej dziedziny jest znacznie łatwiejsze niż w przypadku geoinformacji specyficznej dla danej dziedziny. Rodzaje ogólne, przez swoją uniwersalność, mają także i istotne ograniczenia. Zdecydowana większość praktycznych zastosowań informacji geoprzestrzennej oparta jest na odniesieniu bezpośrednim dwuwymiarowym – 2D: kartezjańskim  $(x, y)$  lub sferycznym  $(\phi, \lambda)$ . Jednak w przeciwieństwie do wielu innych dziedzin geoinformacja geologiczna wymaga często odniesienia trójwymiarowego – 3D:  $(x, y, z)$  lub  $(\phi, \lambda, h)$ . O ile w systemach komputerowych odniesienie trójwymiarowe może być łatwo zrealizowane (także z uwzględnieniem czasu), zobrazowanie trójwymiarowe jest znacznie trudniejsze i w tym przypadku najczęściej stosuje się analogiczne sposoby jak w tradycyjnej mapie papierowej.

## Rodzaje geoinformacji specyficzne dla geologii

Obok trójwymiarowości przestrzeni, innym specyficznym problemem w geologii jest nie spotykane w innych dyscyplinach odniesienie czasowe oparte na tablicy stratygraficznej. Wynika to ze skali czasu geologicznego obejmującego ponad 3,6 miliardów lat i z trudności określania wieku bezwzględnego. Z tego względu w geologii jest powszechnie stosowany porządkowy system odniesienia czasowego o hierarchicznej czteropoziomowej budowie. Struktura i wszystkie elementy tego systemu są zdefiniowane w tabelarycznym dokumencie *International Stratigraphic Chart* (Remane i in., 2002). Model pojęciowy topologicznego porządkowego systemu odniesienia czasowego w geologii jest przedstawiony w dalszej części.

Pokrycia macierzowe (siatkowe i rastrowe), jako odrębny specyficzny typ wyróżnienia, są najczęściej traktowane w innych dziedzinach jako wyróżnienia czysto geometryczne. Jednak w zastosowaniach geologicznych w wielu przypadkach zapis i analiza zależności pomiędzy poszczególnymi elementami (komórkami) pokryć macierzowych są niezbędne. Z tego względu, biorąc pod uwagę specyfikę zapisu macierzowego, rozwijane są odrębne metody zapisu topologii dla tego rodzaju geoinformacji, w których zależności topologiczne są kodowane w oddzielnym pokryciu macierzowym o geometrii zgodnej z pokryciem wyjściowym. Tabela 1 ilustruje taki sposób zapisu. Informacja podstawowa (a) przedstawia rozkład przestrzenny dwóch wydzieleń: A i B. Informacja topologiczna (b) dotycząca tych dwóch wydzieleń określa stopień sąsiedztwa pomiędzy poszczególnymi elementami (komórkami) należącymi do różnych wydzieleń w skali od 0 do 12 według zasady: 0 – całkowity brak sąsiedztwa, 1 – styk narożami, 2 – styk bokami, a wyższe liczby są sumą tych liczb w przypadku sąsiedztwa wielokrotnego, na przykład 12 oznacza pełne otoczenie komórki jednego wydzielenia przez komórki drugiego.

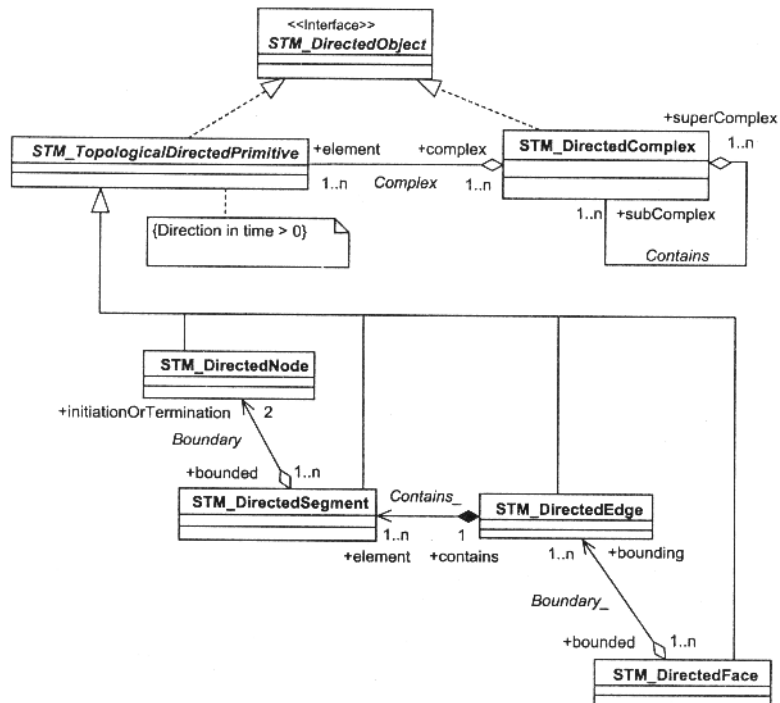




Objaśnienia:

- |   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="border: 1px dashed black; border-radius: 50%; padding: 2px;">L</span> Czasoprzestrzenne linie topologiczne:</li> <li>— — — — — powierzchnia litosfery w punkcie (x,y)</li> <li><span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">H</span> — — — — — powierzchnia hydrosfery w punkcie (x,y)</li> <li>— — — — — segment linii topologicznej dla warunków sedimentacji</li> <li>..... segment linii topologicznej dla warunków erozji</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Czasoprzestrzenne węzły topologiczne:</li> <li>■ — topologiczny węzeł na początku i na końcu linii topologicznej</li> <li>□ — topologiczny węzeł w lokalnym ekstremum linii topologicznej</li> <li>○ — topologiczny węzeł w przecięciu dwóch topologicznych linii (w tym przykładzie jest to brzeg morza w punkcie (x,y))</li> </ul> |
|---|---|

Rys. 2. Schematyczna topologia czasoprzestrzenna powstawania profilu geologicznego

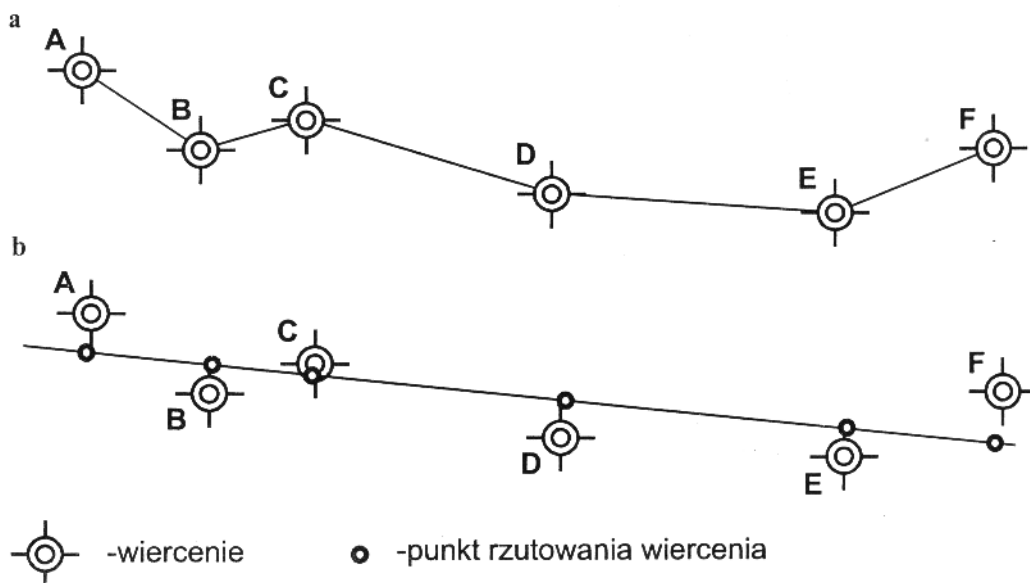


Rys. 3. Uproszczony model topologii czasoprzestrznej dla zastosowań geologicznych

## Układ odniesienia danych geoprzestrzennych przekroju geologicznego

Zdefiniowanie układu odniesienia poziomego na przekroju geologicznym może być dokonane na dwa różne sposoby. Pierwszy, najczęściej stosowany, polega na poprowadzeniu linii wyznaczającej przebieg przekroju jako linii łamanej łączącej punkty lokalizacji wierceń (rys. 4a). Drugi sposób to poprowadzenie linii prostej tak, aby suma odległości poszczególnych wierceń od tej linii była jak najmniejsza (rys. 4b). W obu przypadkach napotyka się na trudności dotyczące przeliczania współrzędnych i geometrycznych zależności pomiędzy wyróżnieniami na przekroju i na profilach wierceń. Przypadek linii łamanej pociąga za sobą konieczność zdefiniowania lokalnych (niestandardowych) układów odniesienia poziomego oddzielnie dla każdego segmentu przekroju z możliwością przeliczania współrzędnych na standardowy układ odniesienia, na przykład na współrzędne geograficzne. Dla przekrojów złożonych z wielu odcinków (opartych na wielu wierceniach) i mających przez to wiele lokalnych układów odniesienia problem przeliczania współrzędnych staje się bardzo uciążliwy. Problem geometrii wyróżnień na takich przekrojach polega między innymi na tym, że dla trzech kolejnych wierceń: A, B i C rzeczywista odległość pomiędzy A i C nie jest sumą odległości A-B i B-C, a odległość na przekroju jest tą sumą.

Przypadek linii prostej zakłada konieczność „rzutowania” profili wierceń odległych od tej linii na punkty należące do tej linii i jednocześnie najbliższe punktowi wiercenia. Wymaga to założenia, że w kierunku prostopadłym do linii przekroju nie ma zmian geometrii opisywanych przy pomocy przekroju wyróżnień. Takie założenie nie zawsze może być przyjęte. Zaletą tego sposobu jest to, że cały przekrój jest zdefiniowany przy pomocy jednego układu odniesienia poziomego.



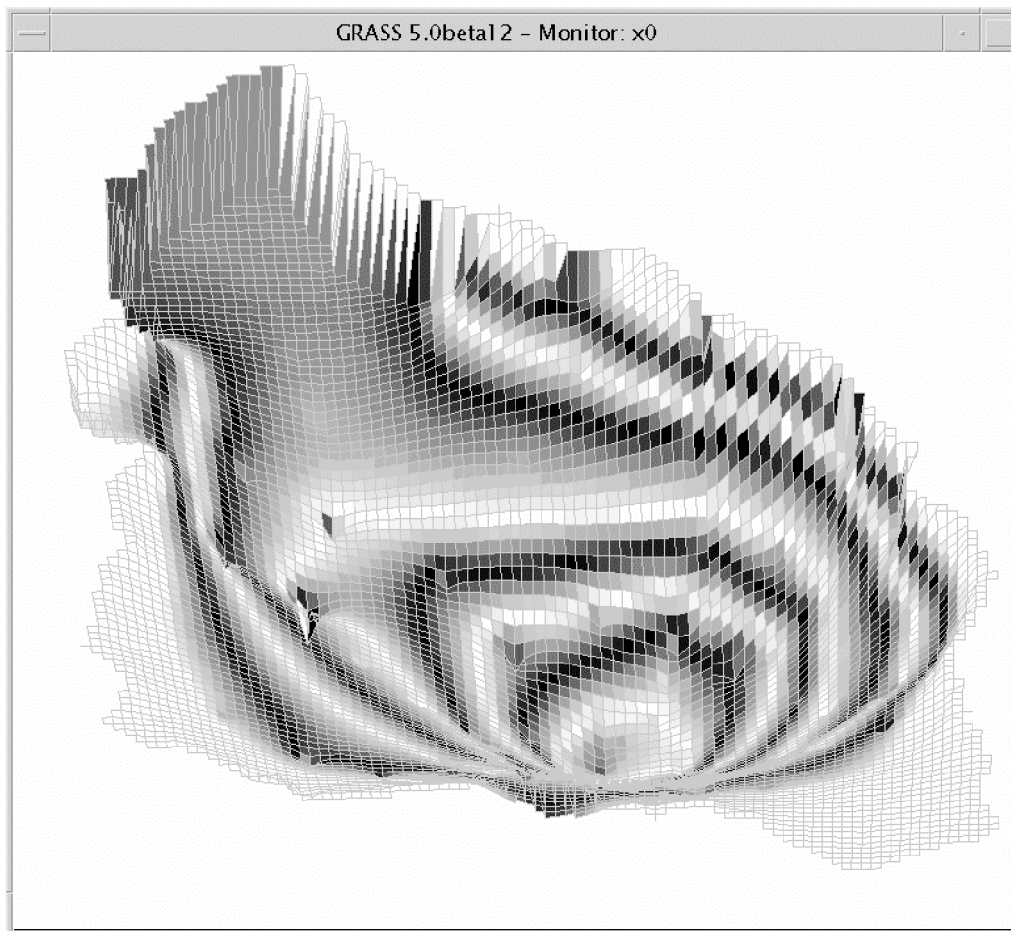
Rys. 4. Dwa sposoby określania odniesienia poziomego dla współrzędnych wyróżnień geoprzestrzennych na przekrojach



## Dane w symulacyjnym modelu procesu geologicznego lub hydrogeologicznego

Doświadczenia wynikające z budowy modeli procesów i z projektowania systemów symulacyjnych wykazują, że najodpowiedniejszą formą zapisu danych jest w tym przypadku wyróżnienie geoprzestrzenne typu pokrycie (*coverage*), a w szczególności jego podtyp w klasyfikacji ISO – pokrycie siatkowe lub macierzowe (*Grid\_Coverage*). Pokrycia siatkowe mogą mieć różną wymiarowość przestrzenną, co pozwala na dobranie modelu danych do wymiarowości symulatora.

Przykład zastosowania macierzowych (komórkowych) danych geoprzestrzennych w symulacyjnych badaniach geologicznych i hydrogeologicznych jest przedstawiony szczegółowo w innej publikacji autora (Michalak, 1997). Rysunek 5 przedstawia przykład zobrazowania pokrycia macierzowego stosowanego w geologii i hydrogeologii.



**Rys. 5.** Graficzne zobrazowanie wyników symulacji wyznaczającej kształty i głębokości superpozycji lejów depresji w dużym systemie hydrogeologicznym



## Model porządkowego systemu odniesienia czasowego w geologii

Podstawą określania wieku formacji geologicznych jest porządkowy układ odniesienia czasowego wyrażony w formie tabeli stratygraficznej – *International Stratigraphic Chart* opracowany w *International Union of Geological Science* (Remane i in., 2002). Systemy odniesienia czasowego tego typu nie są stosowane w innych dziedzinach, z wyjątkiem archeologii, a potrzeba stosowania takiego systemu wynika ze złożoności struktury wydzielen chronostratygraficznych, z ich zmienności regionalnej i z problemów wyznaczania czasu bezwzględnego. Norma ISO 19108 określa model pojęciowy takiego systemu odniesienia i jest on adresowany głównie do geologii (ISO, 2002). Jednak model ten jest ograniczony tylko do hierarchicznej struktury porządkowych okresów czasu geologicznego nazywanych tam „Erami porządkowymi” (TM\_OrdinalEra), niezależnie od przynależności do określonego poziomu hierarchii. W modelu tym występuje klasa interfejsowa „Separacja” (TM\_Separation), która określa dwie możliwe w tym przypadku operacje: „długość” – length() : TM\_Duration i „odległość” – distance(other : TM\_GeometricPrimitive) : TM\_Duration.

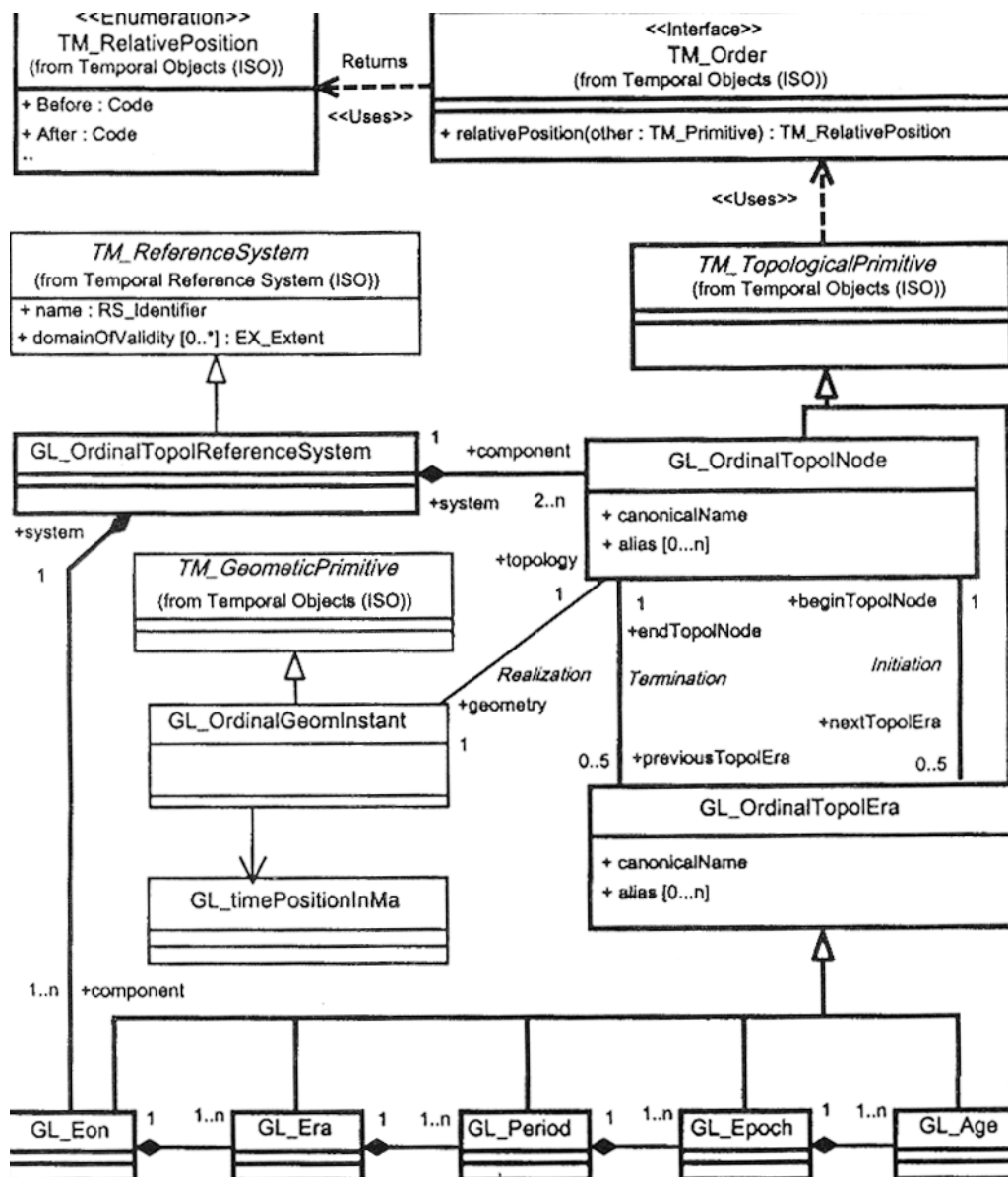
Obok systemu porządkowego w geologii używa się także układu odniesienia opartego na współrzędnych czasowych (TM\_CoordinateSystem) z dwoma atrybutami: origin:Date-Time i interval:CharacterString. Pierwszy atrybut w aplikacji geologicznej jest przyjęty jako rok 1950, a drugi dotyczy jednostki czasu równej jednemu milionowi lat – 1Ma.

W przeciwieństwie do systemu opartego na współrzędnych, system porządkowy oparty na tabeli stratygraficznej nie uwzględnia odległości czasowych pomiędzy poszczególnymi zdarzeniami, jak to ma miejsce w interfejsie TM\_Separation. Z tego względu należy go traktować, jako model topologiczny, czyli zawierający elementy topologiczne pochodne od klasy abstrakcyjnej *TM\_TopologicalPrimitive*: TM\_Edge („Odcinek czasu”) i TM\_Node („Węzeł czasu”).

Z powyższych względów model porządkowego układu odniesienia czasowego opisany w normie ISO 19108, aby mógł być praktycznie zastosowany w geologii, wymaga modyfikacji przez zastosowanie klas dotyczących topologii. Rysunek 6 przedstawia taki model w ujęciu topologicznym. Szczegółowa analiza topologicznego modelu pojęciowego opisującego porządkowy układ odniesienia czasowego w geologii opartego na tabeli stratygraficznej jest tematem oddzielnej publikacji autora (Michalak, 2005) i z tego względu tu jest przedstawiona bardzo pobieżnie.

Główne elementy tego modelu są podtypami (subklasami) elementów topologii czasu (TM\_Edge i TM\_Node) i w rezultacie nie są zależne od skali czasu opartej na współrzędnych wyrażonych w milionach lat (Ma).

Główną zaletą przedstawionego tu modelu topologicznego jest możliwość zastosowania interfejsu TM\_Order, którego funkcje mogą zwracać wyniki w postaci poszczególnych pozycji listy enumeratora TM\_RelativePosition: Before, After, Begins, Ends, During, Equals, Contains, Overlaps, Meets, OverlappedBy, MetBy, BegunBy i EndedBy. Możliwość zastosowania poszczególnych pozycji z tej listy zależy od typów elementów porównywanych: czy dotyczy to węzła oddzielającego należącego do klasy „Węzeł porządkowy” (GL\_OrdinalTopolNode), czy odcinka czasu należącego do klasy „Era porządkowa” (GL\_OrdinalTopolEra), a także od wymiarowości czasowej (0D lub 1D) wyróżnienia czasowego dotyczącego rozpatrywanego zjawiska geologicznego – czy odpowiada to geometrycznemu elementowi „Chwila” (TM\_Instant), czy elementowi „Okres” (TM\_Period).



Rys. 6. Diagram klas UML zawierający główne elementy topologicznego modelu porządkowego systemu odniesienia czasowego przeznaczonego dla zastosowań geologicznych (zmodyfikowane elementy modelu ISO mają przedrostek „GL\_”. Część klas tego diagramu jest importowana z pakietów modelu ISO

## Podsumowanie

Odrębność problematyki informacji przestrzennej w geologii pozwala na sformułowanie wniosku o potrzebie wydzielenia tych zagadnień jako odrębnego działu geomatyki o nazwie „geomatyka geologiczna”. Jednym z najważniejszych wniosków wypływających z przeprowadzonej analizy jest stwierdzenie, że problemy dziedzinowych modeli pojęciowych dotyczące informacji przestrzennej mogą i powinny być rozwiązywane w obrębie poszczególnych dyscyplin, w których mają zastosowanie. Liczne przykłady dowodzą, że powierzenie tych zadań specjalistom z poza tych dyscyplin nie przynosi pozytywnych rezultatów.

## Literatura

- Brodaic B. (ed.), NADM Data Model Design Team, 2002: NORTON-CoMo-v0.91-28Oct02 – Logical View Report. AASG/USGS Geologic Map Data Model Working Group Arch., URL: <http://geology.usgs.gov/dm/steering/teams/design/NORTON-CoMo-v0.9-28Oct02.pdf>
- Cox S., 2001a: Geologic Data Transfer Using XML. [W:] Proc. of Annual Conference of the International Association for Mathematical Geology. Cancun. URL: <http://www.kgs.ukans.edu/Conferences/IAMG/Sessions/I/Papers/cox.pdf>
- Cox S., 2001b: An approach to encoding Coverages in GML. XMML Project Arch., Perth. URL: <http://www.ned.dem.csiro.au/XMML/issues/coverage.html>
- ISO/TC211, 2002: ISO 19108 – Geographic information – Temporal schema. ISO/TC211 Document, NTS, Oslo.
- Michalak J., 1997: Obiektowe modele w hydrogeologii – system ASPAR. Wyd. UW, Warszawa.
- Michalak J., 2003a: Geomatics in hydrogeology. *Geological Quarterly*, 47(1): 69-76.
- Michalak J., 2003b: Modele pojęciowe hydrogeologicznych danych geoprzestrzennych – podstawy metodyczne. *Biul. PIG – Hydrogeologia*, z. V, nr 406.
- Michalak J., 2005: Topological conceptual model of geological relative time scale for geoinformation systems. *Computers and Geosciences*, in press.
- Remane J., Cita M. B., Dercourt J., Bouysse P., Repetto F., Fauret-Muret A. (Ed.), 2002: International Stratigraphic Chart. International Commission on Stratigraphy, URL: <http://www.micropress.org/stratigraphy/cheu.pdf>
- Wilson T., 2002a: Mineral Occurrence Application Schema, TR2001-213-03. Arch. of CGKN, Toronto. URL: [http://cgkn.net/2002/projects/xml/docs/mineral\\_occurrence\\_schema.pdf](http://cgkn.net/2002/projects/xml/docs/mineral_occurrence_schema.pdf)
- Wilson T., 2002b: Geo-Science GML Encoding Project – Final Report, TR2002-213-02. Arch. of CGKN, Toronto. URL: [http://cgkn.net/2002/projects/xml/docs/geoscience\\_encoding.pdf](http://cgkn.net/2002/projects/xml/docs/geoscience_encoding.pdf)

## Summary

*Geomatics, understood as a domain, which scope is defined by international standards of the ISO 19100 group – Geographic Information/Geomatics, covers various aspects of spatial information, but only those aspects which are not directly connected with specific features of a given domain, to which this spatial information refers. For this reason, achievements of geomatics, expressed mostly in the form of abstract conceptual models with regard to geoinformation, cannot be directly used in other domains.*

*In order to use an abstract conceptual model in practice, it is necessary to extend it by elements specific for a given domain - these elements are often called thematic or – more properly – domain-specific. This necessity arises from the fact that abstract models are, in a way, "common denominators", or an abstraction of domain-specific models. For this reason, abstract models contain only such elements, which appear at the same time in many domain-specific application models referring to the same type of information. Domain-specific elements in the abstraction process are omitted.*

However, there are many cases, when for a specific detailed model in a given domain there is no abstract geomatic model, which could serve as basis for elaboration of a detailed model. Such cases refer to the types of spatial information which appear only in one or in a very limited number of domains and, therefore, elaboration of an abstract model is not justified or not necessary.

Geology is a domain for which taking the third dimension ( $z$ ) into account is necessary and, for this reason, often the types of information used cannot be applied in other domains. It is not exceptional, however, and we may suppose that other domains also use the types of geoinformation not encountered anywhere else and specific only to this domain.

Analysis of a few cases with regard to spatial information in geology presented in the paper is aimed at illustrating the problem of domain-specific models. These cases include a geological cross-section in spatial coordinate system ( $l, z$ ), where the coordinate  $l$  is determined along the broken line linking the points of borehole location.

Another case as regards geology is a data set concerning a borehole, where one-dimensional spatial coordinate system  $g$  (depth from the terrain surface in the point where drilling was started) is determined on a curve, fragments of which may be distinctly not parallel to the perpendicular.

Another example refers to description of a process of creating a geological profile in a specific point. In this case, it is necessary to apply a two-dimensional spatio-temporal coordinate system ( $z, t$ ) and to use geometric and topological elements adequate for that coordinate system.

Particularly difficult problems in this area and specific for geology appear in the cases of registration of spatial models of geological structures. This requires application in these models of three-dimensional coverages (as defined by ISO 19100 standards) and many different types of coverages having that dimensionality may be used.

In a structural geological model, three-dimensional coverages are linked by associations to borehole data sets, geophysical data sets and geological cross-section data sets. This considerably complicates conceptual models and, consequently, leads to a need of separate research, specific for geology, concerning issues of spatial information related to three-dimensional features in three-dimensional space.

This difference of the problems of spatial information in geology allows us to conclude that there is a need to exclude these issues as a separate section of geomatics named "geological geomatics". One of the most important conclusions arising from the analysis performed is the statement that domain-specific conceptual models concerning geospatial information may and should be solved within individual domains in which they are applied. Numerous examples prove that entrusting specialists from other domains with these tasks does not bring positive results.

dr hab. Janusz Michalak  
J.Michalak@uw.edu.pl  
<http://netgis.geo.uw.edu.pl>  
<http://testbed.ptip.org.pl>