

JANUSZ MICHALAK

**MODELE POJ CIOWE HYDROGEOLOGICZNYCH DANYCH
GEOPRZESTRZENNYCH — PODSTAWY METODYCZNE**

**CONCEPTUAL MODELS OF HYDROGEOLOGICAL GEOSPATIAL DATA —
METHODOLOGICAL FOUNDATION**

WARSZAWA 2003

SPIS TRECI

1. Wst p	8
2. Podstawowe poj cia z zakresu informacji geoprzestrzennej	12
2.1. Informacja i dane w znaczeniu informatyki	13
2.2. Model danych i model poj ciowy	15
2.3. Informacja geoprzestrzenna i jej sk adniki	16
2.4. Podstawowe typy danych geoprzestrzennych	17
3. Modelowanie poj ciowe w uj ciu obiektowym	18
4. Cechy geoprzestrzennej informacji hydrogeologicznej i jej podstawowe rodzaje	20
4.1. Rodzaje ogólne	21
4.2. Rodzaje specyficzne — własne	24
5. Tradycyjne formy informacji hydrogeologicznej	24
5.1. Informacja niegraficzna	25
5.2. Informacja graficzna	25
6. Cyfrowy zapis informacji hydrogeologicznej	26
7. Geometryczny i topologiczny aspekt geoinformacji	27
7.1. Topologia i geometria czasu	33
7.2. Topologiczny model czasoprzestrzenny	35
8. Ontologiczny i semantyczny aspekt geoinformacji hydrogeologicznej	38
8.1. Termin "zwierciadło wód podziemnych" jako metafora ontologiczna	41
8.2. Wyró nienie geoprzestrzenne	42
8.3. Wyró nienia rozmyte i ustanowione	43
8.4. Wyró nienie, obiekt i interfejs	44
8.5. Pokrycie jako szczególny typ wyró nienia	46
8.6. Ró nice mi dzy hydrogeologicznymi wyró nieniami i pokryciami	47
8.7. Obserwacja i pomiar	48
9. Metodyka budowy i analizy modeli poj ciowych geoinformacji	48
9.1. Interoperacyjno w zakresie geoinformacji	50
9.2. UML — j zyk modelowania poj ciowego	53
9.3. Profil UML w zastosowaniach geomatycznych	56
9.4. Porównanie j zyków UML i EXPRESS	60

10. Rola standardów w geomatyce i ich rodzaje	63
10.1. Standardy z grupy ISO 19100	65
10.2. Specyfikacje OpenGIS	65
10.3. Międzynarodowa współpraca w zakresie standardów	65
10.4. Standardy tematyczne w odniesieniu do geologii i hydrogeologii	74
11. Przegląd systemów informatycznych pod kątem zastosowania w hydrogeologii	83
11.1. Relacyjne bazy danych na przykładzie Oracle 8i Spatial	84
11.2. Obiektowe bazy danych na przykładzie Jasmine	85
11.3. Bazy obiektowo-relacyjne na przykładzie Oracle 9i Spatial	91
11.4. Przegląd systemów typu GIS: ArcGis i GRASS	93
11.5. Platformy przetwarzania rozproszonego CORBA na przykładzie Orbix	96
11.6. Architektura infrastruktury geoinformacyjnej w hydrogeologii	102
12. Strukturalny zapis danych hydrogeologicznych z zastosowaniem języka XML	103
12.1. XML jako uniwersalny język zapisu informacji	104
12.2. URI — uniwersalny identyfikator zasobów	106
12.3. Metodyka opracowywania schematów z zastosowaniem XML Schema	108
12.4. Zastosowanie XML w geologii i dziedzinach związanych z geologią	110
12.5. Przykłady zastosowania XML w hydrogeologii	112
13. Podstawowe modele pojęcia danych hydrogeologicznych	115
13.1. Modele ogólne i własne	115
13.2. Tekst strukturalny	116
13.3. Karta otworu hydrogeologicznego jako przykład formularza	117
13.4. Zdjęcia fotograficzne jako wyróżnienie punktowe	118
13.5. Obserwacja i pomiar hydrogeologiczny	118
13.6. Mapa hydrogeologiczna	119
13.7. Przekrój hydrogeologiczny	122
13.8. Dane w symulacyjnym modelu procesu hydrogeologicznego	123
14. Model porządkowego systemu odniesienia czasowego w geologii	131
15. Modele informacji hydrogeologicznej w inicjatywach Unii Europejskiej	135
16. Podsumowanie	138
16.1. Wnioski	138
Literatura	140
Summary	145
Słownik terminów używanych w tekście	148

Janusz MICHALAK
Uniwersytet Warszawski, Wydział Geologii
ul. Wirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa
e-mail: J.Michalak@uw.edu.pl

Abstract. Digital representation of hydrogeological information and associated geological information in computer systems introduces many new possibilities with regard to the ways of managing and using this information, and in particular allows for application of new methods and algorithms to gather, process, analyze and transmit the information. In order for these processes to be made smoothly and effectively, hydrogeological and general geological data require adequate structure and formats. A basis for organization of data into structures and their effective encoding are data models, prepared on the basis of conceptual models. Since almost all hydrogeological data is characterized by a geospatial reference and this aspect is particularly important during data analysis, conceptual models pertaining to hydrogeological information should be based upon geomatic concepts. In such case, general geomatic models make up an intersection of various specialized thematic models. Many models of hydrogeological geoinformation are very much similar to ones designed for other application domains, and in such case only minor modifications are needed. However, in hydrogeology, like in other fields of geology, specific types of geospatial information occur, which are not present in any other field. These include, for instance, hydrogeological borehole log, hydrogeological cross-section and model of spatial structure of a hydrogeological unit. A particularly interesting geomatic problem in geology is the temporal ordinal reference system, expressed as a stratigraphic table. Elaborating of conceptual models describing all cases that are specific to hydrogeology is its own task, since their design requires thorough knowledge of the field. In these models, selection of the most appropriate digital representation of the real world phenomena, depending on their natural character, described by such geoinformation, plays an important role. In the present work, a number of specific types of hydrogeological information have been analyzed, and a number of methodologies, languages and information and geomatic technologies applied in the area of hydrogeological conceptual models, have been reviewed. As a result, a number of general and detailed solutions have been proposed. However, their application in practice requires acceptance of the community of hydrogeologists, which is to use the geoinformation systems, based upon these models. One of the necessary conditions for acceptance of the solutions proposed is their consistency with international standards of geoinformation.

Keywords: geospatial data, hydrogeological information, data model, conceptual model, geomatics.

Abstrakt. Cyfrowa reprezentacja informacji hydrogeologicznej i związanej z nią informacji geologicznej w systemach komputerowych otwiera wiele nowych możliwości w zakresie operowania tą informacją, a w szczególności pozwala na zastosowanie nowych metod i algorytmów do jej gromadzenia, przetwarzania, analizowania i przesyłania. Aby te procesy mogły przebiegać sprawnie i efektywnie, dane hydrogeologiczne

i ogólnogeologiczne wymagają odpowiedniego zorganizowania w struktury i zapisania w najbardziej odpowiedniej dla nich formie. Podstawą dla organizacji danych w struktury i ich efektywnego zapisu stanowią modele danych opracowane w oparciu o modele pojęciowe. Ponieważ prawie wszystkie dane hydrogeologiczne mają odniesienie przestrzenne i w ich analizie ten aspekt jest szczególnie ważny, modele pojęciowe dotyczące informacji hydrogeologicznej powinny być oparte na modelach pojęciowych geomatyki. Modele ogólnogeomatyczne stanowią w takim przypadku czynniki wspólnymi wyspecjalizowanych modeli tematycznych. Znaczną rolę modeli geoinformacji hydrogeologicznej jest bardzo podobna do modeli opracowanych dla innych zastosowań i w takim przypadku potrzebne są jedynie niewielkie modyfikacje. Jednak w hydrogeologii, podobnie jak w pozostałych dziedzinach geologii, występują specyficzne typy informacji przestrzennej, niespotykane w innych dziedzinach. Do nich należą, między innymi, opis hydrogeologicznego otworu wiertniczego, przekrój hydrogeologiczny i model przestrzennej budowy jednostki hydrogeologicznej. Szczególnie interesującym problemem geomatycznym jest w geologii porządkowy układ odniesienia czasowego wyrażony w formie tabeli stratygraficznej. Opracowanie modeli pojęciowych dotyczących wszystkich przypadków specyficznych dla hydrogeologii jest jej własnym zadaniem, ponieważ poprawne ich opracowanie wymaga gruntownej wiedzy z tego zakresu. W modelach tych istotne znaczenie ma wybór najbardziej odpowiedniej formy zapisu zależnej od przyrodniczego charakteru zjawisk opisywanych przez te geoinformacje. W pracy tej przeanalizowano szereg specyficznych typów geoinformacji hydrogeologicznych, a także dokonano przeglądu metod, języków i technologii informatycznych i geomatycznych mających zastosowanie w zagadnieniach modeli pojęciowych danych hydrogeologicznych. W rezultacie tego opracowano propozycje rozwiązań, zarówno o charakterze ogólnym jak i szczegółowym. Jednak praktyczne ich zastosowanie wymaga akceptacji środowiska hydrogeologów, dla którego systemy geoinformacyjne oparte na tych modelach będą przeznaczone. Jednym z niezbędnych warunków akceptacji proponowanych rozwiązań jest ich zgodność z międzynarodowymi standardami dotyczącymi geoinformacji.

Słowa kluczowe: dane przestrzenne, informacja hydrogeologiczna, model danych, model pojęciowy, geomatyka.

1. WST P

W ostatnich latach jesteśmy świadkami wielkiego przełomu w zakresie metod operowania informacją i jej przesyłania. Takiego przełomu w tej dziedzinie nie było od czasów Gutenberga. Przełom ten można nazwać okresem dominacji papieru, którego początek ustalono na 105 rok (Chiny). Papier jako nośnik informacji będzie w dalszym ciągu odgrywał znaczącą rolę, ale jedynie pomocniczą w stosunku do nośników elektronicznych związanych z komputerami i sieciami komputerowymi. Dotyczy to wszystkich dziedzin działalności ludzkiej, w tym nauki, także geologii i jej części — hydrogeologii — zarówno w aspekcie teoretycznym jak i praktycznym.

Zmiana nośnika informacji z papierowego na elektroniczny pociąga za sobą szereg innych ważnych zmian. Nie jest to jedynie wielka szybkość i precyzja w operowaniu i przesyłaniu, jest to także wiele nowych metod w tym zakresie, które dawniej nie były możliwe do zastosowania. Nowe metody pociągają za sobą nowe formy informacji, te z kolei wpływają na nowy sposób przedstawiania, a zatem i widzenia opisu rzeczywistości. Nasze wyobrażenia o rzeczywistości są oparte nie tylko na tym, co sami możemy zaobserwować, ale także na tym, co przekazują nam inni w postaci informacji. Z tego względu obserwowany obecnie przełom zmieni nasz sposób widzenia rzeczywistości znacznie bardziej niż środki masowego przekazu, na przykład telewizja.

Wszelka działalność na polu geologii, zarówno praktyczna jak i czysto naukowa, tworzy informację i tylko informację. Wszelkie wyniki z tego korzyści, na przykład wydobywane surowce kopalne, są wynikiem działalności innych dziedzin, w tym przypadku górnictwa, które wy-

korzysta informacji geologicznej o tym, co znajduje się pod powierzchnią ziemi, czyli o odkrytym złożu. Również hydrogeologia, jako dział geologii, jedynie dostarcza informacji o wodach podziemnych. Z tego względu przełom w zakresie informacji ma istotne znaczenie także dla hydrogeologii i wpływa znacznie na metody obserwacji i badań hydrogeologicznych, na analizę zebranych danych, a także na sposoby opracowywania wyników i udostępniania ich innym dziedzinom działalności.

Przykładem zmian, jakie przynosi przejście z papierowych na elektroniczne formy zapisu informacji, są do wiadomości wynikające z zastosowania systemów GIS do opracowywania map. Mapa papierowa jest wynikiem możliwości, jakie daje techniczne stosowane przy opracowywaniu i druku mapy. Z tego powodu wprowadzono podział na arkusze, skala mapy, odwzorowanie kartograficzne i graficzne symbole określające elementy składające się na treść mapy. Stosując systemy geoinformacyjne (GIS) do redakcji mapy, w pierwszym etapie wprowadza się do systemu całą informację, która ma stanowić treść mapy. W drugim etapie dane, te zapisane w bazie tego systemu, zostają przetworzone do formy odpowiadającej obrazowi mapy papierowej z zachowaniem wszystkich reguł obowiązujących w kartografii i z troską o to, aby ostateczny rezultat drukowany na urządzeniu wyjściowym był dokładnie taki jak przy opracowaniu tradycyjnym. Po opracowaniu takiej mapy w bazie systemu pozostają dane, które można by określić jako "pozostałości poprodukcyjne". Dużym zaskoczeniem było odkrycie, że te pozostałości mają znacznie większą wartość niż to, co wydrukowano na papierze. Warto informacyjną i użyteczną tego, co pozostało w komputerze, wynika z elektronicznej formy zapisu, która daje możliwość dalszego przetwarzania tych danych, między innymi poprawiania, aktualizacji, transformowania do innych form, analizy przy pomocy nowych metod i wielu innych złożonych operacji niemożliwych w przypadku zapisu papierowego. W tej sytuacji mapa papierowa, jako rezultat przetworzenia i zobrazowania tego, co zawiera baza systemu, jest w pewnym sensie zamknięciem informacji, ponieważ można ją jedynie oglądać, kopiować lub dokonywać na niej prostych pomiarów i operacji graficznych, jak na przykład pomiar odległości, powierzchni lub rzecznego odczytania danych dla opracowania przekroju, jako innej formy informacji zapisanej na papierze. Innym dużym zaskoczeniem było odkrycie, że dane znajdujące się w bazie systemu nie muszą być podzielone na arkusze, nie muszą także mieć skali, odwzorowania kartograficznego (jedynie układu odniesienia) i graficznej reprezentacji. Te elementy potrzebne są jedynie przy zobrazowaniu informacji i mogą być później zmieniane dynamicznie, w zależności od potrzeb.

Szereg nowych technik i technologii informatycznych sprawiło, że można zrezygnować z końcowego wyniku w postaci mapy papierowej i posługiwać się wyłącznie formami elektronicznymi, przesyłanymi w heterogenicznych informacyjnych systemach rozproszonych (przesyłane i przechowywane w różnych komputerach połączonych internetem). Droga ta prowadzi do rozwoju nazywanych infrastrukturami geoinformacyjnymi (rozdz. 11.6) — do narodowych (NSDI – *National Spatial Data Infrastructure*), ponadnarodowych (np. europejskiej – ESDI) i w końcu do globalnej (GSDI).

Ponad 80% wszelkiej informacji ma powiązanie z określonym miejscem położonym na Ziemi (Schell, 1999) i daje się określić bezpośrednio (przy pomocy współrzędnych) lub pośrednio, na przykład przy pomocy adresu pocztowego. Taka informacja jest nazywana informacją geoprzestrzenną (geoinformacją), a jej elementy — danymi geoprzestrzennymi. Geoprzestrzennym aspektem informacji i danych zajmuje się geomatyka.

* * *

W geologii, w tym także w hydrogeologii, mamy do czynienia prawie wyłącznie z informacją geoprzestrzenną i z tego względu powyższe uwagi w pełni odnoszą się do informacji geologicznej i hydrogeologicznej. Doceniając znaczenie obserwowanych obecnie zmian, autor ma nadzieję, że

przedstawione w tej publikacji wyniki prac badawczych pomogą w rozwinięciu problemów, jakie powstają w trakcie przechodzenia z papierowego zapisu informacji hydrogeologicznej na zapis elektroniczny.

Praca ma charakter monograficzny — zamiarem autora było przedstawienie w niej całości problematyki metodycznej dotyczącej modeli pojęciowych hydrogeologicznej informacji geoprzestrzennej. Do zajęcia się tą problematyką skłonił autora brak publikowanych prac z tego zakresu w odniesieniu do hydrogeologii i nieliczne prace w odniesieniu do innych dyscyplin geologicznych. Problematyka dotycząca modeli pojęciowych hydrogeologicznej informacji geoprzestrzennej jest tak szeroka, że nie jest możliwe szczegółowe przedstawienie wszystkich zagadnień z tego zakresu w jednej pracy. Z tego względu praca ta z konieczności koncentruje się głównie na problematyce metodycznej z uwzględnieniem technicznych i technologicznych możliwości realizacji proponowanych koncepcji i rozwiązań. Zawarte tu przykłady są z konieczności proste i przedstawione w dużym skrócie, ponieważ pełni jedynie rolę ilustracji. Szereg przedstawionych tu zagadnień jest przedmiotem innych publikacji autora i z tego względu tu są opisane w skrócie w ich aspekcie metodycznym, a pełen ich opis można znaleźć przez odesłania do literatury źródłowej.

Praca jest podzielona na sześć części rozdziałów i pomija część rozdział pierwszy (wstęp) i ostatni (podsumowanie), poszczególne rozdziały przedstawiają różne zagadnienia i aspekty tego tematu:

- Rozdział 2 (Podstawowe pojęcia z zakresu informacji geoprzestrzennej) i rozdział 3 (Modelowanie pojęciowe w ujęciu obiektowym) zawierają omówienie podstawowych definicji pojęć ogólnoinformatycznych i ogólnogeomatycznych, mających zastosowanie do geoinformacji hydrogeologicznej. Rozdziały te są koniecznym w tym przypadku kompilacją cytowanych prac informatycznych i geomatycznych o charakterze ogólnym z uwzględnieniem potrzeb dyscypliny podstawowej, jak jest tu hydrogeologia.
- Rozdział 4 (Cechy geoprzestrzennej informacji hydrogeologicznej i jej podstawowe rodzaje) zawiera klasyfikację typów i składników geoinformacji hydrogeologicznej w zaproponowanym przez autora układzie hierarchicznym opartym na wywodzącym się z obiektowości mechanizmie dziedziczenia. Zawarte tam porównanie typów geoinformacji hydrogeologicznej z geoinformacją z zakresu innych dyscyplin wykazuje, że w wielu przypadkach mamy tu do czynienia z typami nie występującymi w innych zagadnieniach.
- Rozdział 5 (Tradycyjne formy informacji hydrogeologicznej) i rozdział 6 (Cyfrowy zapis informacji hydrogeologicznej) przedstawiają główne problemy wynikające z przejścia z zapisu na papierze na zapis komputerowy pozwalający na efektywne przetwarzanie, przechowywanie i przesyłanie tej informacji z uwzględnieniem metod geomatycznych i informatycznych.
- Rozdział 7 (Geometryczny i topologiczny aspekt geoinformacji) jest przeglądem podstawowych geomatycznych modeli pojęciowych dotyczących elementów przestrzeni i czasu ujętych w międzynarodowych standardach grupy ISO 19100. Jednak nie wszystkie zagadnienia i aspekty geoinformacji hydrogeologicznej mogłyby poprawnie rozwiązane w oparciu o te standardy. Przykładem jest opracowany przez autora zapis topologii pokrycia macierzowego, dla którego nie ma modelu standardowego, a który znalazł praktyczne zastosowanie w opracowanym przez autora systemie programowym Aspar do symulacji przepływu wody podziemnej (rozdz. 13.8). Takie zaproponowany przez autora topologiczny model czasoprzestrzenny (rozdz. 7.2), znajdujący wiele zastosowań w hydrogeologii i geologii, nie jest oparty na standardach ISO, ponieważ standardy te traktują aspekt przestrzenny i czasowy zupełnie oddzielnie.
- Rozdział 8 (Ontologiczny i semantyczny aspekt geoinformacji hydrogeologicznej) przedstawia wyniki analizy dokonanej przez autora z zastosowaniem metod teorii informacji do-

tych cych aspektu ontologicznego i semantycznego w zastosowaniu do geoinformacji hydrogeologicznej. Z analizy tej wynika, że w hydrogeologii, podobnie jak w innych naukach o Ziemi, pojęcie obiektu ma ograniczone zastosowanie, pomimo że w dyscyplinach technicznych jest szeroko i z powodzeniem stosowane. Wynika to z faktu, że zjawiska hydrogeologiczne mają najczęściej rozmyte granice czasoprzestrzenne, a także z ograniczeń dotyczących możliwości ich obserwowania i mierzenia.

- Rozdział 9 (Metodyka budowy i analizy modeli pojęciowych geoinformacji) zawiera przegląd koncepcji i metod informatycznych stosowanych w modelowaniu pojęciowym opartych na języku UML (*Unified Modeling Language*). Ponieważ język ten jest powszechnie stosowany do tego celu w geomatyce, zastosowanie go do geoinformacji hydrogeologicznej zdaniem autora nie powinno podlegać dyskusji. W tej sytuacji można się jedynie zastanawiać nad sposobem jego stosowania i nad regułami precyzyjnymi zastosowania hydrogeologicznego. W rozdziale tym, na przykładach z zakresu hydrogeologii, są przedstawione podstawowe standardowe reguły dotyczące modelowania pojęciowego geoinformacji zaakceptowane w środowiskach międzynarodowych.
- Rozdział 10 (Rola standardów w geomatyce i ich rodzaje) przedstawia prowadzone obecnie na szeroką skalę prace standaryzacyjne dotyczące geoinformacji, zarówno w ujęciu ogólnym (włącznie geomatycznym — standardy grupy ISO 19100 i specyfikacje OpenGIS), jak i dotyczące hydrogeologii i także szerzej — geologii. W tym ujęciu uproszczeniu można przyjąć, że standardy te stanowią uznany przez środowisko międzynarodowe rejestr obecnego stanu wiedzy z zakresu modeli pojęciowych geoinformacji i z tego względu zostały przyjęte tu jako fundament dla prac autora dotyczących zastosowań w hydrogeologii.
- Rozdział 11 (Przeegląd systemów informatycznych pod kątem zastosowań w hydrogeologii) zawiera dokonany przez autora analizy przydatności 6 głównych typów systemów stosowanych do przetwarzania i przechowywania geoinformacji. W analizie tej wzięto pod uwagę możliwości opracowania struktur danych przy pomocy metodyki obiektowej w oparciu o modele pojęciowe zapisane w języku UML. Poszczególne typy systemów były analizowane na przykładzie wybranego systemu reprezentatywnego, dla którego autor opracował praktyczną lub teoretyczną aplikację testową.
- Rozdział 12 (Strukturalny zapis danych hydrogeologicznych z zastosowaniem języka XML) przedstawia możliwości zastosowania XML (*eXtensible Markup Language*) do strukturalnego zapisu geoinformacji hydrogeologicznej w powiązaniu z geomatyczną aplikacją tego języka GML (*Geography Markup Language*). Ze względu na znaczną objętość schematów XML (XML Schema) w rozdziale tym przedstawione są jedynie dwa niepełne przykłady dotyczące specyficznych dla hydrogeologii agregatów danych: ciąg obserwacji w piezometrze i profil wiercenia hydrogeologicznego z położeniami zwierciadeł wody.
- Rozdział 13 zawiera przegląd możliwości zastosowania modeli ogólnych i własnych (specyficznych dla hydrogeologii) dla podstawowych typów geoinformacji hydrogeologicznej: tekst strukturalny, formularz, zdjęcie fotograficzne, wynik obserwacji lub pomiaru, mapa hydrogeologiczna, przekrój hydrogeologiczny i dane w symulacyjnym modelu hydrogeologicznym. Ten ostatni przypadek dotyczy zastosowania pokrycia macierzowych do opisu przestrzennej zmienności parametrów i wielkości fizycznych w warstwie wodonośnej i jest zilustrowany przykładami zastosowania opracowanego przez autora systemu obiektowego przeznaczonego do symulacji procesów hydrogeologicznych.
- Rozdział 14 (Model porządkowego systemu odniesienia czasowego w geologii) przedstawia zastosowanie modelowania pojęciowego do zagadnienia wykraczającego poza hydrogeologię, lecz niezbędne w tej dyscyplinie, między innymi przy opisie utworów stano-

wiencych środowisko wód podziemnych. Opisany tam w dużym skrócie model oparty na międzynarodowej tablicy stratygraficznej i na standardzie ISO 19108 jest przedmiotem oddzielnej publikacji autora.

- Rozdział 15 (Modele informacji hydrogeologicznej w inicjatywach Unii Europejskiej) dotyczy praktycznych aspektów modelowania pojęciowego geoinformacji hydrogeologicznej w oparciu o uznane międzynarodowe standardy. Z przedstawionej w tym rozdziale analizy wynika, że modele pojęciowe stanowią podstawę do opracowywania schematów implementacyjnych dla wymiany informacji i z tego względu ich wartość praktyczna zależy w głównej mierze od jak najszerzej akceptacji, tak i w skali międzynarodowej.

Ponieważ nie można było uniknąć sytuacji, w której szereg terminów dotyczących pojęć z zakresu geomatyki i informatyki jest użytych w tekście przed ich zdefiniowaniem, konieczne jest zebranie ich w słowniku na końcu pracy, a także stosowanie odsyłaczy do innych rozdziałów.

Szereg figur w początkowej części pracy przedstawia diagramy klas w języku UML — opis tego języka zawierają rozdziały 9.2 do 9.4, a objaśnienia graficznej notacji tego języka stosowanej w tych diagramach są zawarte w figurze 18¹.

Pracę wykonano w ramach projektu badawczego nr 9 T12B 025 18 finansowanego przez Komitet Badań Naukowych w latach 2000–2003.

Podziękowania. Autor pragnie wyrazić serdeczne podziękowania wszystkim tym osobom, które stworzyły warunki podjęcia pracy nad tym tematem, kontynuacji ich pomimo trudności formalnych i opublikowania wyników w postaci tej monografii. Szczególnie gorąco dziękuje wszystkim osobom, które włożyły wiele pracy we wnikliwe przestudiowanie manuskryptu i których uwagi i rady korzystnie wpłynęły na końcową postać tej publikacji.

2. PODSTAWOWE POJĘCIA Z ZAKRESU INFORMACJI GEOPRZESTRZENNEJ

Geomatyka jest dziedziną, która uformowała się zaledwie kilka lat temu i rozwija się niezwykle szybko. Z tego względu jej aparat pojęciowy, ontologia, semantyka i terminologia są ciągle przedmiotem wielu dyskusji i publikacji. O ile terminologia angielskojęzyczna jest już w znacznym stopniu ukształtowana (ISO, 2002c), to jednak w języku polskim panuje tu jeszcze duże zamieszanie (Gardzicki, 2001). W tej sytuacji dla uniknięcia niejednoznaczności i wyników z tego nieporozumienia, używane tu terminy wymagają wyjaśnienia. Szereg podstawowych lub złożonych pojęć i terminów jest wyjaśnionych w tekście lub/istnie zdefiniowane na końcu pracy w słowniku terminologicznym. Stosowana tu terminologia z zakresu geomatyki w miarę możliwości jest oparta na Leksykonie Geomatycznym (Gardzicki, 2001), a w pozostałych przypadkach są to tłumaczenia definicji zawartych w standardach grupy ISO 19100 (ISO, 2002d) i specyfikacjach OpenGIS (Buehler, McKee, 1996; OGC, 1999). Terminologia z zakresu informatyki, a w szczególności dotycząca obiektowości, jest oparta na Słowniku Terminów z Zakresu Obiektowości (Subieta, 1999), angielskojęzycznej Encyklopedii Technologii Informatycznych (Kajan, 2002), Słowniku

¹ Objawienia graficznej notacji języka UML dla figur: 1, 4–9, 19–22, 24, 25, 40, 43–45 znajdują się na figurze 18.

Komputerowym (Microsoft, 1998) i publikacji PKN pt. Słownictwo znormalizowane — technika informatyczna (PKN, 1999).

Na wstępie należy przynajmniej zdefiniować najważniejsze terminy, a mianowicie terminy zawarte w tytule pracy: geomatyka, informacja, dane, geoinformacja i geodane, model danych i model pojęciowy.

Leksykon Geomatyczny definiuje geomatykę (*geomatics*) jako dyscyplinę naukowo-techniczną zajmującą się pozyskiwaniem, analizowaniem, interpretowaniem, upowszechnianiem i praktycznym stosowaniem geoinformacji. Jeśli od słowa geoinformacja odrzucimy przedrostek geo-, to definicja ta może być odniesiona do informatyki. Z tego względu potrzebne są dodatkowe wyjaśnienia, których bardziej szczegółowy opis w odniesieniu do geologii zawierają prace autora (Michalak, 2000a; Michalak, 2001a). Jeśli ponad 80% wszelkiej informacji to geoinformacja (rozdz. 1) to zakres przedmiotowy obu tych dyscyplin prawie się pokrywa, ponadto informatyka zajmuje się wszelką informacją, w tym także odniesioną względem Ziemi. Wbrew pozorom nie występuje tu nakładanie się obszarów przedmiotowych obu tych dyscyplin, ponieważ geomatyka zajmuje się aspektem przestrzennym geoinformacji (aspektem odniesienia przestrzennego, aspektem geometrycznym i topologicznym) pozostawiając inne aspekty informatyce lub innym dziedzinom w zależności od tematycznej przynależności rozpatrywanej informacji. Ponadto geomatyka posługuje się całym dorobkiem naukowym i praktycznym informatyki, pomimo że jest jej częścią. W literaturze można spotkać także nazwę geoinformatyka odnoszącą się do zagadnień przedstawianych (Kotlarczyk, 2000), lecz w różnych publikacjach zakres przedmiotowy przypisywany geoinformatyce jest różny — bywa, że jest to synonim geomatyki, lecz również często nazwa ta określa się dyscyplinę zajmującą się praktycznym zastosowaniem informatyki w naukach o Ziemi. W wielu przypadkach rozdzielenie obszarów tematycznych dyscyplin ze sobą ściśle powiązanych jest bardzo trudne i nie zawsze konieczne — z tego względu problem wynikający z pytania „czy geomatyka jest częścią geoinformatyki?” nie musi tu być rozstrzygnięty, jednak prosty przykład pozwoliłoby nieco lepiej zrozumieć. Sortowanie danych według alfabetu lub daty utworzenia jest typowym zadaniem informatycznym, sortowanie danych z wiercenia lub badań geofizycznych można zaliczyć do geoinformatyki, lecz sortowanie według odległości od danego punktu lub linii o położeniu określonym względem Ziemi jest domeną geomatyki. Nie można znaleźć przypadków, aby tym zadaniem zajmowała się informatyka.

2.1. INFORMACJA I DANE W ZNACZENIU INFORMATYKI

Informatyka opiera swój aparat pojęciowy na dwóch niedefiniowalnych i ze sobą ściśle powiązanych pojęciach podstawowych: wiadomości i informacja. W wielkim uproszczeniu można powiedzieć, że wiadomość niesie informację w sposób uzgodniony pomiędzy nadajcą i odbierającym. Od tego uzgodnienia zależy sposób interpretacji wiadomości, czyli przekształcenia w informację (Bauer, Goos, 1977):

$$W \quad I$$

gdzie:

W — wiadomość,

I — informacja,

\hat{a} — sposób interpretacji.

Związek między informacją i danymi informatyka definiuje następująco:

- Dane (*data*, w liczbie pojedynczej: *datum*) – jednostki informacji, czyli pojedyncze fragmenty informacji (Microsoft, 2002).
- Informacja (*information*) – dane komputerowe, które są zorganizowane i przedstawione w usystematyzowanej formie dla zrozumienia ich podstawowego znaczenia (Microsoft, 2002).

Lakoniczność tych definicji stwarza potrzebę dodatkowych wyjaśnień i uzupełnień:

- Dane niezorganizowane nie stanowią informacji i często są bezużyteczne.
- Dane zorganizowane stanowią elementy informacji.
- Zorganizowanie danych może być jawne, na przykład w językach znacznikowych: `<próbka nr="285"><wyniki_pomiarów><waga jednostka="gram">58.4</waga><obj to jednostka="cm3">37.1</obj to ></wyniki_pomiarów></próbka>` lub niejawne, na przykład miejsce umieszczenia adresu na kopercie decyduje, czy jest to adres nadawcy czy odbiorcy.
- Dane same w sobie nie mają znaczenia, dopiero w drodze interpretacji przez człowieka staje się informacją, która może być użyta do wzbogacenia wiedzy stanowiącej podstawę drobiazgowych decyzji (Gardzicki, 2001). Inni dodają, że mądre jest podstawę podejmowania prawidłowych decyzji.

Obecnie w informatyce stosowany jest również inny, nowy termin "treść", na przykład w kontekście "systemy inteligentnego zarządzania treścią" (ICMS – *Intelligent Content Management System*). Treść to istotna (merytoryczna dla danego odbiorcy) część informacji, ponieważ informacja może zawierać również część dotyczącą na przykład formy przedstawianej treści. Z tego względu termin ten jest bardziej zrozumiały, jeżeli przeciwstawi się mu forma, jako mniej istotna część informacji. Określenie "przerost formy nad treścią" stosowane do niektórych stron WWW dobrze ilustruje relację pojęcia treści do pojęcia informacji. W tym uproszczeniu można powiedzieć, że zadaniem systemu zarządzania treścią jest dynamiczne udostępnianie na stronach WWW informacji zawartej w bazach danych. Przykładem w zakresie geoinformacji może być schemat przedstawiony na figurze 14 (rozdz. 9.1).

W badaniach hydrogeologicznych, tak jak w innych badaniach geologicznych i innych badaniach przyrodniczych, dane można podzielić nie tylko pod względem stopnia ich zorganizowania, ale także ze względu na stopień ich opracowania, na przykład:

- dane pierwotne surowe, pochodzące z pomiarów i obserwacji;
- dane pierwotne opracowane, na przykład przeliczone z uwzględnieniem korekty błędów i kalibracji przyrządu, przy tego systemu jednostek, po eliminacji błędów na podstawie analizy statystycznej lub zapisane zgodnie z wymaganiami systemu informatycznego, do którego mają być wprowadzone;
- dane przetworzone odwracalnie, czyli poddane działaniu algorytmu pozwalającego na powrót do pierwotnej postaci, na przykład głębokości zwierciadła wody przeliczona na rzędziny z uwzględnieniem rzędziny terenu;
- dane przetworzone nieodwracalnie, czyli bez możliwości powrotu do danych pierwotnych, na przykład graficzne wyznaczenie hydroizohips na podstawie danych punktowych w studniach.

Wśród danych przetworzonych nieodwracalnie można wydzielić:

- dane zinterpretowane (nieodwracalnie), na przykład przypisanie wyznaczonym fragmentom obszaru rektorycznych wartości parametrów na podstawie wartości punktowych;
- dane hipotetyczne, opracowane na podstawie algorytmu wykorzystującego elementy hipotezy, na przykład przeniesienie wartości parametrów do wyznaczonych fragmentów na podstawie podobieństwa litologicznego z innymi fragmentami, gdzie te parametry są znane;

- dane interpolacyjne i ekstrapolacyjne, na przykład obraz budowy geologicznej na przekroju w miejscach oddalonych od lokalizacji wierce, których profile są brane pod uwagę.

Można zauważyć, że poszczególne rodzaje danych tworzą informacje o różnym stopniu dokładności, jednoznaczności i prawdopodobieństwa jej prawdziwości. Z tego względu pomijanie informacji o wymienionych tu rodzajach danych przy ich opisie za pomocą metadanych (danych o danych) może prowadzić do poważnych błędów w trakcie wykorzystywania ich poza środowiskiem programowym, w którym zostały utworzone.

2.2. MODEL DANYCH I MODEL POJĘCIOWY

Zwizk między informacją i danymi (rozdz. 2.1) zawiera pojęcie "zorganizowanie danych". Istnieje wiele sposobów i form organizacji danych w zależności od tego, jakie przetwarzanie będzie dokonywane na tych danych, na przykład składowanie w bazie danych, transmisja pomiędzy systemami lub użycie jakiegoś algorytmu modyfikującego te dane (sortowanie, zmiana kodu lub formatu itp.) albo generowanie nowego danych na podstawie istniejących. Zagadnienia te stanowią jeden z ważniejszych działów informatyki i w każdym z tych przypadków stosuje się inne rozwiązania i metody. Organizacja danych jest najczęściej wyrażona poprzez ich strukturę opisaną w modelu danych. K. Subieta (1998) w modelowaniu pojęciowym wydzielił trzy etapy i związane z nimi trzy typy modeli (formy modelowania pojęciowego):

- **Mentalny model wiata rzeczywistego** bierze przedmiotem systemu informatycznego. Model ten jest nazywany wiedzą dziedzinową i zawiera całą wiedzę niezbędną do tego, aby system mógł pełnić wyznaczony mu rol w określonym zastosowaniu. W przypadku danych hydrogeologicznych wiedza ta dotyczy całej hydrogeologii i tej części geologii, która stanowi bazę dla badań hydrogeologicznych. Z tej wiedzy wynikają rodzaje i formy informacji, a także występujące pomiędzy nimi powiązania i zależności. Ta wiedza stanowi także podstawę wszystkich algorytmów stosowanych do przetwarzania danych hydrogeologicznych.
- **Abstrakcyjny model pojęciowy** zapisany przy pomocy pewnej sformalizowanej notacji, na przykład języka UML. Zazwyczaj odwzorowuje tylko część wiedzy dziedzinowej.
- **Model pojęciowy struktur danych** stanowi cy podstawę programowania. Związany z określonym językiem lub platformą interoperacyjną, na przykład C++, Java, SQL, CORBA, XML i szeregiem innych. Często model ten jest nazywany także implementacyjnym modelem pojęciowym, na przykład w specyfikacjach OpenGIS (rozdz. 10.2). Na tym poziomie modelowania także może być zastosowany język UML.

Tabela 1 przedstawia wzajemne relacje pomiędzy tymi trzema podstawowymi formami modelowania pojęciowego w odniesieniu do hydrogeologii.

Każdy z tych trzech modeli spełnia określony rol podczas projektowania systemu geoinformacyjnego. Model mentalny realnej rzeczywistości jest potrzebny do tego, aby zrozumieć, po co są dane i jakie znaczenie w tej realnej rzeczywistości ma ich przetwarzanie. Abstrakcyjny model pojęciowy opisuje te aspekty wiedzy geomatycznej i/lub dziedzinowej (w tym przypadku hydrogeologicznej), które mają znaczenie dla celów projektowania systemu. Wreszcie schemat struktury danych jest potrzebny do tego, aby poprawnie zrozumieć ich strukturę, organizację, i sposoby przetwarzania danych na etapie budowy systemu (kodowania programów, z których będzie się składała) (Subieta, 1998).

Tabela 1

Przebieg modelowania pojęciowego w zakresie geoinformacji na poziomie ogólnym i dziedzinowym w odniesieniu do hydrogeologii z uwzględnieniem kierunków transferu wiedzy (↓, ↑, ⇐ i/lub ⇒)

Process of conceptual modeling in field of geoinformation on generic and domain level in reference to hydrogeology with regarding knowledge transfer direction (↓, ↑, ⇐ and/or ⇒)

	Model mentalny świata rzeczywistego	Sformalizowany model pojęciowy	Model struktur danych systemu
	Transfer wiedzy ⇒	⇐ Transfer wiedzy ⇒	⇐ Transfer wiedzy
Geoinformacja w ujęciu ogólnym	Określenie: Niesformalizowana wiedza ogólna o zjawiskach geoprzestrzennych	Określenie: Zapis wiedzy ogólnej przy pomocy sformalizowanej notacji, np. w formie diagramów klas UML	Określenie: Zapis struktur danych w języku implementacyjnym odpowiadający modelowi pojęciowemu
	Przykład: Wiedza ogólna z zakresu geomatyki	Przykład: Standardy ogólne: normy z grupy ISO 19100 i specyfikacja abstrakcyjna OpenGIS	Przykład: Język GML jako aplikacja języka XML
Transfer wiedzy: ↓ ↑	Transfer wiedzy: ⇐ ⇒ ↓ ↑	Transfer wiedzy: ⇐ ⇒ ↓ ↑	Transfer wiedzy: ⇐ ↓ ↑
Geoinformacja w określonej dziedzinie (na przykład w hydrogeologii)	Określenie: Jak wyżej i niesformalizowana wiedza ogólna z zakresu określonej dziedziny	Określenie: Jak wyżej i modele pojęciowe dotyczące wyróżnienia z zakresu określonej dziedziny	Określenie: Jak wyżej i struktury danych hydrogeologicznych zapisane w języku implementacyjnym
	Przykład: Wiedza ogólna z zakresu geomatyki i hydrogeologii	Przykład: Standardy ogólne i geoinformacyjne standardy hydrogeologiczne	Przykład: Język GML i jego rozszerzenia i uzupełnienia dla potrzeb hydrogeologii

2.3. INFORMACJA GEOPRZESTRZENNA I JEJ SKŁADNIKI

Wyróżniamy cechy informacji geoprzestrzennej, nazywanej także dla uproszczenia informacją przestrzenną lub geoinformacją, jest jej przypisanie do określonego miejsca na Ziemi poprzez odniesienie bezpośrednie lub pośrednie. W geomatyce przypisanie to jest realizowane w modelu pojęciowym przy pomocy pojęcia "wyróżnienie przestrzenne" (*spatial feature*), często nazywanego krócej "wyróżnienie" (*feature*), którego definicja jest zawarta w słowniku terminów na końcu pracy, a szczegółowy opis zawiera rozdziały 8.2 do 8.6. Geoinformacja dotyczy wyróżnienia geoprzestrzennego (przestrzennego), a wyróżnienie ma określony wymiarowo przestrzenny kształt i położenie, określone najczęściej przy pomocy współrzędnych geograficznych lub kartograficznych. Termin wyróżnienie stosowany jest we wszystkich trzech opisanych w rozdziale 2.2 typach modeli i w zależności od tego ma w pewnym stopniu odmienne znaczenie:

- W modelu mentalnym świata rzeczywistego jest pojęciem ontologicznym — jeżeli pewien fragment obserwowanej przez nas rzeczywistości jest inny niż jego otoczenie, możemy po-

wiedzie, a nie si wyró nia z otoczenia, chocia mo emy nie wiedzie , czym jest i dlaczego si wyró nia. Cz sto w takich przypadkach mówimy, e jest to obiekt, lecz rozwa ania przedstawione w rozdziale 8.2 przemawiaj za tym, aby to "co " nazywa bardziej ogólnie — wyró nieniem.

- W abstrakcyjnym modelu poj ciowym wyró nienie równie jest fragmentem przestrzeni, ale cz sto jest zwi zane z czym konkretnym (nie koniecznie z obiektem) i okre la jego geoprzestrzenne wła ciwo ci, czyli jego geoprzestrzenny aspekt — zbiór wła ciwo ci, który dzieli si na dwa podzbiory atrybutów (lub składników): aspekt geometryczny i aspekt topologiczny (bardziej szczegółowo przedstawione w rozdziale 7.1). W modelu abstrakcyjnym wyró nienie jest najcz iej rozumiane jako typ lub klasa, czyli ogólnie, a nie jako poszczególne wyst pienie. W takim przypadku wyró nienie jest powi zane z innymi — albo przez dziedziczenie wła ciwo ci, albo przez asocjacje geometryczne lub topologiczne.
- W modelu poj ciowym struktur danych wła ciwie nie ma wyró nie — s jedynie ich odpowiedniki w postaci wyspecyfikowanych agregatów danych, których organizacja zale y od zastosowanej technologii informatycznej. Dla uproszczenia agregaty te mo na nazywa wyró nieniami, poniewa do nich si odnosz . W systemach baz relacyjnych wyró nienie geoprzestrzenne jest reprezentowane przez wiersz w tablicy (krotk w relacji, lub jeszcze inaczej — rekord w pliku) zawieraj cy grupy komórek (atrybutów lub pól) dotycz cych aspektów: geometrycznego, topologicznego i tematycznego (dziedzinowego). W systemach obiektowych wyró nienia reprezentuj obiekty (programistyczne), a typy wyró nie s reprezentowane przez klasy (obiektów). W przypadku systemu obiektowego ł czenie danych dotycz cych poszczególnych aspektów (geometrycznego, topologicznego i tematycznego) mo e by realizowane na dwa sposoby. Pierwszy polega na dziedziczeniu klas — okre lony aspekt jest dodawany do klasy pochodnej jako uzupełnienie aspektu (lub aspektów) zawartych w klasie bazowej (cz sto abstrakcyjnej). Drugi sposób polega na umieszczaniu jednej klasy w drugiej w oparciu o powi zanie kompozycyjne (silnej agregacji) lub te w oparciu o zwykł agregacj wi c dwie klasy.

Wielka ró norodno technologii projektowania i budowy systemów geoinformacyjnych sprawia, e wiele poprawnych modeli struktur danych mo e by prawidłowo opracowanych w oparciu o jeden abstrakcyjny model poj ciowy, a zatem i jeden model mentalny wiata rzeczywistego. Jednak składniki geoinformacji dotycz cej tych samych zjawisk naturalnych s zawsze te same i s ze sob powi zane poprzez podstawowe poj cie, jakim jest wyró nienie, a ró nice pomi dzy poszczególnymi modelami struktur danych polegaj na ró nych sposobach ich zorganizowania.

2.4. PODSTAWOWE TYPY DANYCH GEOPRZESTRZENNYCH

Poj cie "typ danych" (*data type*) zwi zane jest z komputerow reprezentacj tych danych, a przez to jest ci le zale ne od platformy implementacyjnej. Inne typy danych wyst puj w relacyjnej bazie danych, a inne w obiektowym j zyku C++. Zagadnienia zwi zane z typami danych nale do zakresu przedmiotowego informatyki i z tego wzgl du nie b d to szerzej przedstawiane. Jednak przegl d podstawowych typów danych stosowanych w geomatyce jest tu potrzebny:

- **Typy proste** (inaczej: elementarne, prymitywne, atomowe) — liczbowe, np.: *integer*, *decimal*, *real*, *float*, *double* i ich odmiany, np.: *unsigned integer* lub *short integer*; logiczne, np.: *logical*, *boolean* i *bitwise*; a tak e znakowe (*character* i *string*) lub wska nikowe (*pointer*).
- **Typy zło one**, np. dla okre lenia: koloru, daty, czasu i wieku geologicznego lub dane asocjacyjne okre laj ce powi zania.

- **Typy agregatowe o regularnej budowie** (złożone z typów prostych), np.: zbiór (*set*), kontener, kolekcja, lista, enumerator, słownik lub tablica (*array*).
- **Typy agregatowe o złożonej budowie** (złożone z typów prostych), np.: struktura, rekord, tabela (*table*), obiekt (jako wystąpienie klasy), encja, dane typu B-drzewo (*B-tree*) lub R-drzewo (*R-tree*), a także tak zwane dwudzielne obiekty binarne (BLOB).
- **Typy agregatowe złożone z agregatów**, np. zbiór obiektów.

Typy danych geoprzestrzennych zawierają wyliczone powyżej elementy i specyfika ich polega głównie na semantyce, ale także na czynniki powtarzających się rolach. Na przykład typ danych dla określenia położenia lub geometrii jakiego zjawiska. Najczęściej są to agregaty i w zależności od platformy implementacyjnej mogą być rekordami, encjami lub obiektami.

3. MODELOWANIE POJĘC IOWE W UJĘCIU OBIEKTOWYM

Przedstawiona tu koncepcja obiektowości oparta jest na pracy K. Subieta pt. Obiekty w projektowaniu i bazach danych (Subieta, 1998). W pracy tej obiektywość jest określona przy pomocy następujących stwierdzeń:

- Obiektywość jest nową nadzieją na opanowanie kryzysu oprogramowania i zredukowanie złożoności.
- Rodki do walki ze złożonością są oparte na zasadach dekompozycji i abstrakcji.
- Dekompozycja oznacza rozdzielenie złożonego problemu na podproblemy, które można rozpatrywać i rozwijać niezależnie od siebie i niezależnie od całości.
- Abstrakcja polega na eliminacji, ukryciu lub pominięciu mniej istotnych szczegółów rozważanego przedmiotu lub mniej istotnej informacji, wyodrębnieniu cech wspólnych i niezmiennych dla pewnego zbioru bytów i wprowadzeniu pojęć lub symboli oznaczających te cechy.
- Cel nadrzędny obiektowości polega na lepszym dopasowaniu modeli pojęciowych i modeli realizacyjnych systemów do wrodzonych instynktów, własności psychologicznych i mentalnych mechanizmów percepcji i rozumienia świata.
- Zwikszenie zgodności między abstrakcyjnym modelem dziedziny zastosowania systemu, a jego konkretną formą realizacji w postaci zaimplementowanych struktur danych i programów jest podstawowym celem obiektowości.

Z powyższych powodów przedstawiane tu rozważania na temat modeli pojęciowych dotyczących geoinformacji hydrogeologicznej będą oparte na podejściu obiektowym. Pociągają to za sobą stosowanie aparatu pojęciowego zaczerpniętego z obiektowości lub na niej opartego. Również stosowana tu metodyka analizy i opisu oparta jest na podejściu obiektowym i na jej podstawowych założeniach wymienionych powyżej, a także na mechanizmach, jakie z tego wynikają: mechanizm abstrakcji, mechanizm kompozycji, mechanizm dekompozycji i mechanizm ponownego ujęcia.

Dwa terminy, "obiekt" i "klasa", stanowią fundament podejścia obiektowego do informacji. Pojęcie obiektu występuje w informatyce we wszystkich trzech typach modeli pojęciowych — podobnie jak w geomatyce pojęcie wyróżnienia (*feature*) (rozdz. 2.1). Definicje obiektu i klasy w znaczeniu przyjętym przez informatyków są podane w umieszczonym na końcu pracy słowniku. Tu należy jednak przedstawić wzajemne relacje, jakie między nimi występują:

- Klasa jest w pewnym sensie określeniem typu obiektu — definiuje wspólne cechy, strukturę i właściwości pewnego zbioru obiektów — to wszystko, co obiekty należące do tego zbioru mają wspólne.
- Klasę można utworzyć przez ustalenie wszystkich wspólnych elementów (niezmienników) jakiego zbioru obiektów i przeniesienie tych niezmienników do definicji klasy.
- Nowe obiekty, które mają być wytworzone przez powołanie tej klasy będą zawierały te wspólne elementy (niezmienniki), jako konsekwencja tego, że będą należały do tej klasy.

Podstawowe pojęcia obiektowości zaczerpnięte z informatyki (Subieta, 1998) i stosowane tu do geoinformacji to:

- Złożone obiekty i to samo — obiekt (w sensie programistycznym) to agregat danych o określonej strukturze z przypisanymi do nich operacjami (metodami). Obiekt może być dowolnie duży i dowolnie złożony i posiada to samo, czyli jest identyfikowalny niezależnie od formy i miejsca przechowywania.
- Powiązania (związki, asocjacje) — obiekty mogą być powiązane ze sobą przy pomocy zdefiniowanych sposobów. Struktura danych specyfikuje te powiązania razem ze wszystkimi elementami składającymi się na te powiązania.
- Hermetyzacja i ukrywanie informacji — obiekty (i inne byty programistyczne) posiadają wiele wewnętrznych elementów, które nie muszą być widoczne z zewnątrz i z tego powodu w wyniku hermetyzacji można je ukryć upraszczając "całość obiektu widoczną z zewnątrz", nazywając ją w takim przypadku interfejsem.
- Klasy, typy i interfejsy — klasa zawiera niezmiennicze cechy (inwarianty) grupy podobnych do siebie obiektów. Najczęściej inwariantami są zestawy atrybutów (wraz z ich typami) obiektów i operacje, które można na nich wykonać. Inwariantami operacji (metod) są zestawy parametrów wywołania i elementy lub obiekty zwracane, tak jak z określeniem typu. W definicji klasy zawarta jest także definicja interfejsu, który odnosi się do wszystkich obiektów należących do tej klasy.
- Operacje, metody i komunikaty — operacje na obiektach są wykonywane przy pomocy metod (funkcji i operatorów), czyli procedur działających w środowisku wnętrza obiektu. Obiekt wykonuje określone metody po odebraniu zewnętrznego komunikatu za pośrednictwem interfejsu.
- Hierarchia klas i dziedziczenie — klasy są zorganizowane w strukturę hierarchiczną (najczęściej drzewiastą), począwszy od klasy najbardziej ogólnej (pień drzewa), poprzez klasy pochodne (po rzędzie) dziedziczące wszystkie składniki od klasy bazowej (pnia) aż do klas wyspecjalizowanych, które zawierają wszystkie składniki swoich "przodków" i własne składniki związane z ich specjalizacją. Na diagramach klas drzewo to jest najczęściej przedstawiane odwrotnie — pień (pierwotna klasa bazowa) znajduje się na górze diagramu. Mechanizm przeciwny do specjalizacji (nazywany generalizacją) polega na szukaniu wspólnych cech (inwariantów) pewnej grupy klas i "wycięgnięciu tych cech przed nawias", co pozwala na tworzenie pierwotnych klas abstrakcyjnych, które mogą stanowić "pień" hierarchicznego drzewa tych klas.
- Polimorfizm i przesłanianie — polimorfizm umożliwia zastosowanie tego samego komunikatu do różnych klas i w rezultacie odebrania tego komunikatu przez różne obiekty mogą być wykonywane różne metody w zależności od klasy obiektu, który go odebrał. Przesłanianie pozwala na zastąpienie metody klasy bazowej innymi metodami zaimplementowanymi w klasie pochodnej — dzięki temu można zrealizować polimorfizm pomiędzy klasami powiązanych przez dziedziczenie (klas bazowych i pochodnych).

- Trwałość – dla realizacji trwałości obiektów służą obiektywne bazy danych. W ograniczonym zakresie obiekty mogą być także przechowywane w relacyjnych bazach danych, które w takim przypadku nazywane są bazami obiektowo-relacyjnymi.

Powyższe, bardzo pobieżne przedstawienie najważniejszych pojęć z zakresu obiektowości w zastosowaniu do modeli pojęciowych stanowi tylko ogólny zarys tej problematyki niezbędny do przedstawienia zagadnień geoinformacji hydrogeologicznej w ujęciu obiektowym. Wyczerpujące i kompletne przedstawienie tych problemów znajduje się w literaturze informatycznej (Subieta, 1998, 1999; Larman, 2001; Booch i in., 2002; Carlson, 2001; Graham, 2001; Page-Jones, 1999 i inne).

4. CECHY GEOPRZESTRZENNEJ INFORMACJI HYDROGEOLOGICZNEJ I JEJ PODSTAWOWE RODZAJE

Informacja hydrogeologiczna 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 określonym dziedziną zastosowania;
- geoinformacja ogólna – jak w poprzednim punkcie, ale z odniesieniem geoprzestrzennym;
- geoinformacja geologiczna – jak w poprzednim punkcie, ale dotycząca zjawisk występujących pod powierzchnią ziemi;
- geoinformacja hydrogeologiczna – jak wyżej, ale ukierunkowana na zjawiska związane z wodą.

Zgodnie z tym podziałem, geoinformacja hydrogeologiczna 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, na przykład osady pozostawione przez rzekę w jej dolinie – w sensie geologicznym to taras akumulacyjny, a w sensie hydrogeologicznym może to być poziom wodonośny;
- aspekt geometryczny (przestrzenny i czasowy) – składniki geoprzestrzenne określają ce położenie i kształt zjawiska przy pomocy odniesienia przestrzennego i czasowego w oparciu o system odniesienia – najczęściej przy pomocy współrzędnych przestrzennych i czasowych (odniesienie bezpośrednie);
- aspekt topologiczny (przestrzenny i czasowy) – dotyczy składników opisujących powiązania geoprzestrzenne występujące pomiędzy zjawiskami, na przykład: punkt A leży wewnątrz obszaru B, po lewej stronie linii C.

Aspekt geometryczny i topologiczny jest bardziej szczegółowo opisany w rozdziale 7.1. Tu można jedynie podkreślić, że w przeciwieństwie do aspektu geometrycznego, aspekt topologiczny nie zależy od przyjętego systemu odniesienia.

Opisane powyżej wzajemne powiązania między dwoma podziałami można przedstawić w postaci bardziej sformalizowanej przy pomocy tabeli (tab. 2) i w postaci całkowicie sformalizowanej przy pomocy diagramu UML przedstawiającego generalizację i specjalizację opartą na dziedziczeniu (fig. 1). W takim ujęciu tabela jest strukturalnym zapisem informacji tekstowej, a diagram klas UML jest zapisem treści tabeli przy pomocy sformalizowanej notacji graficznej. Ponieważ metodyka UML pozwala na zapis modelu pojęciowego w sposób bardzo zwarty, składniki i relacje dziedziczone przez klasy pochodne od klas bazowych nie są widoczne na diagramie przedsta-

T a b e l a 2

Relacje między stopniem ogólności geoinformacji a aspektem semantycznym, geometrycznym i topologicznym

Relation between degree of abstraction of geoinformation and semantic, geometric and topological aspects

	A: Semantyka	B: Geometria	C: Topologia
1: Informacja (ogólna)	A1 Semantyka ogólna informacji: dotyczy tego, co jest wspólne dla różnych dziedzin (praktycznych i teoretycznych).	B1 Aspekt geometryczny informacji: może nie występować.	C1 Aspekt topologiczny informacji: może nie występować.
2: Geoinformacja	A2 Semantyka ogólna informacji (jak w A1) i semantyka geomatyczna (geoprzestrzenna).	B2 Geometria ogólna: dotyczy tego, co jest wspólne dla różnych dziedzin w zakresie geometrii przestrzennej i czasowej.	C2 Topologia ogólna: dotyczy tego, co jest wspólne dla różnych dziedzin w zakresie topologii przestrzennej i czasowej.
3: Geoinformacja geologiczna	A3 Semantyka ogólna informacji, semantyka geomatyczna (jak w A2) i semantyka specyficzna: geologiczna (oparta na terminologii geologicznej).	B3 Geometria ogólna (jak w B2) i geometria specyficzna: geologiczna, np. związana z profilem otworu lub przekrojem geologicznym.	C3 Topologia ogólna (jak w C2) i topologia specyficzna: geologiczna, np. tablica stratygraficzna.
4: Geoinformacja hydrogeologiczna	A4 Semantyka ogólna informacji, semantyka geomatyczna, semantyka geologiczna (jak w A3) i semantyka hydrogeologiczna (oparta na terminologii hydrogeologicznej).	B4 Geometria ogólna i geometria geologiczna (jak w B3) i geometria hydrogeologiczna, np. związana z przestrzennie rozłożonymi parametrami rodowiska hydrogeologicznego i polami fizycznymi zjawisk dotyczących wody podziemnej.	C4 Topologia ogólna i topologia geologiczna (jak w C3) i topologia hydrogeologiczna, czyli dotycząca powiązań zjawisk hydrogeologicznych bez uwzględnienia odległości czasoprzestrzennej, np. lej depresji otaczający wody podziemnej.

wionym na figurze 1. Figury 2 i 3 przedstawiają wszystkie elementy (składniki i relacje) klasy pochodnej Topologia_Hydrogeologiczna — własne i odziedziczone od klas Topologia_Geologiczna, Topologia_Ogólna i abstrakcyjnej klasy bazowej Aspekt_Topologiczny.

4.1. RODZAJE OGÓLNE

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 lub hydrogeologiczna 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. Wiskazanie geoinformacji geologicznej i hydrogeologicznej może być wyrażone w sposób taki sam jak jest to robione w innych dziedzinach. Posługiwanie się ogólnymi rodzajami geoinformacji jest bardzo pożyteczne i wygodne — nie ma potrzeby opracowywania dla tych rodzajów odrębnych metod przetwarzania

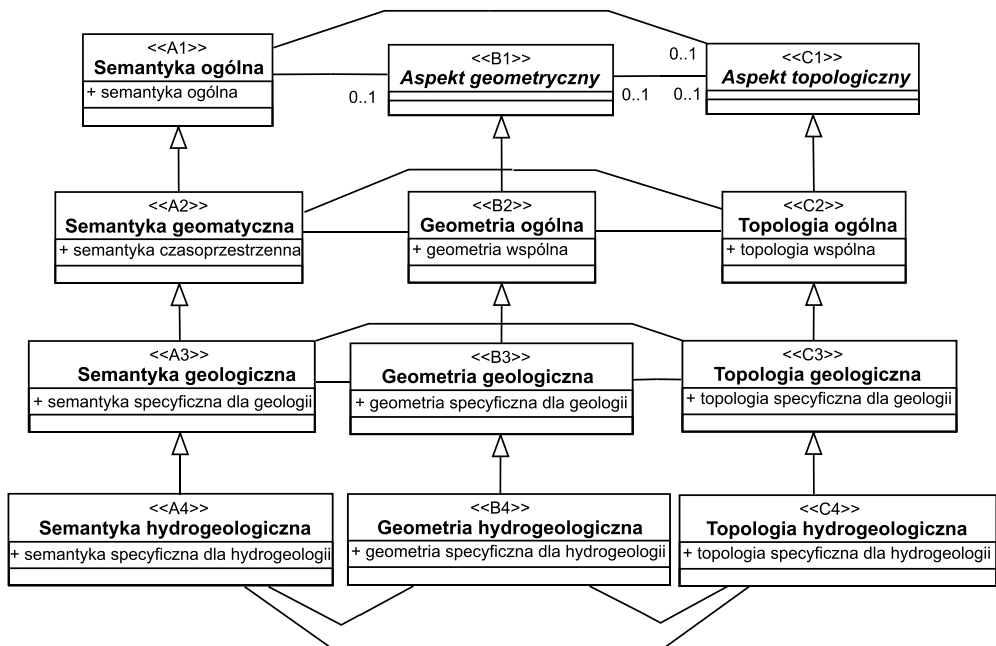


Fig. 1. Sformalizowany graficzny zapis treści tabeli 2 przy pomocy notacji diagramu klas UML

Formalistic graphical description of content of Table 2 by using the UML class diagram notation

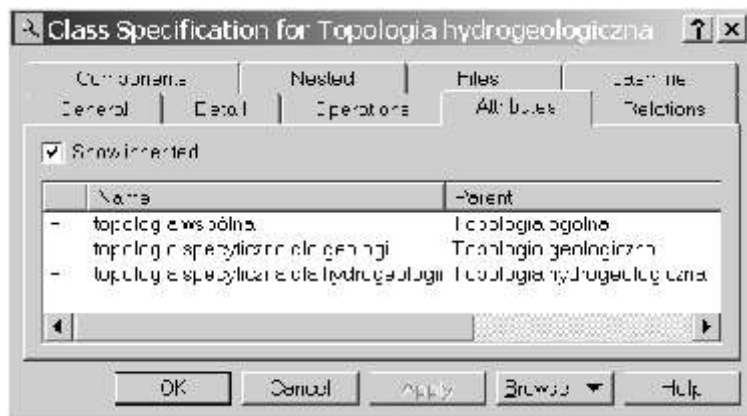


Fig. 2. Okno programu Rational Rose pokazujące składniki klasy Topologia_hydrogeologiczna — własne i dziedziczone od klas z wyżej poziomu hierarchii

Rational Rose program window presenting members of Hydrogeological_Topology class, own and inherited from classes in higher level of hierarchy

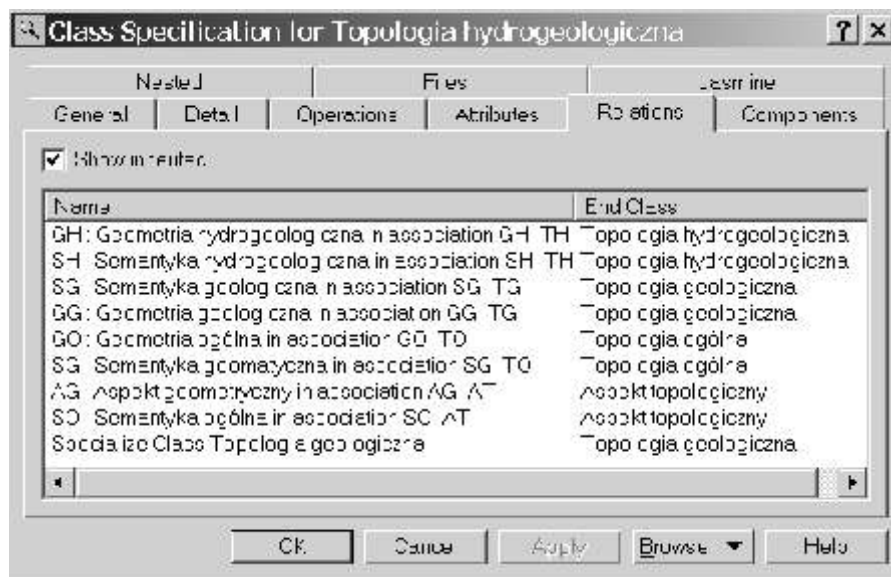


Fig. 3. Okno programu Rational Rose pokazujące relacje (asocjacje i specjalizacje) klasy Topologia_hydrogeologiczna — własne i dziedziczone od klas z wyższego poziomu hierarchii

Rational Rose program window presenting relations (associations and specialization) of Hydrogeological_Topology class, own and inherited from classes in higher level of hierarchy

i komunikowanie się w tym przypadku na zewnątrz danej dziedziny jest znacznie łatwiejsze niż w przypadku geoinformacji specyficznej dla danej dziedziny. Jednak rodzaje ogólne, przez swoją uniwersalność, mają także istotne ograniczenia. Zdecydowana większość praktycznych zastosowań informacji geoprzestrzennej oparta jest na odniesieniu bezpośrednim dwuwymiarowym — 2D: kartezjańskim (x,y) lub sferycznym (f,l) . Geoinformacja geologiczna (i w tym hydrogeologiczna) wymaga często odniesienia trójwymiarowego — 3D: (x,y,z) lub (f,l,h) (Breunig, 2001). 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. Ogólne rodzaje geoinformacji najczęściej stosowane w hydrogeologii to:

- punktowe, liniowe i powierzchniowe wyróżnienia w formie wektorowej z odniesieniem dwuwymiarowym (x,y) lub (f,l) , a także zbiory tych wyróżnień, traktowane jako elementy mapy;
- różnorodne formy niegraficzne (np. teksty, tabele i formularze) przypisane do wyróżnień punktowych z odniesieniem w różnych wymiarach, od 2D (np. f,l) do 4D (np. f,l,h,t);
- pokrycia wektorowe, np. mapy izolinowe lub poligonowe w wymiarze 2D;
- pokrycia rastrowe lub siatkowe (macierzowe) w wymiarze 2D, głównie dla różnych powierzchni, np. rozdzielających warstwy, ale także dla pól fizycznych, np. temperatury lub ciśnienia.

Rodzaje ogólne mogą być łączone w zbiory tworząc w ten sposób nowe rodzaje niekoniecznie ogólne, na przykład zbiór pokryć siatkowych (które są rodzajem ogólnym) opisujących pól

wierzchnie mi dzywarstwowe mo e tworzy nowy rodzaj geoinformacji opisuj cy model budowy geologicznej i jest on rodzajem specyficznym dla geologii — nie ma zastosowania w innych dziedzinach.

4.2. RODZAJE SPECYFICZNE — WŁASNE

Geoinformacja geologiczna i w tym tak e hydrogeologiczna ma odniesienia przestrzenne trójwymiarowe. Bardzo niewiele innych dyscyplin ma takie potrzeby i z tego wzgl du zdecydowana wi kszo ogólnych rodzajów geoinformacji jest odnoszona dwuwymiarowo. Sytuacja taka sprawia, e w geologii trzeba posługiwa si specyficznymi rodzajami geoinformacji, uwzgl dniającymi wyszy stopie wymiarowo ci — 4D (x,y,z,t) , 3D: (x,y,z) , (l,z,t) lub specyficzn kombinacj wymiarów, na przykład 2D: (l,z) , (z,t) , gdzie l oznacza współrz dne na okrelonej linii wyznaczonej punktami (x_1,y_1) i (x_2,y_2) .

Innym specyficznym problemem w geologii jest niespotykane w innych dyscyplinach odniesienie czasowe zdefiniowane w tablicy stratygraficznej. Wynika to ze skali czasu geologicznego obejmuj cego ponad 3,6 miliardów lat i z trudno ci okre lania wieku bezwzgl dnego. Z tego wzgl du w geologii jest powszechnie stosowany porz dkowy system odniesienia czasowego o hierarchicznej czteropoziomowej budowie. Struktura i wszystkie elementy tego systemu s zdefiniowane w tabelarycznym dokumencie *International Stratigraphic Chart* (Remane i in., 2002). Geomatyczny schemat poj ciowy takiego systemu odniesienia jest zdefiniowany w standardzie ISO 19109 — *Geographic information — Temporal Schema* (ISO, 2002b). Ogólny opis tego systemu odniesienia jest zawarty w rozdziale 14. Najcz ciejszy spotykane w hydrogeologii specyficzne (własne) rodzaje geoinformacji to:

- zbiór danych dotycz cych hydrogeologicznego otworu wiertniczego i w tym tak e jako uj -cia wód podziemnych (rozd. 13.3);
- obserwacja i pomiar hydrogeologiczny w szerokim rozumieniu tych okre le (w tym tak e obserwacje i pomiary ci głe) poczynaj c od zapisu spostrze enia dotycz cego zjawiska hydrogeologicznego i ko cz c na zło onym cyklu bada polowych, jak na przykład próbne pompowanie studni wiercanej (rozd. 8.7 i 13.5);
- przekrój hydrogeologiczny jako nietypowa forma kartograficzna w układzie (l,z) , gdzie l jest zdefiniowane jak powy ej (rozd. 13.7);
- zbiór danych geoprzestrzennych zwi zanych z symulacyjnym modelem hydrogeologicznym (rozd. 13.8).

W opracowaniach hydrogeologicznych mo na tak e spotka inne specyficzne rodzaje geoinformacji, lecz nie s one typowe i wyst puj sporadycznie. Z tego wzgl du nie b d tu odr bnie rozpatrywane.

5. TRADYCYJNE FORMY INFORMACJI HYDROGEOLOGICZNEJ

W okresie poprzedzaj cym zastosowanie informatyki do przetwarzania, składowania i przesyłania informacji, w hydrogeologii informacja przedstawiana była w kilku formach wynikaj cych z zastosowania papieru jako jej no nika. Najogólniej tradycyjne formy informacji hydrogeologicznej mo na podzieli na graficzne i niegraficzne. Cech charakterystyczn tych form

jest to, że informacja jest utrwalona na papierze lub jakimś innym podobnym nośniku i przez to jakiegokolwiek zmiany, na przykład uzupełnienia, poprawki, uaktualnienia, selekcjonowanie i inne, są bardzo trudne i najczęściej wymagają utworzenia zupełnie nowego jej zapisu na papierze. Mimo to powiedzenie, że jest forma praktycznie niemodyfikowalna i nieprzetwarzalna (Michalak, 2003a).

5.1. INFORMACJA NIEGRAFICZNA

Do niegraficznych form należą zaliczyć teksty (raport, dokumentacja i inne), tabele i formularze:

- **Tekst** jako forma opisu słownego. Każde opracowanie, publikacja naukowa lub dokumentacja hydrogeologiczna zawiera taki składnik i często jest to podstawowa część, chociaż może być też inne części i objaśnienia.
- **Tabela** zawierająca dane liczbowe lub tekstowe. Najczęściej stosuje się je do przedstawiania wyników pomiarów terenowych lub badań laboratoryjnych w uporządkowanej formie. Położenie elementu w tabeli zawiera informacje o jego pozycji w tabeli, czyli ten element do informacji przypisanej odpowiednim wierszom i kolumnom.
- **Formularz** zawierający pola różnego typu i w różnym układzie. Typowym przykładem takiej formy jest karta otworu wiertniczego zawierająca różne informacje tekstowe i liczbowe, między innymi opis profilu geologicznego tego wiercenia z zaznaczonymi poziomami wodonośnymi. Układ formularza definiuje w tym przypadku strukturę informacji, czyli zestaw i rozmieszczenie danych, jakie mogą być w nim zawarte.

Te formy informacji mogą być łatwo przeniesione na nośnik elektroniczny, co w obecnym czasie jest już powszechnie stosowane, lecz sposób organizacji pozostaje prawie niezmienny. Istotną zaletą elektronicznego zapisu tekstu jest możliwość jego edytowania i formatowania przy pomocy procesorów tekstu, których najpopularniejszym przykładem jest MS Word. Zasadnicze zmiany w zakresie struktury informacji tekstowej daje zastosowanie języka znacznikowego XML, co jest bardziej szczegółowo przedstawione w rozdziałach 12 i 13.2.

5.2. INFORMACJA GRAFICZNA

Klasyczna informacja graficzna w hydrogeologii to: zdjęcia fotograficzne, mapa, przekrój i szkic. Każde z tych typów ma odrębne właściwości i zastosowanie:

- **Zdjęcia fotograficzne.** Mogą to być zdjęcia terenu z różnego punktu: podziemnego, naziemnego, lotniczego lub satelitarnego lub zdjęcia laboratoryjne i zdjęcia próbek (mikro- lub makroskopowe). W tej grupie mieszczą się także dowolne inne obrazy zarejestrowane z określonego miejsca przy pomocy dowolnych zdalnych sensorów w różnych zakresach dowolnego promieniowania.
- **Mapa.** Dwuwymiarowy poziomy (x,y) obraz graficzny złożony z punktów, linii, powierzchni, symboli i napisów stanowi wyobraźnię naszego wyobrażenia o przestrzennych zależnościach między zjawiskami stanowiącymi przedmiot tej mapy. Zakłada się, że istnieje jednoznaczne i dokładne przeobrażenie zgodne z przyjętym układem odniesienia i odwzorowania między realnym rzeczywistością a obrazem graficznym. W sensie geomatycznym klasyczne mapy hydrogeologiczne niewiele się różnią od innych opracowań kartograficznych i jedyną ich specyficzną cechą jest to, że z konieczności przedstawiają trójwymiarową hydrogeologiczną rzeczywistość w formie dwuwymiarowej.

- **Przekrój.** Dwuwymiarowy pionowy (l, z) obraz graficzny podlegający podobnym prawom, co mapa hydrogeologiczna, jednak sposób odwzorowania nie jest tak jednoznacznie określony jak to ma miejsce w przypadku map. Jest to forma specyficzna dla geologii i przez to także dla hydrogeologii stanowi ważną pomoc jako uzupełnienie mapy w zobrazowaniu rzeczywistości trójwymiarowej przy pomocy środków dwuwymiarowych.
- **Szkiełko.** Dowolny obraz graficzny stosowany do wyrażenia relacji przestrzennych i traktowany znacznie mniej rygorystycznie niż mapa i przekrój.

6. CYFROWY ZAPIS INFORMACJI HYDROGEOLOGICZNEJ

Cyfrowy zapis informacji otwiera nowe możliwości w operowaniu informacją, które nie mogłyby być stosowane wcześniej. Te nowe możliwości doprowadzają się do jednego ogólnego określenia — do komputerowego przetwarzania informacji, w tym przypadku hydrogeologicznej. Jako przetwarzanie rozumie się tu działanie określonych algorytmów zawartych w oprogramowaniu. W wyniku tego z informacji pierwotnej uzyskuje się nową informację bardziej odpowiednią pod określonym względem, na przykład: pozbawioną błędów lub wewnętrznych sprzeczności, wyselekcjonowaną według określonych kryteriów, wyrażoną i zakodowaną w formie bardziej odpowiedniej do określonych zastosowań. Aby jednak informacja hydrogeologiczna mogła być przetwarzana komputerowo potrzebne jest spełnienie szeregu warunków, które nie są spełnione w przypadku form tradycyjnych, nawet, jeżeli jest ona zapisana w komputerze w postaci cyfrowej:

- Sposób zakodowania informacji hydrogeologicznej powinien spełniać określone standardy pozwalające na wprowadzanie tej informacji do różnych systemów informatycznych. Standardy te obejmują trzy poziomy kodowania: kodowanie elementarnych fragmentów informacji, czyli reprezentacji znaków, liczb i form geometrycznych, kodowanie struktury informacji określonej w modelu danych i kodowanie reguł zapisu, czyli języka użytego do zapisu modelu danych.
- Oddzielenie treści informacji hydrogeologicznej od jej formy zobrazowania. Jeżeli nie ma tego oddzielenia to zapis informacji jest tylko obrazem, tak jak to ma miejsce w przypadku tradycyjnej mapy hydrogeologicznej. Zapisana cyfrowo (zakodowana) informacja hydrogeologiczna nie musi i nie powinna posiadać formy graficznej. Powinien to być zapis jakiegoś wyodrębnionego według określonych zasad fragmentu rzeczywistości hydrogeologicznej — wyróżnienia hydrogeologicznego zawierającego jedynie naturalne własne atrybuty, a także funkcje (metody) odnoszące się do tego fragmentu rzeczywistości. Zobrazowanie (*portrayal*) informacji hydrogeologicznej nie jest potrzebne do jej przetwarzania, jest potrzebne jedynie w przypadku przekazania tej informacji osobie nie zainteresowanej, na przykład hydrogeologowi za pośrednictwem ekranu monitora komputerowego lub papieru drukarki. Z tego względu wszystkie atrybuty graficzne dotyczą sposobu pokazania wyróżnienia, jak na przykład kolory, rodzaje linii i znaki, typowe dla klasycznej mapy papierowej nie są bezpośrednio związane z informacją hydrogeologiczną, lecz z jej zobrazowaniem.
- Struktura informacji musi być odpowiednia do sposobów przetwarzania, jakie mają być stosowane do tej informacji. Struktura ta jest określona w modelu danych i do tej samej informacji hydrogeologicznej może być zastosowane różne modele danych. Na przykład określony model danych przyjęty dla zapisu profilu wiercenia może pozwolić na korelowanie wyników zawartych w różnych profilach na podstawie wyników badań litologicznych i jed-

nocze nie pozwoli na korelowanie tych wyrobów na podstawie badań hydrogeologicznych. W takim przypadku należy posłużyć się innym modelem danych lub rozszerzyć ten pierwszy.

- Informacja hydrogeologiczna jako dane powinna posiadać odpowiedni opis w postaci metadanych (*metadata*), czyli danych o danych. Dotyczy to w szczególności zasięgu czasowo-przestrzennego, zakresu tematycznego, układu odniesienia lub odwzorowania, dokładności tych danych, stopnia ich zweryfikowania, stopnia ich przetworzenia, na przykład czy są to dane pierwotne, surowe, zinterpretowane, interpolowane, opisujące model pościowy lub hipotetyczny, a także ich aktualność, kompletność i spójność. Metadane są niezbędne zarówno osobie, która z tych danych korzysta, jak i innym systemom informatycznym, które je przyjmują i przetwarzają.

Jeżeli informacja hydrogeologiczna spełnia powyższe warunki, to może być w pełni traktowana jako informacja geoprzestrzenna i można do niej stosować metody stanowiące narzędzia badawcze geomatyki.

7. GEOMETRYCZNY I TOPOLOGICZNY ASPEKT GEOINFORMACJI

Geoinformacja w każdym przypadku ma aspekt geometryczny i topologiczny, nawet gdy nie jest on wprost wyrażony w postaci konkretnych danych. Aspekt geometryczny to położenie i kształt wyrobów związanych z tą informacją. Położenie i kształt wyrażane są za pomocą współrzędnych określonych w oparciu o podany system odniesienia geoprzestrzennego (SRS – *Spatial Reference System*). Najprostszym odróżnieniem, co należy do aspektu geometrycznego a co nie, jest zmiana systemu odniesienia, przy którego pomocy jest lokalizowana określona geoinformacja. Zmiana systemu odniesienia zmienia kształt i inne relacje przestrzenne należące do aspektu geometrycznego i związane z danym wyrobem. Na przykład kontur Antarktydy zmienia się znacznie w zależności od zastosowanego odwzorowania kartograficznego, przy którego pomocy przedstawiamy kulę ziemską na arkuszu mapy. Aspekt topologiczny nie jest zależny od systemu odniesienia i z tego powodu przy transformacji z jednego systemu odniesienia do innego nie ulega zmianie. Fakt, że Warszawa leży nad Wisłą i w obrębie Województwa Mazowieckiego jest niezmienny, bo dotyczy zależności topologicznych.

Pod względem cech geometrycznych wyrobów można podzielić na proste (elementarne, prymitywne), złożone i agregatowe. Według standardu ISO (ISO, 2002f) (fig. 4):

- Wyrobów proste to: punkt (GM_Point), krzywa zorientowana (GM_OrientableCurve), krzywa (GM_Curve), powierzchnia (GM_Surface), powierzchnia zorientowana (GM_OrientableSurface) i bryła (GM_Solid).
- Do wyrobów złożonych należą: punkt złożony (GM_CompositePoint), krzywa złożona (GM_CompositeCurve), powierzchnia złożona (GM_CompositeSurface) i bryła złożona (GM_CompositeSolid).
- Wyrobów agregatowych to: zbiór punktów (GM_MultiPoint), zbiór krzywych (GM_MultiCurve), zbiór powierzchni (GM_MultiSurface) i zbiór brył (GM_MultiSolid).

W obrębie każdej klasy elementów geometrycznych wyrobów istnieje szereg podklas wynikających ze sposobu opisu danego elementu, na przykład krzywa ma podtypy (fig. 5): łącuch łuków (GM_ArcString), łuk (GM_Arc), okrąg (GM_Circle), łącuch łuków określonych przez

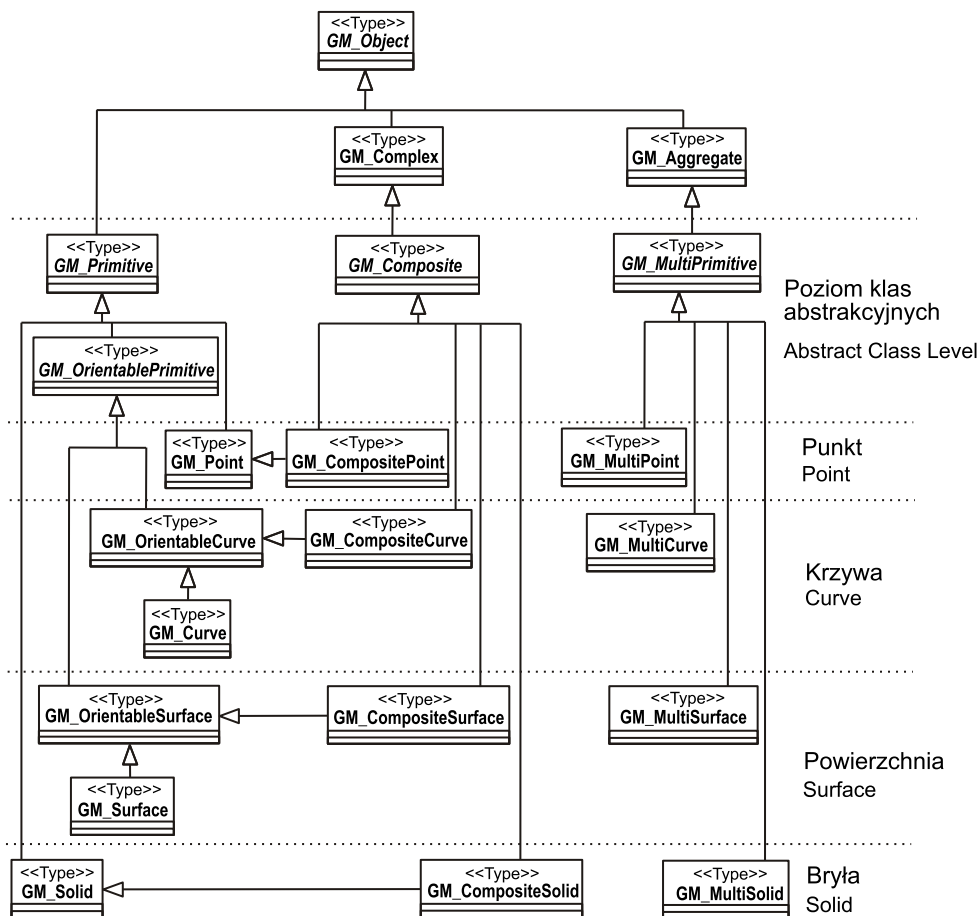


Fig. 4. Diagram klas w UML przedstawiający hierarchiczną strukturę podstawowych elementów geometrycznych: prostych, złożonych i agregatów (opracowano programem Rational Rose na podstawie normy ISO 19107) (ISO, 2002f)

Hierarchical structure of basic geometric elements: primitive, complex and aggregates (class diagram in UML elaborated by using the Rational Rose software on the basis of ISO 19107 standard) (ISO, 2002f)

krzywizną (*GM_ArcStringByBulge*), krzywa opisana równaniem (*GM_SplineCurve*), krzywa wielomianowa (*GM_PolynomialSpline*), krzywa trzeciego stopnia (*GM_CubicSpline*), krzywa opisana punktami i równaniem (*GM_BSplineCurve*), krzywa Beziera (*GM_Bezier*), kłotoida (*GM_Clothoid*), łańcuch krzywych najmniejszych odległości (*GM_GeodesicString*), krzywa najmniejszej odległości (*GM_Geodesic*), łańcuch prostych odcinków (*GM_LineString*), prosty odcinek (*GM_LineSegment*), krzywa przecięcia stożka (*GM_Conic*) i krzywa otrzymana z przesunięcia (*GM_OffsetCurve*). Lista ta jest jedynie przykładem dużej różnorodności form i podtypów prostych elementów geometrycznych opisanych w standardach informacji geoprzestrzennej.

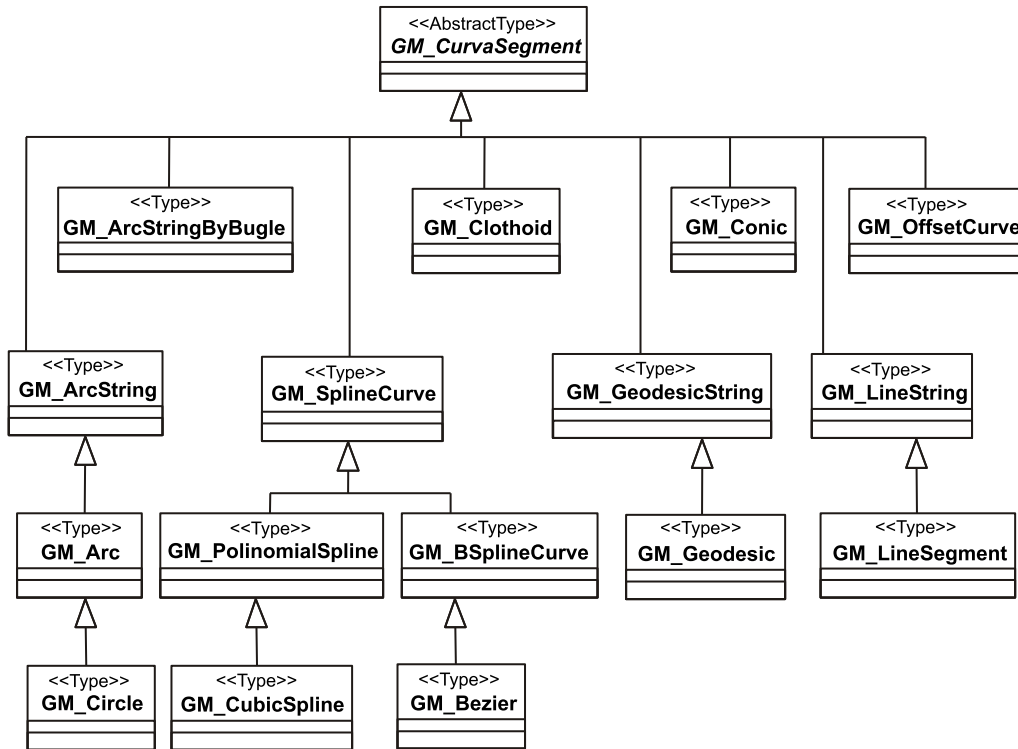


Fig. 5. Diagram UML przedstawiający hierarchiczną strukturę klas podtypów krzywej b d cych specjalizacjami abstrakcyjnego segmentu (opracowano programem Rational Rose na podstawie normy ISO 19107) (ISO, 2002f)

Hierarchical class structure of subtype of curve element as a specializations of abstract segment (class diagram in UML elaborated by using the Rational Rose software on the basis of ISO 19107 standard) (ISO, 2002f)

Aspekt topologiczny informacji geoprzestrzennej dotyczy powi ą za mi dzy poszczególnymi wyró nieniami a rodzaj tych powi ą za zale y od wymiarowo ci rozpatrywanej przestrzeni. Punkt mo e le e na krzywej, mo e jednocze nie stanowi jej pocz tek lub koniec. Krzywa mo e le e wewn trz powierzchni lub na jej brzegu i mo e stanowi jej granic . Powierzchnia mo e stanowi granic bryły i tak dalej. Podstawowe elementy topologiczne koresponduj z podstawowymi elementami geometrycznymi, na przykład geometrycznemu punktowi odpowiada topologiczny węł, krzywej odpowiada brzeg (bok) lub kraw d , a powierzchni i bryle geometrycznej odpowiada powierzchnia i bryła topologiczna. Według standardu ISO (ISO, 2002f) (fig. 6) elementy topologiczne to:

- **Węł** (TP_Node) – punkt początkowy, końcowy kraw dzi lub naro ny (powierzchni granicznej lub bryły topologicznej).
- **Brzeg**, odcinek, bok lub kraw d (TP_Edge) – krzywa graniczna powierzchni topologicznej lub kraw d bryły topologicznej.

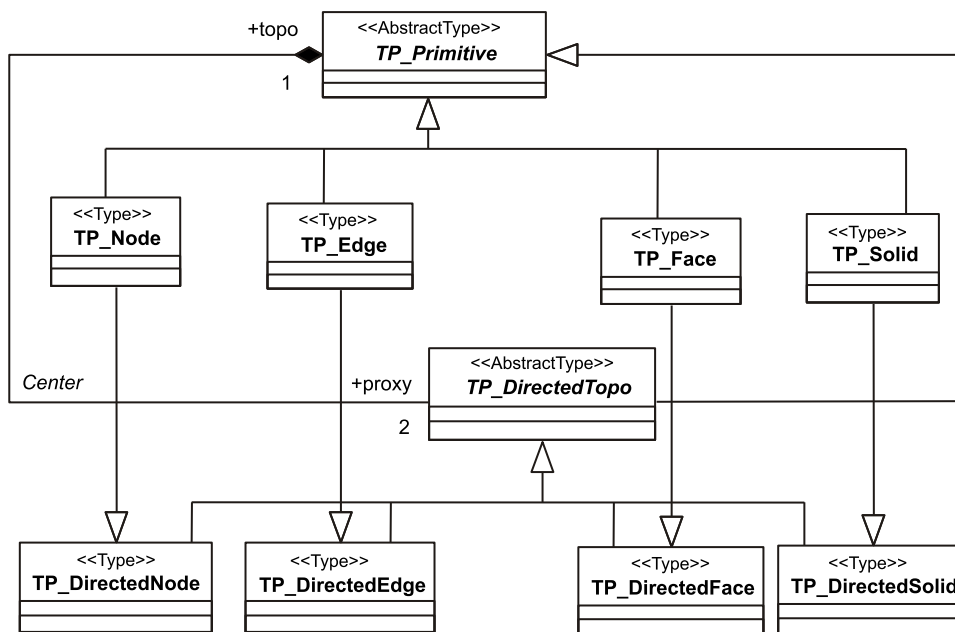


Fig. 6. Diagram UML przedstawiający strukturę klas elementów topologicznych (opracowano programem Rational Rose na podstawie normy ISO 19107) (ISO, 2002f)

Class structure of geospatial topological elements (class diagram in UML elaborated by using the Rational Rose software on the basis of ISO 19107 standard) (ISO, 2002f)

- **Powierzchnia graniczna** lub brzegowa (TP_Face) – powierzchnia ograniczająca bryłę topologiczną.
- **Bryła topologiczna** (TP_Solid) – nie jest ograniczona, a jedynie może być powierzchniami topologicznymi z elementami o niższej wymiarowości.

Model danych geoprzestrzennych może być zbudowany w oparciu tylko o elementy geometryczne, może zawierać także topologiczne lub może być zbudowany na podstawie zależności topologicznych. Z tego względu wyróżnia się trzy typy modeli:

- **Model geometryczny** – model typu "spaghetti", w którym znaczenie mają jedynie współrzędne opisujące położenie punktów, krzywych i elementów o wyższych wymiarach. W modelu takim nie ma zależności topologicznych i z tego względu weryfikacja poprawności modelu i kontrola błędów współrzędnych jest bardzo trudna. Jeżeli taki model nie zawiera błędów to topologia (człciowa) może być zbudowana na podstawie zależności geometrycznych. Na przykład, jeżeli trzy krzywe mają punkty końcowe o tych samych współrzędnych to znaczy, że jest to jeden punkt w złowy i w zł ten zł czy te trzy krzywe jako krawędzie.
- **Model geometryczno-topologiczny** – zawiera zarówno elementy geometryczne (współrzędne) jak i topologiczne (powierzchnia). Zgodnie z tymi dwómi składnikami modelu jest spraw-

dzianem jego poprawno ci. Wzajemne relacje pomi dzy podstawowymi elementami geometrycznymi i topologicznymi przedstawia diagram klas UML na figurze 7.

- **Model topologiczny** – model oparty wył cznie na relacjach topologicznych. Przykładem praktycznym takiego modelu mo e by opis drogi (sposobu dojazdu) z miejsca A do miejsca H: wyjecha z A w kierunku do B, min le ce po drodze C, w miejscu D z dwóch możliwych kierunków do D i F wybra F i omijaj cz lewej strony G dotrze do H. Poniewa nie ma tu zale no ci geometrycznych nie mo na ustali , jaka jest odległ o mi dzy poszczególnymi miejscami. Model topologiczny z pełnym zapisem wszystkich informacji geoprzestrzennych zawiera dwa komponenty. Pierwszy to pełen opis wszystkich zwi zków topolo-

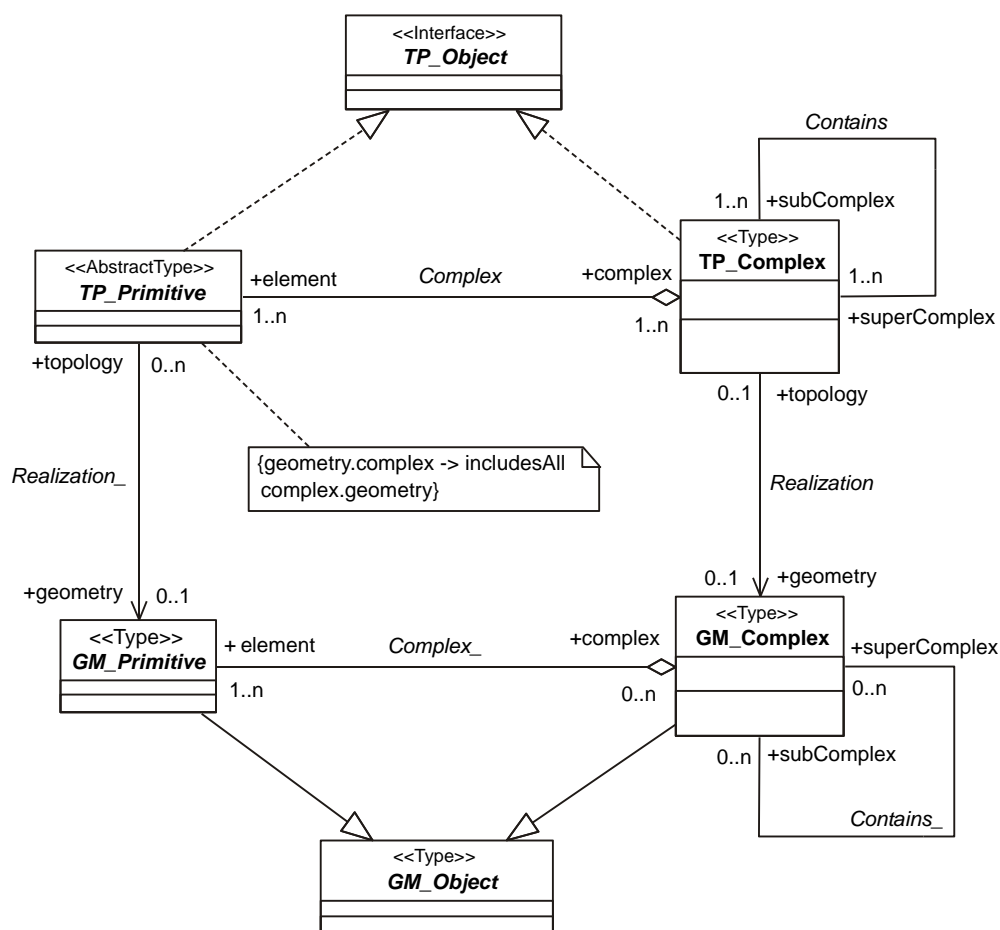


Fig. 7. Diagram UML przedstawiaj cy powi zania pomi dzy podstawowymi elementami geometrycznymi i topologicznymi (opracowano programem Rational Rose na podstawie normy ISO 19107) (ISO, 2002f)

Diagram describing associations between basic geometric and topological elements (class diagram in UML elaborated by using the Rational Rose software on the basis of ISO 19107 standard) (ISO, 2002f)

gicznych w oparciu o zbiór w złów. Na przykład krzyw (kraw d topologiczna) specyfikuje si jako uszeregowany podzbiór tych punktów (w złów), a powierzchni poprzez uszeregowany zbiór krzywych ograniczaj cych t powierzchni . Drugi komponent takiego modelu to przyporzkowanie do zbioru w złów zbioru punktów geometrycznych. Poszczególne punkty maj warto ci współrz dnych wyznaczaj ce ich geometryczne poło enie w przyj tym układzie odniesienia (SRS – *Spatial Reference System*).

Pokrycia macierzowe (siatkowe i rastrowe), które s bardziej szczegółowo przedstawione w rozdziale 8.5 jako odr bny specyficzny typ wyró nienia, s najcz ciej traktowane jako wyró -nienia czysto geometryczne. Jednak w wielu przypadkach zapis i analiza zale no ci pomi dzy poszczególnymi elementami (komórkami) pokry macierzowych s niezbdne. Z tego wzgl du, bior c pod uwag specyfik zapisu macierzowego, rozwijane s odr bne metody zapisu topologii dla tego rodzaju geoinformacji, w których zale no ci topologiczne s kodowane w oddzielnym pokryciu macierzowym o geometrii zgodnej z pokryciem wyj ciowym. Tabela 3 ilustruje taki sposób zapisu. Informacja podstawowa (a) przedstawia rozkład przestrzenny dwóch wydziele : A i B. Informacja topologiczna (b) dotycz ca tych dwóch wydziele okre la stopie s siedztwa mi dzy poszczególnymi elementami (komórkami) nale cymi do ró nych wydziele w skali od 0 do 12 według zasady: 0 – całkowity brak s siedztwa, 1 – styk naro ami, 2 – styk bokami, a wy sze liczby s sum ych liczb w przypadku s siedztwa wielokrotnego, na przykład 12 oznacza pełne otoczenie komórki jednego wydzielenia przez komórki drugiego.

Topologia pokrycia macierzowego ma zastosowanie w hydrogeologii mi dzy innymi w definiowaniu struktury przestrzennej modelu jednostki hydrogeologicznej dla symulacji kr enia wody w tej jednostce. Przykłady danych topologicznych w modelach hydrogeologicznych s przedstawione na figurach 41 i 42 i opisane w rozdziale 13. 8. W przykładach tych zestaw danych FI (topologia modelu) zawiera informacje o granicy jednostki z okre leniem typu warunku brzegowego przypisanego tej granicy za pomoc liczb heksadecymalnych interpretowanych jako zło one warto ci logiczne (typu *bitwise*). Szczegółowy opis kodowania i analizy takiej topologii w modelach hydrogeologicznych przedstawiony jest w opisie systemu Aspar (Michalak, 1997a).

Tabela 3

Przykład zapisu topologii pokrycia macierzowego (obja nienia w tek cie)

Example of encoding of matrix coverage topology (explanation in text)

a. Informacja podstawowa:
Primary information

A	A	A	A	A	B	B	B
A	A	A	B	B	B	B	B
A	A	B	B	A	B	B	B
A	A	A	B	A	A	B	B
A	A	A	B	A	A	A	B
A	A	A	A	A	B	B	B
A	A	B	B	A	A	A	B
A	B	B	B	B	A	A	B

b. Informacja topologiczna:
Topological information

0	0	1	3	6	2	0	0
0	1	5	7	5	2	0	0
0	2	8	5	9	5	1	0
0	1	6	7	5	5	5	1
0	0	3	10	4	4	9	2
0	1	4	5	4	10	6	2
1	5	6	6	6	4	7	3
2	5	1	1	5	2	3	3

7.1. TOPOLOGIA I GEOMETRIA CZASU

W zdecydowanej większości zastosowań geoinformacji bezpo-
rednie odniesienie przestrzenne jest określone przy pomocy dwóch współrzędnych: (x,y) lub (f,l). Hydrogeologia jako część geologii wymaga często nie tylko wymiarowości 3D, lecz także 4D, czyli uwzględnienie czasu jako czwartego wymiaru, w dodatku geologia posługuje się swoją własną skalą czasu — czasem geologicznym. Analogicznie do geometrii i topologii przestrzennej można zbudować model pojęciowy geometrii i topologii czasu (Breunig, 2001). Model taki zawiera elementy podobne do modelu przestrzeni jednowymiarowej, czyli punkty i odcinki w sensie geometrycznym i w zły i brzeg (odcinek, bok lub krawędź) w sensie topologicznym. Przedstawiony tu zarys modelu oparty jest na standardzie ISO 19108 (ISO, 2002b).

Podstawowymi elementami modelu geometrii czasu (fig. 8) są :

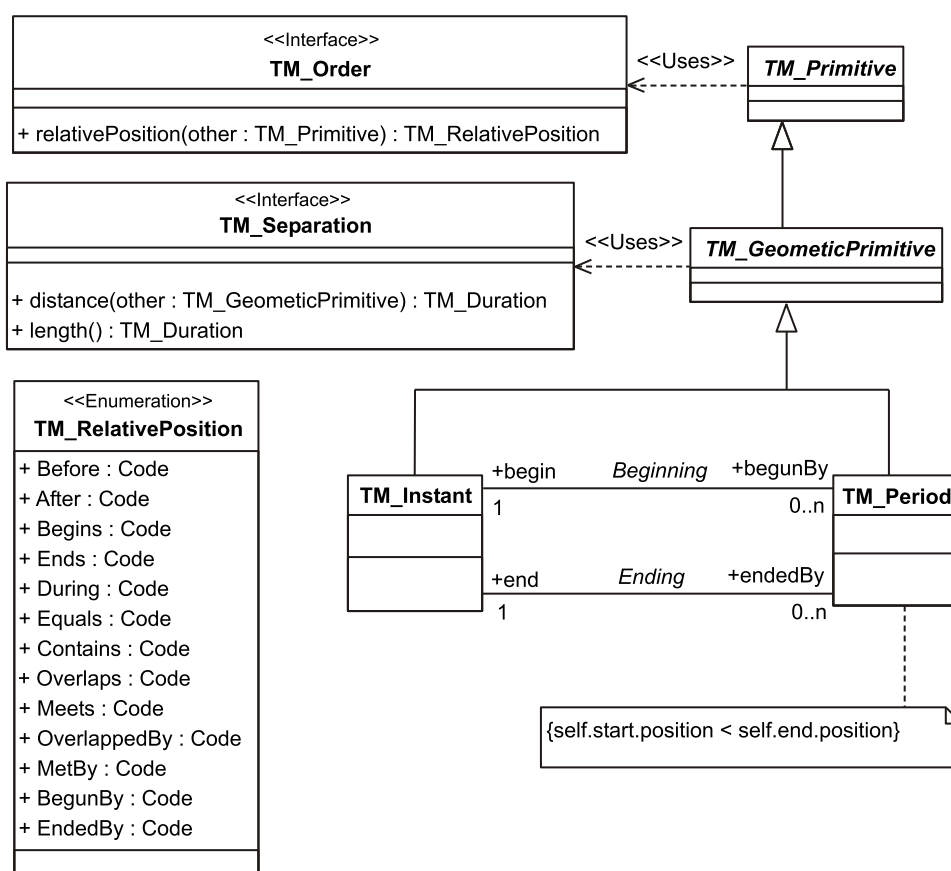


Fig. 8. Elementy geometryczne czasu — diagram UML (opracowano programem Rational Rose na podstawie normy ISO 19108) (ISO, 2002b)

Geometrical elements of time, diagram UML (elaborated by using the Rational Rose software on the basis of ISO 19108 standard) (ISO, 2002b)

- **Chwila** (*TM_Instant*) – punkt w czasie, element 0-wymiarowy odpowiadający punktowi w przestrzeni.
- **Okres** (*TM_Period*) – odcinek w czasie, element 1-wymiarowy odpowiadający brzegowi w przestrzeni.

Klasy te będą pochodnymi abstrakcyjnych klas "Czasowy geometryczny element prosty" (*TM_GeometricPrimitive*) i "Czasowy element prosty" (*TM_Primitive*) dziedzicząc od nich interfejsy "Porządek" (*TM_Order*) i "Rozdzielanie" (*TM_Separation*), które pozwalają na określenie "Czasu trwania" (*TM_Duration*) i "Względnej pozycji" (*TM_RelativePosition*).

Model topologiczny czasu jest przedstawiony na figurze 9 i zawiera również dwa podstawowe elementy proste, w tym przypadku:

- **Wzrost czasu** (*TM_Node*) – powiązany asocjacyjnie dwukierunkowo "Realizacją" (*Realization*) z klasą "Chwila" (*TM_Instant*).
- **Odcinek czasu** (*TM_Edge*) – również powiązany asocjacyjnie dwukierunkowo "Realizacją", ale w tym przypadku z klasą "Okres" (*TM_Period*).

Zestaw podstawowych elementów geometrycznych i topologicznych dla czasu jest znacznie uboższy niż w przypadku elementów przestrzennych, ponieważ elementy przestrzenne mogą być określone w przestrzeni 3D, a czas określa tylko w jednym wymiarze.

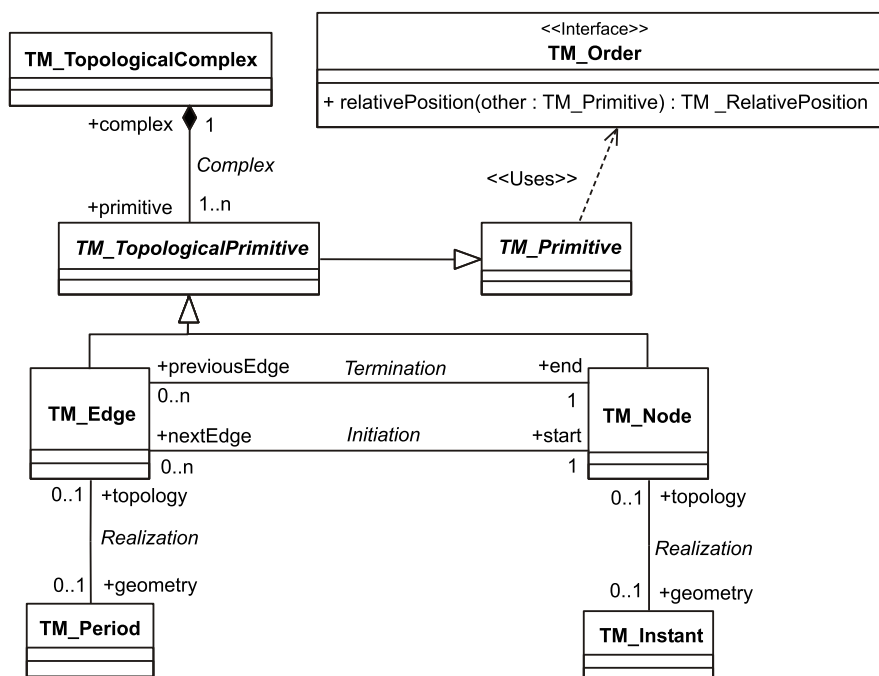


Fig. 9. Elementy topologiczne czasu — diagram UML (opracowano programem Rational Rose na podstawie normy ISO 19108) (ISO, 2002b)

Topological elements of time (diagram UML elaborated by using the Rational Rose software on the basis of ISO 19108 standard) (ISO, 2002b)

Położenie w czasie (TM_TemporalPosition) elementów takich, jak chwila i okres jest określone przy pomocy zdefiniowanego układu odniesienia czasowego. W tym przypadku z abstrakcyjnej klasy bazowej "System odniesienia czasowego" (TM_ReferenceSystem) wyprowadzone są cztery rzeczywiste klasy pochodne: "System współrzędnych czasowych" (TM_CoordinateSystem), "Zegar" (TM_Clock), "Kalendarz" (TM_Calendar) i "Porządkowy System odniesienia czasowego" (TM_OrdinalReferenceSystem). Ten ostatni jest przeznaczony głównie dla archeologii i geologii i jest opisany w rozdziale 14.

W tym uproszczeniu geometrii i topologii czasu można porównać z geometrią i topologią przestrzenną zredukowaną do jednego wymiaru, na przykład (z). Taki przypadek często występuje w geologii, a w rezultacie także i w hydrogeologii, gdy rozpatrujemy profil wiercenia. Poszczególne chwile czasu mogą odpowiadać poszczególnym punktom profilu, a okresom czasu — segmentom tego profilu. Charakterystycznym cechem profilu geologicznego (w typowym przypadku) jest jego "nieortogonalność" — brak ortogonalności elementów rozmieszczonych na osi t i na osi z . Przez nieortogonalność rozumie się tu zależność położenia w czasie i przestrzeni — osady młodszego na ogół położone wyżej.

Szereg przykładów różnych podejść do modelowania pojęciowego uwzględniającego relacje czasoprzestrzenne — także w odniesieniu do geologii — zawiera monografia pt. *On the Way to Component-Based 3D/4D Geoinformation Systems* (Breunig, 2001). Ponieważ jednak pełny formalny pojęciowy model czasoprzestrzenny dotychczas nie jest opracowany (brak jest na ten temat informacji w literaturze) i nie ma dla niego standardu ISO, poniżej jest przedstawiony ogólny zarys modelu topologicznego zawierającego elementy czasoprzestrzenne.

7.2. TOPOLOGICZNY MODEL CZASOPRZESTRZENNY

Pozornie najprostszym sposobem opracowania takiego modelu byłoby dodanie czwartego wymiaru do trójwymiarowego modelu przestrzennego. Można rozważyć prosty przypadek, w którym elementy (wyróżnienia) punktowe istnieją przez pewien okres czasu. Przy takim założeniu punktowi przestrzennemu odpowiadałby okres jako 1-wymiarowy element czasu, krzywej — powierzchnia czasoprzestrzenna, bryle — 4-wymiarowa bryła czasoprzestrzenna i tak dalej. Jednak wymiar czasu ma szczególne cechy — jednokierunkowość i w konsekwencji wymaga szczególnego potraktowania. Dla uproszczenia opisu i możliwości zilustrowania rozważań nad modelem czasoprzestrzennym będzie tu ograniczone jedynie do wymiarów z i t i tylko do topologii.

Figura 10 przedstawia schematyczny przykład topologii czasoprzestrzennej profilu geologicznego w oparciu o dwie czasoprzestrzenne linie topologiczne odpowiadające zmianom położenia wysokościowego:

- powierzchni litosfery — powierzchnia łożu lub dna zbiornika wodnego (linia ciągła po prawej stronie figury);
- powierzchni hydrosfery — zwierciadło zbiornika wodnego (np. morza) lub wód podziemnych (linia przerywana).

Linie te są określone w punkcie należącem do płaskiej przestrzeni 2D zlokalizowanym współrzędnymi x i y . Segmenty a-b, c-d i e-f odpowiadają warunkom sedymentacji wodnej (zwierciadło jest położone powyżej powierzchni litosfery), a segmenty b-c i d-e odpowiadają warunkom erozji łożowej (zwierciadło poniżej powierzchni litosfery). Topologiczne czasoprzestrzenne wzdłuż (a do f) na przecięciach tych dwóch linii topologicznych odpowiadają brzegowi zbiornika (morza), w warunkach (na przemian) transgresji i regresji. W wyniku przecięcia obu linii topologicznych powstały czasoprzestrzenne powierzchnie topologiczne odpowiadające warunkom

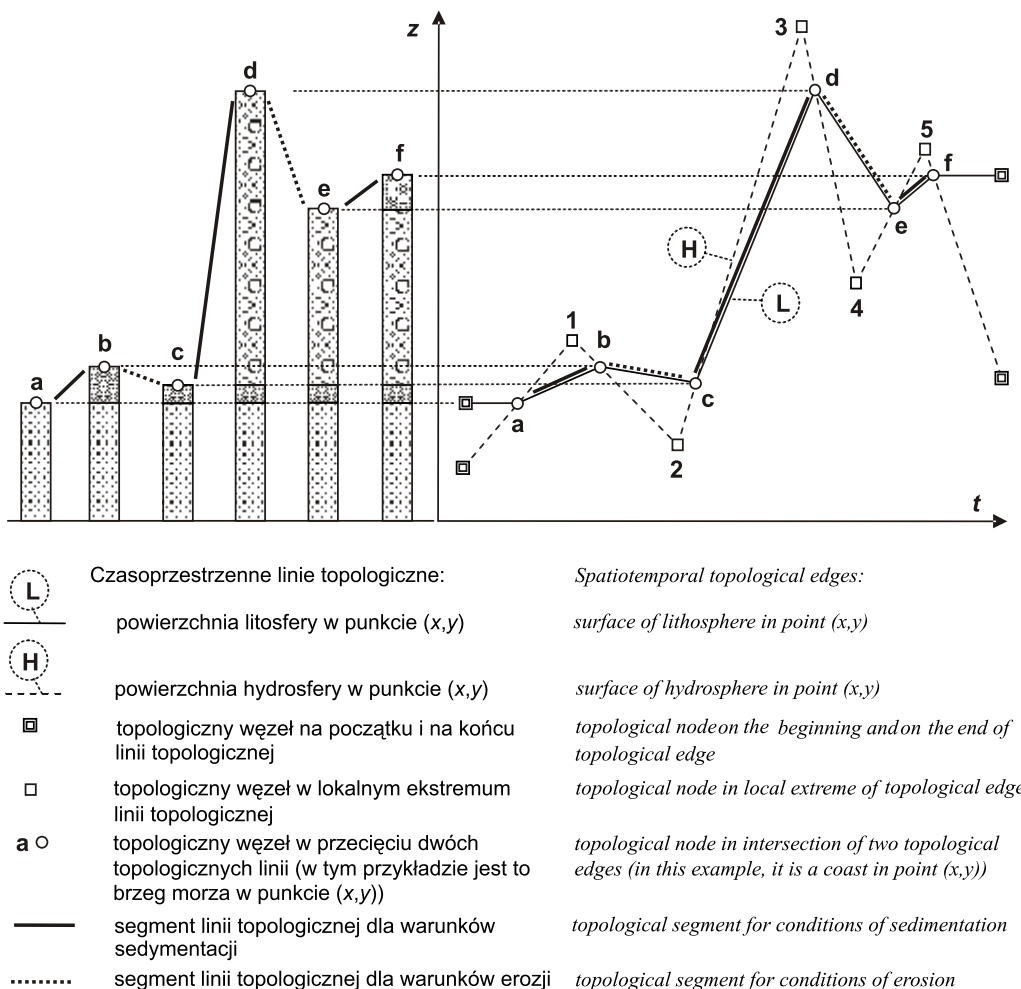


Fig. 10. Schematyczna topologia czasoprzestrzenna powstawania profilu geologicznego

Schematic spatiotemporal topology of formation of geologic profile

zbiornika wodnego (a-1-b, c-3-d i e-5-f) i warunkom podziemnej strefy aeracji (b-2-c i d-4-e). Granicami tych powierzchni topologicznych są odpowiednio:

- dla warunków morskich – linia zmiany położenia dna i linia zmiany powierzchni morza w funkcji czasu;
- dla warunków lądowych – linia zmiany położenia powierzchni terenu i linia zmiany położenia zwierciadła wody podziemnej w funkcji czasu.

Po lewej stronie figury 10 przedstawione są kolejne etapy tworzenia się profilu przy założeniu, że w warunkach morskich odbywa się wyłącznie sedymentacja, a w warunkach lądowych ma miejsce wyłącznie erozja.

Przykładowi przedstawionemu na figurze 10 odpowiada uproszczony schemat pojęciowy topologii czasoprzestrzennej zapisany w postaci diagramu klas UML (fig. 11). Model ten zawiera cztery podstawowe elementy topologiczne:

- węzeł czasoprzestrzenny (STM_DirectedNode): a do f i 1 do 5;
- segment czasoprzestrzenny (STM_DirectedSegment): a-b, a-1, 1-2 itd.;
- topologiczna linia (krzywa, krawędź) czasoprzestrzenna (STM_DirectedEdge): a-b-c-d-e-f i a-1-2-3-4-5-7;
- topologiczna powierzchnia czasoprzestrzenna (STM_DirectedFace): a-1-b, b-2-c itd.

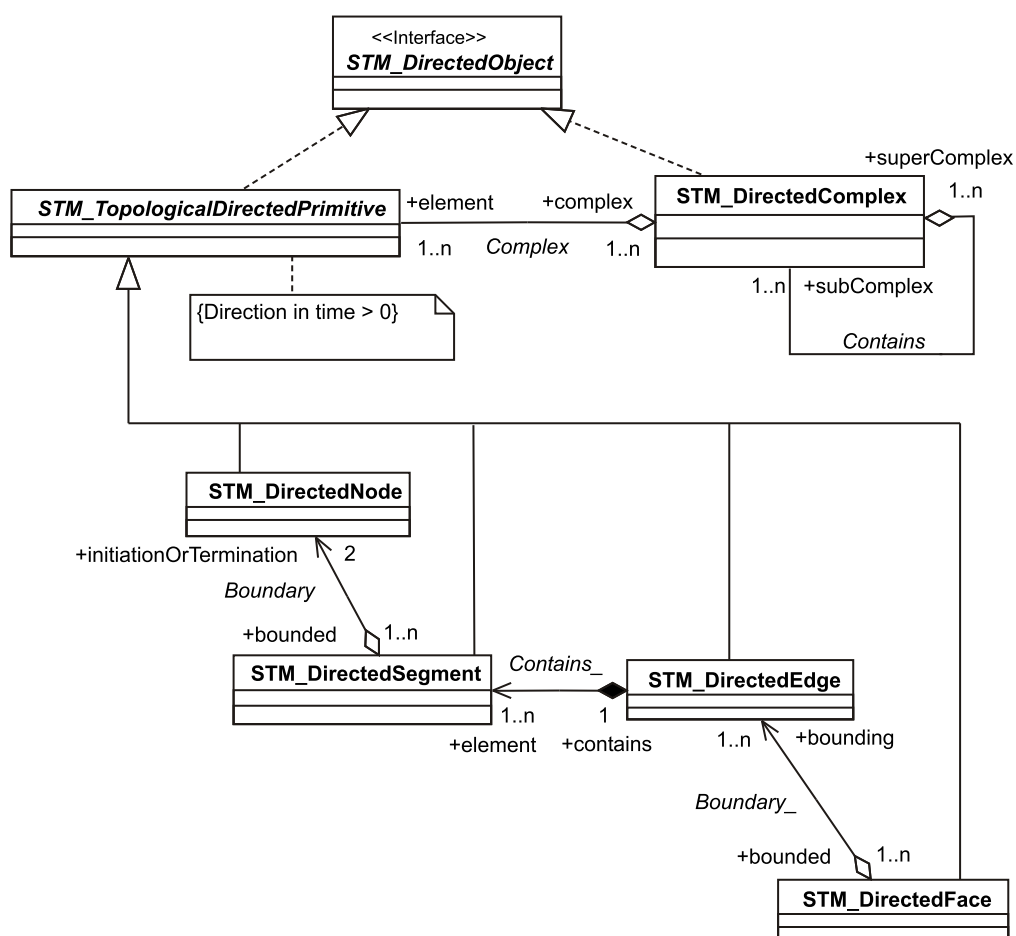


Fig. 11. Uproszczony model topologii czasoprzestrzennej

Simplified model of spatiotemporal topology

Szczególnych cech tych elementów jest konieczność określenia ich kierunku z zachowaniem ograniczenia, a składowa czasowa tego kierunku musi mieć wartość dodatnią.

Wyświetlenie poszczególnych elementów (instancje klas) tego modelu mogą tworzyć obiekty złożone (STM_DirectedComplex) tak jak jest to widoczne na przykładzie topologii profilu geologicznego. Taki obiekt złożony również może określać kierunek, którego składowa czasowa jest zawsze dodatnia, zgodny z kierunkami poszczególnych jego elementów.

8. ONTOLOGICZNY I SEMANTYCZNY ASPEKT GEOINFORMACJI HYDROGEOLOGICZNEJ

Sposób, w jaki informacja geoprzestrzenna dotycząca zjawisk i procesów hydrogeologicznych jest zapisywana w systemach komputerowych, zależy od przyjętego modelu danych. Z kolei model danych jest uzależniony od typu systemu informatycznego i od schematu pojęciowego opracowanego dla określonego zastosowania tematycznego. Z tego powodu poprawno zapisu informacji i efektywno funkcjonowania takiego systemu zależy od obu tych czynników. Typ systemu informatycznego może być wybrany spośród wielkiej liczby różnych rozwiązań o różnorodnych cechach i w tym przypadku powinny decydować racjonalne kryteria wynikające między innymi z poprawnie określonego schematu pojęciowego. Z tego wynika, że poprawno określony schemat pojęciowy jest krytycznym czynnikiem decydującym o jakości końcowego rezultatu.

Wprowadzenie do schematów pojęciowych informacji hydrogeologicznej może określić terminów geomatycznych "wyróżnienie" i "pokrycie" pozwala na usystematyzowanie pojęć występujących w tych schematach, co w rezultacie daje możliwość uniknięcia niejednoznaczności.

Ponieważ "schemat pojęciowy odwołuje się przede wszystkim do ludzkiego myślenia, percepcji i komunikacji międzyludzkiej, natomiast w drugiej kolejności do realizacji komputerowej" (Subieta, 1999), definiowanie pojęć w określonym schemacie wymaga zastosowania analizy opartej na ontologii i semantyce odniesionej do danej dyscypliny, jak w tym przypadku jest hydrogeologia.

W teorii informacji termin ontologia ma inne znaczenie niż w filozofii, chociaż oba znaczenia wiążą się ze sobą ściśle. W przypadku informatyki dąży się do stworzenia w danej dziedzinie ładu pojęciowego przy pomocy ściślejszej formalnej specyfikacji pojęć z zakresu tej dziedziny, ich właściwości i relacji zachodzących między tymi pojęciami. Najkrótsze, lecz nie zupełnie jasne określenie ontologii to "specyfikowanie konceptualizacji", czyli "interpretowanie obserwacji przy pomocy pojęć". Do zapisu specyfikacji ontologicznych stosuje się sformalizowany język, w którym na pierwszym miejscu jest OIL (*Ontology Interface Layer*). Język ten posługuje się wieloma elementarnymi konstrukcjami, do których należą:

- **ontology-container** – ontologia danej dziedziny jako zbiór elementów typu **ontology definition**;
- **ontology-definition** – ogólne określenie jednej z definicji: **import**, **rule-base**, **class definition** lub **slot definition**;
- **import** – lista odwołań do innych modułów zapisanych w języku OIL zawierających ontologie z innego zakresu i mających zastosowanie w tym zakresie;

- **rule-base** – lista reguł, cz. sto nazywanych aksjomatami (pewnikami) lub ograniczeniami globalnymi;
- **class-definition** – 1 czy nazw klasy (poj. cie, termin) z jej opisem i zawiera składniki: type (**primitive** lub **defined**), **subclass-of**, **slot-constraint** i ka. dy z nich mo. e zawiera szereg innych, bardziej szczegółowych elementów: **class-expression**, **name**, **has-value**, **value-type**, **max-cardinality** i **min-cardinality**;
- **slot-definition** – 1 czy nazw slotu (atrybutu, cechy, wła. ciwo. ci) z jego opisem i mo. e zawiera elementy: **subset-of**, **domain**, **range**, **inverse** i **property** (**transitive** lub **symetric**).

OIL jest rozszerzeniem j. zyka RDF Schema (*Resource Description Framework — Schema*) dla zastosowa. ontologicznych i jego u. yteczno. w odniesieniu do geoinformacji hydrogeologicznej w głównej mierze polega na mo. liwo. ci precyzyjnego okre. lenia aparatu poj. ciowego hydrogeologii. Jest to konieczny warunek do poprawnego i przejrzystego zapisu informacji hydrogeologicznej w postaci strukturalnej bez wzgl. du. czy informacja ta ma aspekt geoprzestrzenny. Mo. liwo. konwersji modeli ontologicznych z j. zyka OIL do j. zyka XML Schema (rozdz. 12) (Klein i in., 2000) ma istotne znaczenie w sytuacji, gdy zakres zastosowa. XML ci. gle. ro. nie i obejmuje tak. e geologi. i w tym hydrogeologii.

Przedstawiony poni. ej przykład zapisu ontologii dotyczy. cej podziału warstw wodono. nych pod wzgl. dem. ich przepuszczalno. ci wodnej i podziału wód podziemnych pod wzgl. dem. ich parametrów fizykochemicznych jest oparty na pracach Kleina i in. (2000), Stuckenschmidta i in. (2000), Bechhofera i in. (2000) i podr. czniku Pazdry (1977):

ontology-container

title "Hydrogeology Foundation"
creator "J. Michalak, Uniwersytet Warszawski, Wydz. Geologii"
subject "basic hydrogeological classifications"
description "An example ontology describing hydrogeological information"
description.release "1.01"
type "ontology"
format "pseudo-xml"
identifier
"http://www.ontoknowledge.org/oil/xml-schema/OILSchema.xsd"
source "Z. Pazdro, 1977 - Hydrogeologia ogólna, Wyd. Geologiczne, Warszawa."
language pl

ontology-definitions

slot-def *name*
domain (Zjawisko_hydrogeologiczne Parametr_fizyko-chemiczny)
range STRING
slot-def *ma_przepuszczalno*
domain warstwa_wodono. na
range Przepuszczalno
slot-def *kategoria_przepuszczalno. ci*
domain warstwa_wodono. na
range STRING
slot-def *ma_twardo*
domain woda_podziemna
range Twardo
slot-def *ma_mineralizacj*
domain woda_podziemna
range Mineralizacja

```
slot-def warto
  domain Parametr_fizyko-chemiczny
  range DECIMAL
slot-def jednostki
  domain Parametr_fizyko-chemiczny
  range STRING
class-def Zjawisko_hydrogeologiczne
  slot-constraint name
class-def Parametr_fizyko-chemiczny
  slot-constraint name
disjoint Zjawisko_hydrogeologiczne Parametr_fizyko-chemiczny
class-def Warstwa_hydrogeologiczna
  subclass-of Zjawisko_hydrogeologiczne
  slot-constraint ma_przepuszczalno
  value-type Przepuszczalno
  slot-constraint kategoria_przepuszczalno_ci
  has-value (łatwo_przepuszczalne
             rednio_przepuszczalne
             półprzepuszczalne
             nieprzepuszczalne)
class-def Woda_podziemna
  subclass-of Zjawisko_hydrogeologiczne
  slot-constraint ma_mineralizacj
  value-type Mineralizacja
  slot-constraint ma_twardo
  value-type Twardo
class-def Przepuszczalno
  subclass-of Parametr_fizyko-chemiczny
  slot-constraint warto
  slot-constraint jednostki
  has-value metry_na_dob
class-def Twardo
  subclass-of Parametr_fizyko-chemiczny
  slot-constraint warto
  slot-constraint jednostki
  has-value mwal_na_litr
class-def Mineralizacja
  subclass-of Parametr_fizyko-chemiczny
  slot-constraint warto
  slot-constraint jednostki
  has-value gramy_na_litr
class-def Woda_podziemna_silnie_zmineralizowana
  subclass-of Woda_podziemna
  slot-constraint ma_mineralizacj
  value-type Mineralizacja
  has-value ((min 10) and (max 35))
class-def Woda_podziemna_rednio_twarda
  subclass-of Woda_podziemna
  slot-constraint ma_twardo
  value-type Twardo
  has-value ((min 3) and (max 6))
```

...

Ontologiczny aspekt informacji wiążący się z jej aspektem semantycznym. Semantyka wymaga poprawnie określonej i wyspecyfikowanej ontologii, która jest dla niej szkieletem bazowym — dane będące wynikami pomiarów zwierciadła wody podziemnej nie mogą poprawnie określić semantyki, gdy sens ontologiczny terminu zwierciadło wody podziemnej nie będzie dostatecznie i precyzyjnie określony.

Z ontologii i semantyki informacji związane jest pojęcie "metafora" w znaczeniu informatycznym. Pojęcie metafory ma inne znaczenie w teorii informacji w lingwistyce, gdzie oznacza figurę stylistyczną — przenośnię. W informatyce oznacza ono pewien zestaw pojęć, często oparty na pewnym pojęciu głównym, a także terminów wyobrażeń i obiektów dobrze rozumianych przez ludzi i słuchaczy jako podstawowa koncepcja interpretacji obserwowanych zjawisk i zdarzeń. Metafora ułatwia zrozumienie tego, co jest obserwowane, lecz może też stworzyć iluzoryczny obraz rzeczywistości, jak to ma miejsce w przypadku metafory pulpitu (*desktop*) na ekranie monitora, który w takim przypadku jest traktowany jako blat stołu z rozmieszczonymi na nim kartkami i książkami. Rodowisko internetu (a także WWW) również dostarcza wielu tego rodzaju metafor — określenie "wejść na stron WWW..." jest tego przykładem.

8.1. TERMIN "ZWIERCIADŁO WÓD PODZIEMNYCH" JAKO METAFORA ONTOLOGICZNA

Przykładem problemów z zakresu ontologii i semantyki geoprzestrzennej informacji hydrogeologicznej jest podstawowe pojęcie "zwierciadło wód podziemnych" powszechnie stosowane w hydrogeologii i najczęściej rozumiane jako proste, bezpośrednie przeniesienie zjawisk obserwowanych w otworze wiertniczym lub studni na otaczający go ośrodek skalny. Definicja, że jest to „powierzchnia oddzielająca strefę saturacji od strefy aeracji” (Kleczkowski, Rókoski, 1997), nie jest ścisła z punktu widzenia fizyki. Zwierciadło wody w sensie fizyki jest granicą między fazą ciekłą (w tym przypadku wodą) i fazą gazową (powietrzem lub parą wodną). W ośrodku porowatym, jakim jest najczęściej warstwa wodonośna, może być rozpatrywane jedynie w mikroskali szkieletu skały porowatej. W takim przypadku granicą międzyfazową są bardzo małe meniski wkłosa, których krzywizna jest funkcją różnic ciśnień molekularnych między obydwoimi fazami. Poprawniejszym określeniem terminu "zwierciadło wód podziemnych" jest definicja: powierzchnia, na której ciśnienie panujące w wodzie wypełniającej pory lub szczeliny jest równe ciśnieniu atmosferycznemu. Jest ono znacznie bliższe pojęciu zwierciadła wód powierzchniowych i zwierciadła w studni. Tak rozumiane pojęcie zwierciadła jest jedynie powierzchnią w określonym profilu pionowym, chociaż może ono w pewnych przypadkach przybierać bardzo skomplikowane kształty, na przykład w ośrodku wielowarstwowym w bezpośrednim siedlisku wysokiej skarpy.

Również często stosowane określenie "pomiar zwierciadła wody" jest bardzo nieprecyzyjne, dotyczy ono w zasadzie zupełnie innego zjawiska, a mianowicie wysokości hydraulicznej, określanej także jako potencjał hydrodynamiczny wyrażony wysokością słupa wody. „Dla niezmineralizowanych wód podziemnych wysokość hydrauliczna jest równoznaczna z rzędni zwierciadła wody, jeżeli poziomem odniesienia jest poziom morza” — z definicji wysokości hydraulicznej (Kleczkowski, Rókoski, 1997). Jest to prawdziwe, ale tylko pod warunkiem, że gradient pionowy jest równy zeru, co należy do sytuacji wyjściowych. W rezultacie to, co określone jest jako pomiar zwierciadła wody, jest pomiarem wysokości hydraulicznej i na podstawie tych

pomiarów opracowuje się mapy zwierciadła wody. Na mapach tych informacje dotyczące przestrzennej zmienności zwierciadła wody są najczęściej zobrazowane w formie hydroizohips, które w sensie geomatycznym są w tym przypadku traktowane jako obiekty (na tzw. mapach obiektowych).

Podobne problemy ontologiczne i semantyczne wiążą się z terminem "zwierciadło napięte". Termin ten nie ma odpowiednika w innych językach i na tej podstawie można przypuszczać, że nie jest potrzebny. Zwierciadło napięte to „zwierciadło wody, którego położenie i kształt są wymuszone spływem wyciekającej warstwy nieprzepuszczalnej (...)” (Kleczkowski, Rókowski, 1997). Z tym terminem wiążą się dwa inne: zwierciadło wody nawiercone i zwierciadło wody ustalone. W tym przypadku również mamy do czynienia z prostym przeniesieniem zjawisk obserwowanych w otworze wiertniczym lub studni podczas prac wiertniczych na otaczający go ośrodek skalny. Użycie terminów strop warstwy wodonośnej i wysokość hydrauliczna pozwala na nieumyślane terminu zwierciadło napięte i jego pochodnych, co w rezultacie usuwa niejasności związane z tymi terminami. Przyczyną tych niejasności jest zupełnie inny charakter fizyczny pojęć strop warstwy i zwierciadło wody, które poprzez użycie terminu zwierciadło napięte są traktowane jako dwie formy (dwa typy) tego samego zjawiska.

8.2. WYRÓŻNIENIE GEOPRZESTRZENNE

Często terminy wyróżnienie (*feature*) i obiekt (*object*) są traktowane jako synonimy. Jednak w terminologii standardów ISO 19100 (ISO, 2002c) i specyfikacji OpenGIS (OGC, 1999) obu tym terminom nadaje się zupełnie różne znaczenie. Pojęcie obiekt jest tam rozumiane tak jak w podanej w rozdziale 3 definicji opartej na metodyce UML (OMG, 2001). W takim ujęciu, w świecie rzeczywistym, można wyodrębnić pewne byty wyrażające się od otoczenia i posiadające to samo — są to obiekty rzeczywiste, autentyczne (*genuine objects*). Odpowiednikami obiektów rzeczywistych mogą być składniki sformalizowanego abstrakcyjnego modelu pojęciowego — obiekty abstrakcyjne (*abstract objects*). W informatyce obiektem może być też pewien byt programistyczny będący odpowiednikiem obiektu w modelu pojęciowym, a zatem i obiektu rzeczywistego. Taki obiekt jest często nazywany wystąpieniem klasy (*class instance*) i może być nim na przykład agregat danych i metod, ale tak nie jest obiektem w sensie programistycznym, co nie ma odpowiednika w rzeczywistości. Z przyjęciem tego tu znaczenia terminu "obiekt" wynika, że z obiektem związanym jest szereg innych pojęć, mianowicie: atrybut, powiązanie, klasa, abstrakcyjny typ danych, hermetyzacja, komunikat, metoda i polimorfizm (Subieta, 1998).

Termin "wyróżnienie" jest stosunkowo nowym terminem i wywodzi się z środowisk badawczych związanych z Open GIS Consortium (OGC). Bardzo lakoniczna definicja wyróżnienia brzmi: abstrakcja zjawiska występującego w świecie rzeczywistym. Termin ten odnosi się do czegoś, co istnieje w rzeczywistości i wyraża się wyróżnieniem się z otoczenia w sensie przestrzennym (a ściślej geoprzestrzennym). Może to być obiekt w sensie przedstawionym powyżej, rzeczywisty lub odpowiadający mu abstrakcyjny lub programistyczny, ale może to być także "coś", co nie może być uznane za obiekt, bo nie spełnia wymagań definicji. Przykładem wyróżnienia-obiektu jest dom, samochód, drzewo, lub planeta, a przykładem "wyróżnienia-nie-obiektu" jest plama, na przykład ciemna lub jasna na zdjęciu satelitarnym, zagłębienie terenu, synklina, strefa zasilania wód podziemnych lub wyjątkowo atmosferyczny. Niezwykle ważnymi cechami wyróżnienia jest rozciągłość w przestrzeni i czasie, a także jakaś przynajmniej jedna cecha wyróżniająca je z otoczenia. Można inaczej powiedzieć, że wyróżnienie to pewne miejsce w czasie i przestrzeni, w którym z jakiegoś

wodów jest "co" innego niż w jego otoczeniu lub "co" w tym miejscu inaczej wygląda niż w pozostałych miejscach. To przyczyną może być znajdujący się tam obiekt, ale może to być "co", co nie jest obiektem. Z wyróżnieniem przestrzennym związane są inne pojęcia takie jak położenie, rozciągłość, kształt, czas trwania, geometria, topologia i merologia. W hydrogeologii i także w geologii wyróżnienia, które nie są obiektami w wikszości przypadków odpowiadają temu, co jest określane jako "forma" (*form*) (Mark, Smith, 2001). Formą może być synklina lub monoklina, niecka artezyjska lub okno hydrogeologiczne, a w geomorfologii na przykład skarpa tarasu rzecznego.

W hydrogeologii mamy do czynienia z wielką różnorodnością typów wyróżnień. Dla zilustrowania tej różnorodności przeprowadzono analizę typów przestrzennych wyróżnień hydrogeologicznych na podstawie zbioru haseł *Słownika Hydrogeologicznego* (Kleczkowski, Rótkowski, 1997). Spośród 1192 haseł tego słownika dotyczących terminów hydrogeologicznych 276 odnosi się do pojedynczych typów wyróżnień przestrzennych. Reprezentatywnymi przykładami terminów dotyczących typów wyróżnień są: pole hydrodynamiczne, zbiornik wód podziemnych, obszar ochrony, hydroizohipsa, lej depresji, dział wód podziemnych, warstwa wodonośna, spąg poziomu wodonośnego, żyła wodna, jednostka hydrogeologiczna, źródło, piezometr, studnia, system hydrogeologiczny. Analiza ontologiczna typów wyróżnień związanych z hasłami tego słownika zawarta jest w pracy autora (Michalak, 2003a). Wyróżnienia naturalne, z jakimi mamy najczęściej do czynienia w hydrogeologii, należą do kategorii, w której odpowiedni form opisuje jest pokrycie (*coverage*) jako szczególny typ wyróżnienia opisany w rozdziale 8.5, a jego rola w informacji hydrogeologicznej jest przedstawiona w rozdziale 8.6.

8.3. WYRÓ NIENIA ROZMYTE I USTANOWIONE

Znaczną część wyróżnień, z jakimi mamy do czynienia w hydrogeologii to wyróżnienia rozmyte (*fuzzy features*). Rozmycie (*fuzziness*) może dotyczyć granic przestrzennych i czasowych, a także charakterystycznych dla określonego wyróżnienia cech niegeoprzestrzennych.

Obok rozmycia, które może być nazwane naturalnym lub rzeczywistym (*genuine*) w hydrogeologii, podobnie jak w geologii, mamy często do czynienia z rozmyciem pozornym lub formalnym (*formal fuzziness*) wynikającym z braku dostatecznie dokładnej informacji, co jest spowodowane trudnym dostępem do wyróżnienia i przez to zdobycie informacji o tym wyróżnieniu jest trudne lub niemożliwe. Można to zilustrować przy pomocy przykładów:

- Jezioro najczęściej nie jest wyróżnieniem rozmytym, ponieważ można na ogół wyrazić, ostre, dostępne i przez to łatwe do wyznaczenia granice.
- Podmokło jest wyróżnieniem łatwo dostępnym, ale jego granice są trudne do wyznaczenia, ponieważ przejście od obszaru podtopionego do miejsca suchego jest często stopniowe i z tego powodu wyznaczenie granic nie jest jednoznaczne — często wiemy jedynie gdzie z pewnością jest podmokło a gdzie jest suchy grunt. Można powiedzieć, że jest to wyróżnienie naturalnie rozmyte (*genuine fuzzy feature*).
- Znajdująca się głęboko pod powierzchnią terenu kopalna rafa koralowa ma ostre granice geoprzestrzenne, ale dostęp do tego wyróżnienia jest bardzo ograniczony i z tego powodu informacje o przebiegu jego granic są również ograniczone. Często potrafimy powiedzieć (na podstawie wierceń) jedynie, że w pewnym miejscu jest ta rafa, a w innym już jej nie ma. Prawdopodobieństwo istnienia rafy w punktach leżących na linii łączącej te dwa miejsca jest funkcją liniową głębokości i możemy na tej podstawie powiedzieć, że nasza wiedza o położeniu granicy jest rozmyta. Jest to podobna sytuacja jak w przypadku naturalnej granicy rozmytej, lecz przyczyna leży w trudnościach zdobycia informacji o położeniu granicy,

która nie jest rozmyta, ale nie jest bezpo rednio dost pna do obserwacji. Mo na to uzna za przypadek rozmycia pozornego.

- Cz sto w hydrogeologii mamy do czynienia z jednoczesnym rozmyciem naturalnym i pozornym. Przykładem mo e by gł boko poło ona warstwa wodono na i w takim przypadku bardzo cz sto poziomy zasi g tej warstwy jest rozmyty jednocze nie naturalnie i pozornie. Naturalnie, gdy warstwa mo e si ko czy w pewnym miejscu z powodu stopniowych zmian litologicznych, a pozornie, gdy nie mamy bezpo redniego dost pu do miejsca gdzie te zmiany wyst puj .

Ustanowienie (*fiat*), podobnie jak rozmycie, mo e odnosi si do granic przestrzennych i czasowych, a tak e charakterystycznych dla okre lonego wyró nienia cech niegeoprzestrzennych. Jako ustanowienie w tym przypadku rozumie si arbitralne okre lenie czego , co nie istnieje obiektywnie w rzeczywisto ci, ale bez tego co , co istnieje realnie nie mo e by poprawnie zdefiniowane lub sklasyfikowane. Ustanowienie cz sto dotyczy relacji mi dzy wyró nieniem geoprzestrzennym a czym innym, na przykład obiektem niegeoprzestrzennym. Przykładem granicy ustanowionej jest horyzont, granica jednostki administracyjnej lub granica działki geodezyjnej. Dobr ilustracj jest przypadek zatoki morskiej. Od strony l du zatoka jest ograniczona naturaln ostr granic — lini brzegow , lecz od strony morza otwartego nie ma ona granicy naturalnej. Z tego wzgl du ustala si jak arbitraln lini , która oddziela zatok od otwartego morza i jest to typowy przykład granicy ustanowionej.

W hydrogeologii, podobnie jak w geologii wi kszo granic przestrzennych ma charakter ustanowiony i jest to spowodowane albo rzeczywistym rozmyciem tych granic albo brakiem informacji o ich dokładnym poło eniu (rozmycie pozorne), albo te konieczno ci wydzielenia nie do ko ca okrelonej cz ci z jakiej cało ci. Sposób okrelania takich granic zale y w głównej mierze od typu wyró nienia i od informacji, jak si dysponuje na temat tego wyró nienia.

8.4. WYRÓ NIENIE, OBIEKT I INTERFEJS

Nie wszystko, co mo emy wyodr bni z otaczaj cej nas rzeczywisto ci, mo e by traktowane jako obiekt, poniewa nie zawsze spełnia to wymagania definicji obiektu. Jednak definicja wyró nienia jest w tym przypadku tak szeroka, e wszystko to mo e si w niej zmie ci , pod warunkiem, e posiada okrelon rozci gło w przestrzeni i czasie (tak e, je eli jest to obiekt). Typowymi przykładami wyró nie hydrogeologicznych s :

- wyró nienia rzeczywiste, na przykład niecka artezyjska, warstwa wodono na i obszar ród-liskowy;
- wyró nienia ustanowione, na przykład obszar bilansowania zasobów wód podziemnych, główny zbiornik wód podziemnych i u ytkowy poziom wód podziemnych;
- wyró nienia rozmyte (rzeczywiste lub ustanowione), na przykład lej depresji, jednostka hydrogeologiczna i strefa drena u.

Typowymi przykładami obiektów hydrogeologicznych s : studnia, hydrogeologiczny otwór wiertniczy, piezometr i ródło.

Relacja mi dzy obiektem i interfejsem jest oparta na podstawowym w obiektowo ci mechanizmie hermetyzacji. Hermetyzacja (*encapsulation*) to zamykanie zło onych układów w zamkni te bryły i traktowanie tych brył jako jednostki. W ten sposób mo na ukry nieistotne w danym przypadku szczegóły, pozostawiaj c jedynie wa ne dla tego przypadku wybrane elementy. Mo na powiedzie , e nieistotne szczegóły zostały zamkni te wewn trz, a to, co jest istotne jest widoczne z zewn trz — jest interfejsem tego zło onego układu. Przykładami mog tu by urz dzenia tech-

niczne b d ce w powszechnym u yciu i ich interfejsy u ytkownika, na przykład radiodbiornik i jego elementy regulacji znajduj ce si na jego obudowie. W pewnym uproszczeniu, fizycznym interfejsem u ytkownika komputera jest ekran, klawiatura i myszka.

W geometyce poj cie interfejsu jest zwi zane najcz ciej z obiektem programistycznym, czyli wyst puje jako element modelu implementacyjnego i w tym przypadku nast puje rozdzielenie funkcji obiektu i jego interfejsu. Obiekt zawiera wszystkie atrybuty, a interfejs definiuje operacje, jakie z zewn trz mo na wykonywa na tych atrybutach.

Traktuj c zapis profilu geologicznego jako list powtarzaj cych si sekwencji, mo na okre li , jakie operacje zewn trzne mog by wykonywane na takiej li cie. Przykładowa lista sekwencji profilu jest nast puj ca:

Sekwencja:	Atrybut A:	Jego warto :	Atrybut B:	Jego warto :
S_1	A_1	W_i^A	B_1	W_m^B
S_2	A_2	W_j^A	B_2	W_n^B
S_3	A_3	W_k^A	B_3	W_o^B
S_4	A_4	W_l^A	B_4	W_p^B

gdzie:

$S_1, S_2, S_3, \dots, S_N$ — kolejne sekwencje odpowiadaj ce poszczególnym wydzieleniom;

A_1 i B_1 — atrybuty sekwencji S_1 , A_2 i B_2 – atrybuty sekwencji S_2 i tak dalej;

W_i^A, W_j^A, \dots — zbiór warto ci atrybutu A;

W_m^B, W_n^B, \dots — zbiór warto ci atrybutu B.

Przyjmuje si tak e, e:

S_{1-2} — sekwencja otrzymana z poł czenia sekwencji S_1 i S_2 ;

$S_{4,1}$ i $S_{4,2}$ — sekwencje otrzymane z podziału sekwencji S_4 według przyj tego kryterium podziału okre lonego przez K_4 ;

W_r^B — nowa warto atrybutu B dla jakiej sekwencji.

W du ym uproszczeniu przykładowy zbiór operacji stanowi cy interfejs zapisu profilu b dzie nast puj cy:

- Znajd sekwencj o atrybucie A_2 z warto ci W_j^A . Operacja zwróci wynik $S_2(A_2, W_j^A)$ lub NULL w przypadku braku takiej sekwencji. Na przykład warstw o współczynniku filtracji równym 15 m/d.
- Usu sekwencj S_3 . Operacja zwróci wynik logiczny Boolean 1 lub 0. Na przykład usu cienkie przewarstwienie warstwy, poniewa nie jest w tej skali istotne.
- Poł cz sekwencje S_1 i S_2 . Operacja zwróci wynik S_{1-2} . Na przykład, gdy dwie warstwy stanowi jeden poziom wodono ny.
- Rozdziel sekwencj S_4 według kryterium K_4 . Operacja zwróci wynik jako dwie sekwencje $S_{4,1}$ i $S_{4,2}$ lub NULL. Na przykład podziel warstw wodono n na cz stropow i cz sp gow .
- Zmie warto atrybutu B_1 na warto W_r^B w sekwencji S_1 . Operacja zwróci warto Boolean 1 lub 0. Na przykład dla u ci lenia warto ci parametru warstwy.

Rola interfejsów jest szczególnie istotna w przypadku interoperacyjnego współdziałania ró nych systemów geoinformacyjnych. Jeden system mo e dokonywa zmian w zapisie danych drugiego systemu jedynie w sposób okre lony przez operacje zdefiniowane w interfejsie współpracy mi dzy tymi dwoma systemami.

8.5. POKRYCIE JAKO SZCZEGÓLNY TYP WYRÓ NIENIA

Obiekty, wyró nienia i pokrycia s elementami modeli poj ciowych i schematów aplikacyjnych w systemach geoinformacyjnych. Jednak ró nice, jakie zachodz miedzy nimi maj góbsze ontologiczne i semantyczne podóe. Cytat z pracy Herringa i Kottmana w lakonicznej formie wyja nia to rozró nienie: „Odpowiedzi jest, e "wyró nienia i pokrycia", ale jakie było pytanie? (...), pytanie było, jakie s dwa podstawowe sposoby my lenia o informacji geoprzestrzennej i opisywania jej?” (Herring, Kottman, 1997).

Z formalnego punktu widzenia, pokrycie jest wyró nieniem, lecz nie mo na znale przykóadów, w których byłoby obiektem. W obiektowym systemie geoinformacyjnym pokrycie mo e by reprezentowane przez obiekt programistyczny, lecz nale y tu zwróci uwag na ró nic miedzy "jest" a "jest reprezentowany". Pokrycie, b d c zarazem szczególnym przypadkiem wyró nienia, pozwala na przedstawianie otaczaj cej rzeczywisto ci w inny sposób, ni to ma miejsce dla typowych wyró nie , a szczególnie tych, które s obiektami. Najbardziej specyficzn wóaciuwo ci pokrycia jest to, e zachowuje si jak funkcja matematyczna, która dla dowolnego punktu swojej dziedziny (domeny) geoprzestrzennej (powierzchni, przestrzeni lub czasoprzestrzeni, tak e dyskretnej) zwraca jako wynik warto z zakresu dziedziny (domeny) atrybutu. Typ zwracanej warto ci jest okre lony przez typ atrybutu, lecz mo na tu zastosowa wielk gam ró nych typów. Typy danych geoprzestrzennych s opisane w rozdziale 2.4, a w przypadku pokrycia, typami zwracanymi przez jego funkcj mog by :

- **Proste typy danych**, np. *logical, integer, decimal (float i double)*, teksty i óacuchy znaków.
- **Zó one typy danych**, np. okre lenia koloru, daty, czasu i wieku geologicznego.
- **Enumeratory**, czyli zamkni te uporz dkowane listy zawieraj ce nazwy lub hasóa.
- **Skóadniki list kodowych** (cz sto nazywanych słownikami) zawieraj ce pólczone pary "nazwa-tekst".
- **Agregaty danych**, czyli wyst pienia struktur danych lub obiekty (wyst pienia klas programistycznych) zawieraj ce dane.
- **Proste wska niki i lokatory**, np. URL (*Uniform Resource Locator*).
- **Identyfikatory**, proste, np. Oid (object identifier) i zó one, np. URI (*Uniform Resource Identifier*).
- **Powi zania**, np. dziedziczenie (generalizacj i specjalizacj), asocjacje, agregacje i kompozycje.
- A tak e w zaawansowanych programistycznych modelach obiektowych **metody**, np. operatory (relacji, logiczne, arytmetyczne) i funkcje.

W naukach o Ziemi znaczna cz informacji geoprzestrzennej ma charakter dobrze odpowiadaj cy formie zapisu, jak daj pokrycia i z tego wzgl du mo e i powinna by wyra ana w ten sposób. Typowymi przykóadami pokry w naukach o Ziemi s :

- pole fizyczne, np. pole temperatur, pole potencjaóów chemicznych i hydrodynamicznych;
- powierzchnia oddzielaj ca dwie ró ne przestrzenie, np. powierzchnia terenu, dno zbiornika wodnego, strop i sp g warstwy geologicznej;
- przestrzennie rozó one parametry o rodka ci góego, np. g sto , współczynnik przewodno ci elektrycznej i cieplne itp.

Wyró nienia, które nie s pokryciami nie mog by traktowane jako funkcje geoprzestrzenne. W systemach geoinformacyjnych wyró nienia (jako obiekty) s najczóiej kodowane przy pomocy zapisu wektorowego, w postaci prostych elementów geometrycznych: punktów, linii i powierzchni lub zbiorów tych elementów. Rozprzestrzenienie i lokalizacja tych elementów jest okre lana przy pomocy współrz dnych odpowiadaj cych okre lonemu systemowi odniesienia

przestrzennego (SRS). Inaczej jest w przypadku pokryć — tu najczęściej stosowane formy są tak zwane warstwy rastrowe (termin niejednoznaczny), a tak się zbliżone do nich obrazy i dane komórkowe i macierzowe. Wspólnym cechem tego typu danych jest tesalacja (*tessalation*) przestrzeni (Gardziński, 2001), w wyniku której powstaje raster będący kanwą (strukturą przestrzenną) dla wypełnienia danymi związanymi z określonym pokryciem.

Faktem jest odpowiednio dla obu tych typów informacji geoprzestrzennej (wyróżnienia i pokrycia) także dwie formy kodowania są stosowane najczęściej, nie stanowi ograniczenia i w wielu przypadkach jest celowe stosowanie formy rastrowej do wyróżnień i formy wektorowej do pokryć. Wiele systemów geoinformacyjnych posługuje się wyłącznie formami wektorowymi lub wyłącznie formami rastrowymi — z tego względu nie zawsze można zastosować sposób kodowania najbardziej odpowiedni dla danego typu geoinformacji. Specyfikacje OpenGIS dla pokryć określają między innymi także reguły transformacji z formy wektorowej na rastrową i odwrotnie (OGC, 1999).

8.6. RÓŻNICE MIĘDZY HYDROGEOLOGICZNYMI WYRÓŻNIENIAMI I POKRYCIAMI

W hydrogeologii, podobnie jak i w innych naukach geologicznych, gdzie przedmiotem badań jest skorupa ziemska, mamy do czynienia prawie wyłącznie z informacją geoprzestrzenną typu pokrycie. W tych zagadnieniach, jedynym "prawdziwym" obiektem (spełniającym wymagania definicji) to Ziemia jako planeta. Skorupa ziemska stanowi kontinuum, co prawda bardzo zróżnicowane i bardzo zmienne w przestrzeni i czasie, ale jednak wydzielenie odrębnych obiektów z tego kontinuum jest zagadnieniem bardzo dyskusyjnym.

Wobec powyższego, prawie wszystko, co możemy wyodrębnić w skorupie ziemskiej, jest typem wyróżnienia, a bardzo wiele z nich może być lub powinno być przedstawione w formie pokrycia. Semantyczna analiza haseł *Słownika Hydrogeologicznego* (Kleczkowski, Rókoszowski, 1997) zawarta w pracy dotyczącej zastosowania geomatyki w hydrogeologii (Michalak, 2003a) wykazała, że spośród haseł (lub grup haseł) odnoszących się do typów wyróżnień przestrzennych (nie będących ani synonimami ani podtypami innych haseł) jedna czwarta haseł odnosi się do typów wyróżnień obiektowych. Wiąkszość z nich to obiekty techniczne, na przykład stacja hydrogeologiczna, studnia, tama lub piezometr. Do naturalnych obiektów hydrogeologicznych można zaliczyć jedynie ponory, źródła, wywierzyśki i w pewnym stopniu także systemy hydrogeologiczne, bo w znacznym stopniu spełniają wymagania definicji.

Zdecydowana większość typów wyróżnień hydrogeologicznych to wyróżnienia "nieobiektywne", czyli nie spełniające warunków definicji obiektu. Trzy czwarte haseł (lub grup haseł) *Słownika Hydrogeologicznego* dotyczących typów wyróżnień należą do tego rodzaju typów i reprezentatywnymi przykładami są: zwierciadło wód podziemnych, warstwa, strop i spąg, poziom wodonośny, "jakiś" obszar i "jakaś" strefa. Wynika z tego, że "wyróżnienie" (nieobiektywne) jest podstawowym pojęciem ontologicznym, przy którego pomocy można budować schematy pojęciowe dotyczące informacji hydrogeologicznej.

Wśród analizowanych haseł *Słownika Hydrogeologicznego* szeregiem haseł związanych jest z typem "izolinia" i ten typ wymaga tu oddzielnego rozpatrzenia. Nie jest to wyróżnienie rzeczywiste, tzn. obserwowalne w rozpatrywanej rzeczywistości. Jest to jedynie element obrazu graficznego (np. mapy lub przekroju) służący do zobrazowania zmienności przestrzennej, na przykład pola fizycznego lub powierzchni. Z punktu widzenia geomatyki izolinia może być jedynie albo elementem formy zobrazowania geoinformacji albo składnikiem pokrycia (wyróżnienia traktowanego jako funkcja przestrzenna). W tym drugim przypadku potrzebna jest funkcja, która w oparciu o przebieg izoliny określi wartość w podanym punkcie.

Pokrycie zgodnie z jego definicją i odpowiadającymi jej modelami pojęciowymi, zawiera informację określającą przestrzennie zmienność jakiegoś atrybutu wyróżnienia przestrzennego lub powiązania tego wyróżnienia z czymś innym. W hydrogeologii jest bardzo wiele przypadków, w których opisujemy zmienność przestrzenną. Prawie wszystkie dane składające się na model przepływu wód podziemnych lub transportu składników rozpuszczonych spełniają wymagania definicji pokrycia i jest ono najbardziej odpowiednią formą ich zapisu. Typ pokrycia jest także odpowiedni do zapisu większej ilości informacji zawartych na mapach hydrogeologicznych. Z tego wynika, że przy opracowywaniu schematu pojęciowego dla tych wyróżnień w pierwszej kolejności należy rozważyć możliwość potraktowania ich jako typu pokrycia, a jeżeli jest to z jakichś względów nieodpowiednie, to w drugiej kolejności określić, czy jest to tylko wyróżnienie czy także obiekt.

8.7. OBSERWACJA I POMIAR

Informacja hydrogeologiczna (dane hydrogeologiczne) jest najczęściej związana z określonym wyróżnieniem geoprzestrzennym. W modelach danych jest to realizowane albo przy pomocy atrybutów (prostych i złożonych składników obiektów programistycznych), albo przy pomocy asocjacji między obiektem programistycznym reprezentującym wyróżnienie i obiektem programistycznym reprezentującym dane. Atrybut prosty jest w tym przypadku parą $nazwa = wartość$, gdzie *nazwa* określa semantykę i typ danych atrybutu, a *wartość* jest wystąpieniem elementu należącego do zdefiniowanej dziedziny w ramach typu tego argumentu. Asocjacja pozwala na znacznie swobodniejsze wiązanie danych z wyróżnieniem i reguły tego wiązania definiuje język UML.

Jednak w wielu przypadkach dane hydrogeologiczne nie są związane z określonym naturalnym wyróżnieniem przestrzennym. Przyczyny tego mogą być różne — albo we wczesnym etapie przetwarzania nie nastąpiło jeszcze powiązanie, albo jeszcze nie ma lub nie będzie określonych wyróżnień, z którymi te dane mogą być związane. W tej sytuacji można się posłużyć pojęciami obserwacja i pomiar, zdefiniowane w geomatyce jako szczególne przypadki wyróżnienia punktowego (Cox, 2002). Według Coxa pomiar to wystąpienie procedury do wyznaczenia wartości elementu naturalnego zjawiska, najczęściej z zastosowaniem instrumentu lub czujnika. W systemie informatycznym jest to implementowane jako typ wyróżnienia dynamicznego, które ma składnik zawierający wynik pomiaru. Wyróżnienie pomiarowe ma także położenie, czas i odniesienie do metody zastosowanej dla uzyskania mierzonej wartości. Wyróżnienie pomiarowe wiąże wartość z położeniem czasoprzestrzennym i metodą lub instrumentem.

Na jej podstawie można budować hydrogeologiczne schematy pojęciowe dla danych obserwacyjnych i pomiarowych nie wiążąc ich z rzeczywistymi wyróżnieniami. Takie podejście jest często nazywane późnym wiązaniem (*late binding*).

9. METODYKA BUDOWY I ANALIZY MODELI POJĘCIOWYCH GEOINFORMACJI

Projektowanie i analiza systemów informatycznych jest obecnie dziedziną bardzo rozwiniętą i mającą szereg wypróbowanych i ciągle rozwijanych metodyk, między innymi przeznaczonych do konwersji ogólnych (abstrakcyjnych) modeli pojęciowych do schematów aplikacyjnych i/lub implementacyjnych, a w końcu także do zastosowań praktycznych. Jednym z elementów tych metodyk jest studium przypadku użycia (*use case study*), które pozwala na sprecyzowanie stawia-

nych wymaga , sprawdzenie, czy wymagania te s spełnione i okre lenie potrzebnych zmian w projekcie systemu. Dla bardziej zło onego systemu opracowuje si szereg przypadków u ycia, cz sto w postaci scenariuszy, które pokrywaj swoim zasi giem cały obszar zagadnie dotycz cych takiego systemu. W badaniach hydrogeologicznych przykładem takiej sytuacji mo e by pozyskiwanie danych z baz hydrogeologicznych i repozytoriów map numerycznych dla potrzeb modelowania hydrogeologicznego. Zapis takich przypadków u ycia przedstawia figura 12.

Innymi istotnymi w tej problematyce zagadnieniami s trwało geoinformacji i interoperacyjno w zakresie tej informacji. W obu tych przypadkach zasadnicz rol odgrywa model poj -

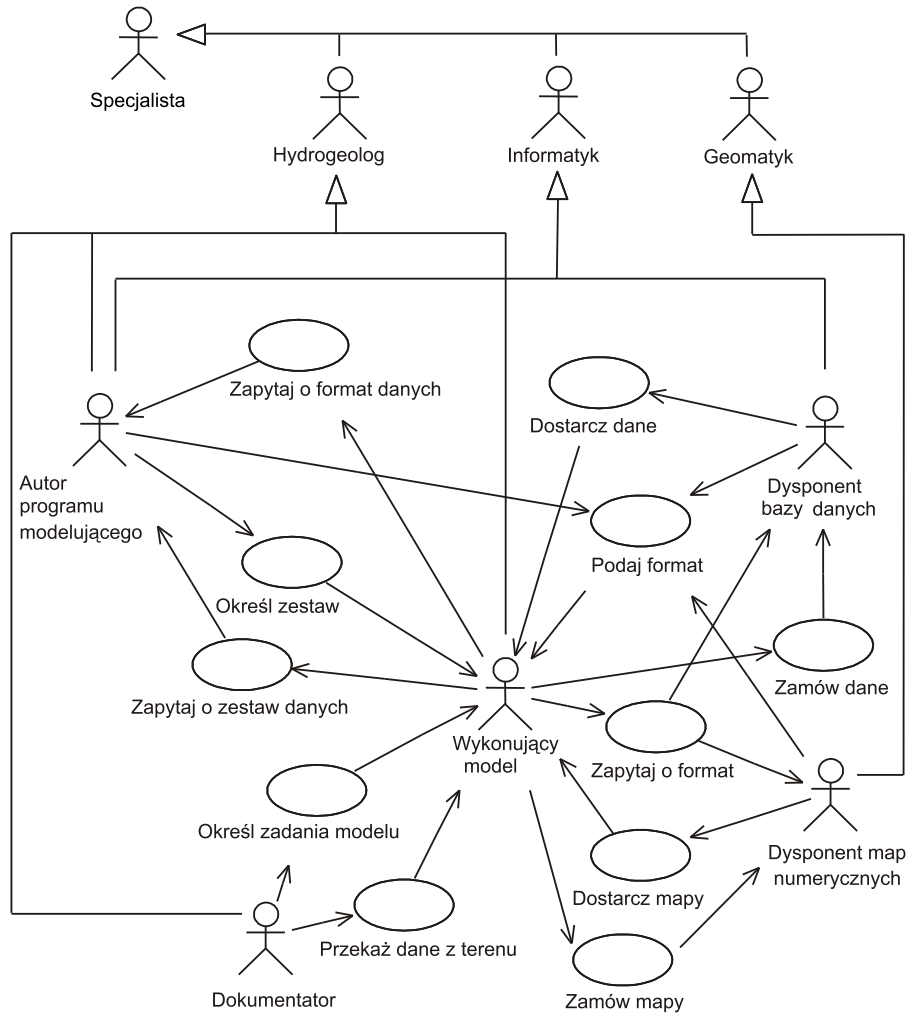


Fig. 12. Diagram przypadków u ycia (w j zyku UML) opisuj cy czynno ci zwi zane z opracowaniem modelu symuluj cego przepływ wody podziemnej

Use case diagram in UML language describing actions related to elaboration of model simulating groundwater flow

ciowy jako podstawa wszystkich pozostałych założeń, zarówno w aspekcie strukturalnym jak i funkcjonalnym. Interoperacyjność dotyczy systemów programowych, których wzajemne współdziałanie ma na celu umożliwienie przepływu informacji pomiędzy tymi systemami, najczęściej za pośrednictwem sieci komputerowej, i może się to odbywać bez konieczności ingerencji operatora lub użytkownika. Bardziej szczegółowe przedstawienie zagadnienia interoperacyjności jest zawarte w rozdziale 9.1.

Zagadnienie trwałości związane jest z bazami danych w szerokim tego terminu znaczeniu — począwszy od tradycyjnych baz relacyjnych i systemów plików, poprzez bazy obiektowo-relacyjne, bazy obiektowe i kończąc na bazach wyspecjalizowanych, jak na przykład repozytoria, magazyny i składnice danych ukierunkowane na zarządzanie treścią (content management). Przegląd baz danych pod kątem ich właściwości w odniesieniu do geoinformacji zawiera rozdział 11.

9.1. INTEROPERACYJNOŚĆ W ZAKRESIE GEOINFORMACJI

Interoperacyjność to współpraca niezależnie zbudowanych (heterogenicznych) systemów, szczególnie w sieciach komputerowych. Zagadnienia te obejmują między innymi: budowę systemów otwartych, łączenie starszego oprogramowania z nowymi systemami, budowę wspólnego obrazu danych i wspólnego języka dostępu do danych, dostępu do obcych baz, automatycznych translacji pomiędzy językami komunikacji, a także opracowywanie różnorodnych standardów w zakresie interoperacyjności (Subieta, 1999).

Podstawowe role w interoperacyjności odgrywają interfejsy — moduły programowe poszczególnych systemów (lub podsystemów — części systemu złożonego), których rolą jest wzajemne komunikowanie się dla realizowania interoperacyjności. Rozwój systemów geoinformacyjnych w kierunku interoperacyjności opartej na interfejsach jest przedstawiony schematycznie na figurze 13. Standardowe interfejsy umożliwiają interoperacyjność pomiędzy systemami opartymi na różnych technologiach i różnym stopniu zaawansowania technologicznego. Dzięki temu przy ich pomocy można łączyć zarówno systemy starsze z nowymi, jak i obiektowe z nieobektowymi, na przykład z relacyjnymi bazami danych. Pod względem poziomu organizacyjnego interfejsy można podzielić na wewnętrzne-systemowe i między-systemowe. Interfejsy wewnętrzne mogą być oparte na standardowych platformach przetwarzania rozproszonego (DCP — *Distributed Computing Platform*), ale nie muszą, ponieważ koncepcja interoperacyjności dotyczy sposobu widzenia określonego systemu jedynie z zewnątrz. Standaryzacja interfejsów zewnętrznych jest koniecznością, ponieważ stanowi one podstawę wzajemnego współdziałania (Michalak, 2002).

W modelach pojęciowych interfejsy są specjalnym rodzajem klas wyróżnionych stereotypem <<interface>> i zawierają zbiór zdefiniowanych funkcji i procedur dla wysyłania i odbierania komunikatów, a także realizowania operacji związanych z tymi komunikatami. Przykłady interfejsów w modelach danych geoprzestrzennych (klasy *TM_Order* i *TM_Separation* jako geometryczne i topologiczne elementy systemu odniesienia czasowego) zawierają figury 8 i 9 (rozdz. 7.1).

W schematach implementacyjnych abstrakcyjne klasy interfejsowe zamieniane są na odpowiednie protokoły i języki komunikacji międzysystemowej, na przykład CORBA, COM/OLE lub aplikacje XML–GML, SVG i XHTML. Przykładowe schematy przesyłania geoinformacji w internecie między serwerem (systemem udostępniającym dane) i klientem (systemem poszukującym danych i odbierającym wyniki) są przedstawione na figurze 14.

Na figurze 14 przypadek A jest najprostszym — klientem jest zwykła przeglądarka internetowa i z tego powodu wszystkie operacje zobrazowania danych geoprzestrzennych są dokonywane po

stronie serwera, a przesyłany obraz ma postać rastrową (pliki typu GIF, PNG lub Jpeg). W przypadku B klient ma możliwość przetwarzania obrazu, ponieważ przeglądarka jest wspomagana przez aplet w języku Java lub dołączony do niej program. W tym przypadku obraz może być przesyłany w postaci elementów wektorowych (np. zapisanych w języku SVG), z których

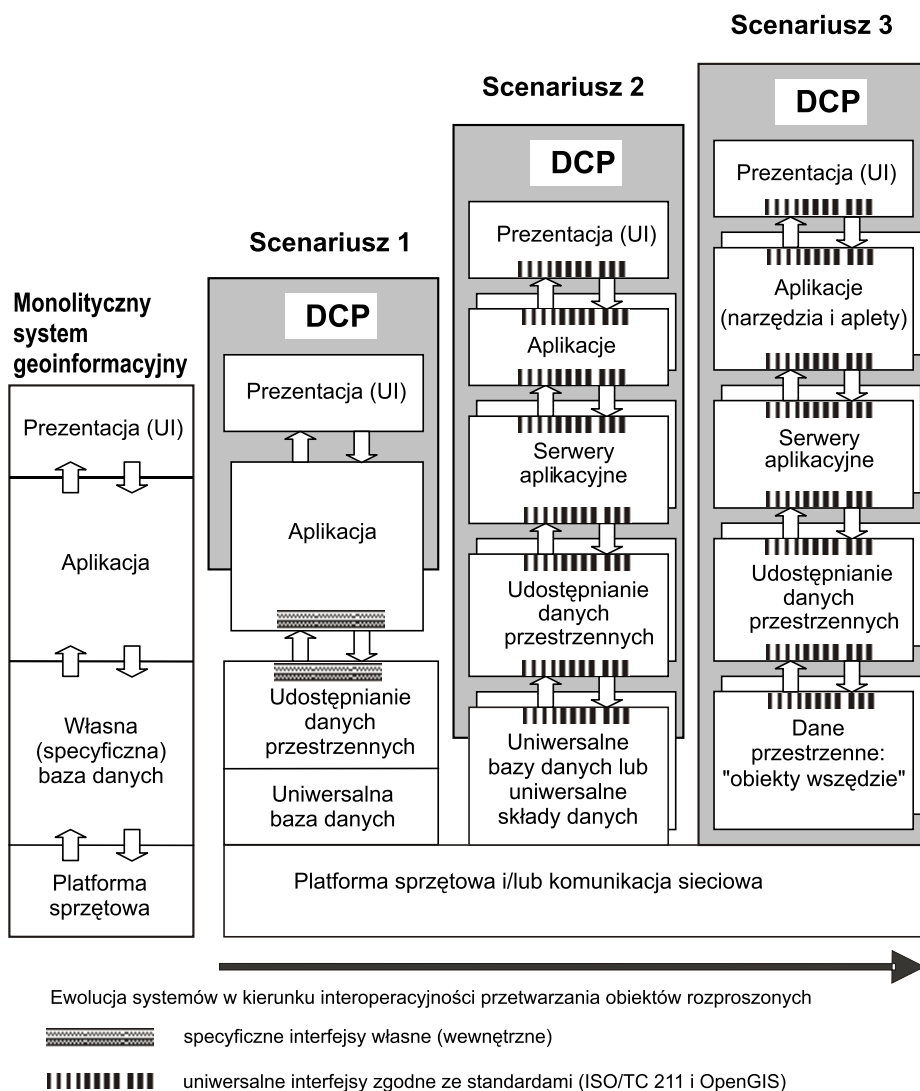


Fig. 13. Rozwój systemów geoinformacyjnych w kierunku interoperacyjności opartej na interfejsach (reprodukowano za zgodnością z OGC) (Buehler, McKee, 1996)

Evolution of geoinformation systems towards interoperability basing on interfaces (Figure courtesy of OGC) (Buehler, McKee, 1996)

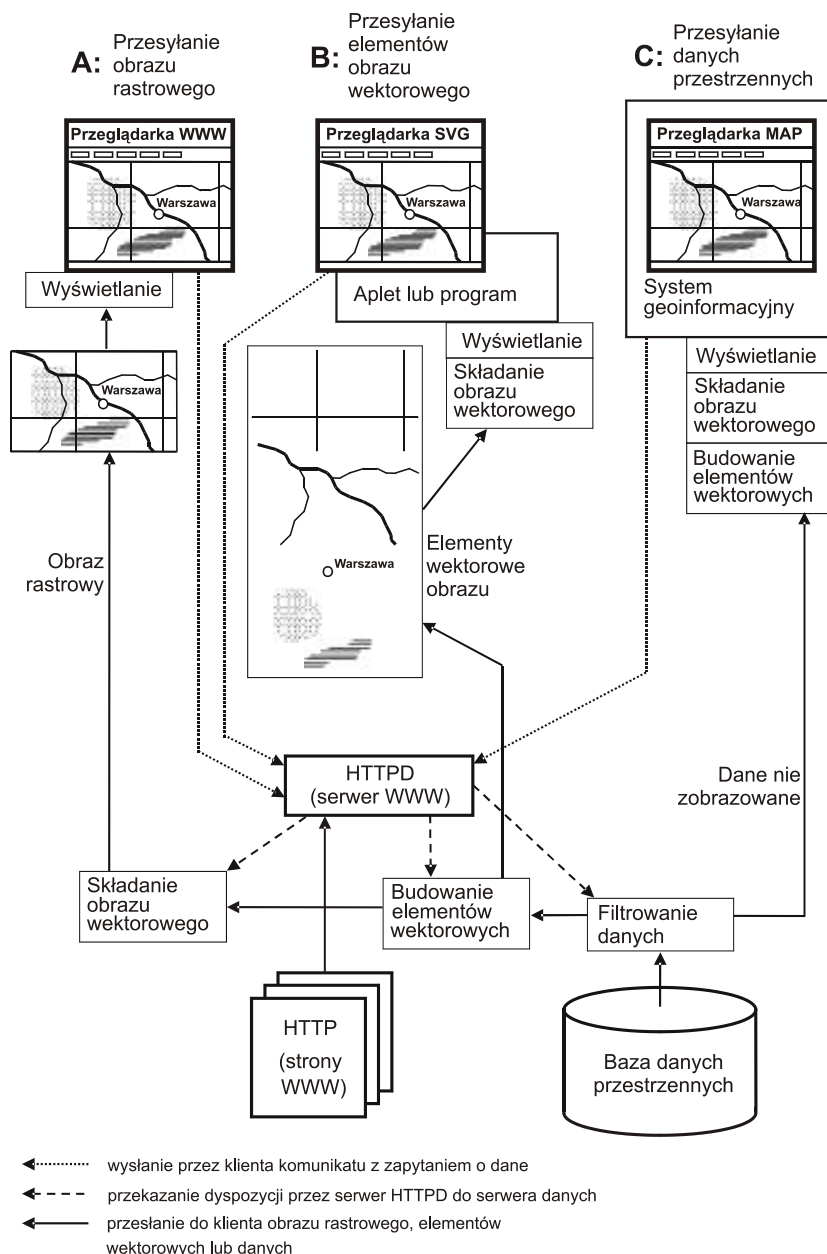


Fig. 14. Schematy przesyłania geoinformacji w internecie między serwerem (systemem udostępniającym dane) i klientem (systemem poszukującym danych i odbierającym wyniki) (reprodukowano za zgodą OGC) (OGC, 2000)

Schemes of geoinformation transfer by Internet between server (data provider system) and client (data seeker and receiver system) (Figure courtesy of OGC) (OGC, 2000)

oprogramowanie po stronie klienta może nastąpić budowa różnych obrazów w zależności od potrzeb użytkownika. Ostatni przypadek C dotyczy współpracy na poziomie wymiany samych danych geoprzestrzennych, a wszystkie operacje (z wyjątkiem wybierania danych z bazy) są dokonywane po stronie klienta. W takim przypadku klientem jest złożony system geoinformacyjny lub tak zwany serwer kaskadowy, który w tym przypadku jest klientem, ale może być jednocześnie serwerem wobec innego klienta.

9.2. UML — J ZYK MODELOWANIA POJ CIOWEGO

Opracowywanie modeli pojęciowych na wszystkich etapach, od opisu otaczającej nas rzeczywistości, poprzez modele abstrakcyjne i implementacyjne aż do modeli aplikacyjnych systemów informatycznych, wymaga sformalizowanego i ogólnie zaakceptowanego języka ich zapisu. Obecnie taką rolę pełni język UML (*Unified Modeling Language*) i z powodzeniem jest stosowany w bardzo różnych dziedzinach (Muller, 2000; Quatrani, 2002) — od procesów biznesowych (opis organizacji i funkcjonowania przedsiębiorstwa) do opisu zjawisk przyrodniczych, jak w tym przypadku — hydrogeologicznych.

W aktualnie prowadzonych pracach rozwojowych i projektowych w zakresie modeli pojęciowych prawie wyłącznie jest stosowany UML, a w przypadku geoinformacji — wyłącznie (standardy z grupy ISO 19100, specyfikacje OpenGIS, dokumenty INSPIRE i szereg innych). Należy tu wyznać, że UML to nie tylko język, lecz także metodyka opracowana z wykorzystaniem do wiadomości trzech metodyk-języków (Booch, OOSE i OMT) oraz rozwijana przez trzy największe autorytety z tej dziedziny: G. Boocha, I. Jacobsona i J. Rumbaugh (OMG, 2001). Z tego powodu UML jest powszechnie uznawany za *state-of-the-art* w tych zagadnieniach. Stopień rozwoju metodyki UML, jej precyzja i uniwersalność wykraczają znacznie poza potrzeby związane z zapisem statycznych modeli pojęciowych dla informacji geoprzestrzennej. Z tego względu w przedstawianych tu zagadnieniach geomatyki wystarczy posługiwać się jedynie wybranymi elementami tego języka, które określa profil zdefiniowany w standardzie ISO 19103 (ISO, 2002e) i są one przedstawione w rozdziale 9.3.

UML jako metodyka pozwala na określenie wielu elementów procesu projektowania systemu (Subieta, 1998), między innymi na:

- podział procesu na poszczególne fazy;
- tworzenie modeli w formie odpowiedniej dla poszczególnych faz;
- określenie scenariuszy postępowania w każdej z faz;
- ustalenie reguł przechodzenia od jednej fazy do następnej;
- wybór notacji do tworzenia dokumentacji;
- zakres dokumentacji potrzebnej w poszczególnych fazach.

Notacje stosowane w określonej metodyce mają za zadanie: umożliwić zapis i analizę opracowanych rozważań i pomysłów, wymian informacji pomiędzy osobami opracowującymi projekt i współpracującymi przy projekcie, stanowi podstawę implementacji i dokumentacji.

Podstawę języka UML stanowi osiem rodzajów diagramów graficznych:

- diagramy przypadków użycia – opisują funkcjonowanie systemu z punktu widzenia użytkownika tego systemu (np.: fig. 12, rozdz. 9);
- diagramy klas i pakietów – ich zadaniem jest opisanie struktury danych, związanych z nimi interfejsów i innych komponentów obiektowych projektowanego systemu; wiskzo diagramów UML przedstawionych w pracy to diagramy klas (np.: fig. 17, rozdz. 9.3);

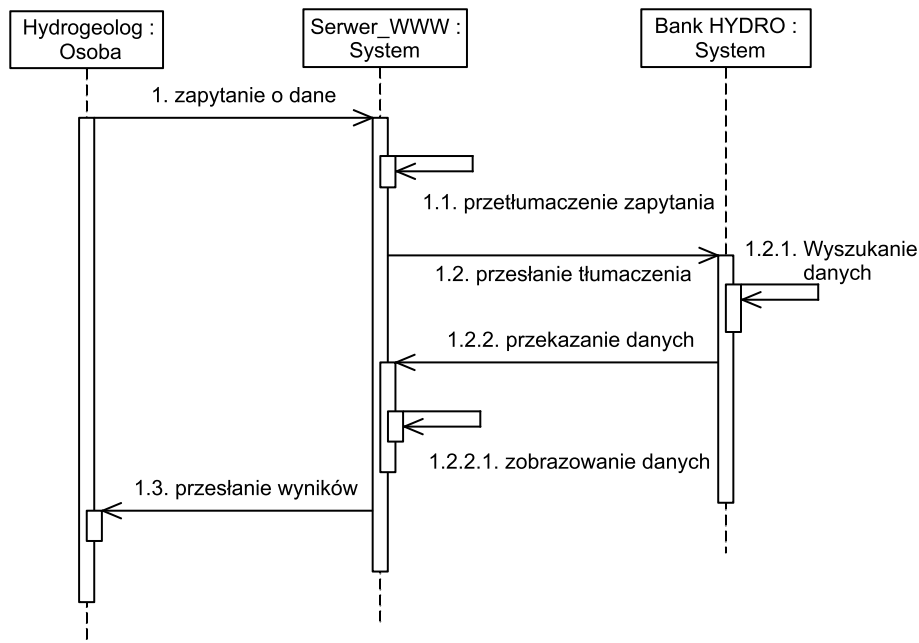


Fig. 15. Przykład diagramu sekwencji w języku UML dotyczący dostępu do banku HYDRO za pośrednictwem internetu

Example of sequence diagram in UML language concerning access to HYDRO database by the Internet

- diagramy sekwencji – opisują cechy dynamiczne w zakresie kolejno przesyłania komunikatów pomiędzy klasami (np.: fig.15);
 - diagramy kolaboracji (diagram kooperacji) – również opisują cechy dynamiczne, ale w zakresie sekwencji z uwzględnieniem statycznej struktury obiektów;
 - diagramy stanów – określają cechy dynamiczne w rozłożeniu na poszczególne stany i przejścia pomiędzy nimi (np.: fig.16);
 - diagramy aktywności – opisują dynamiczny przepływ sterowania z uwzględnieniem równoległości procesów;
 - diagramy komponentów – przedstawiają implementacyjne rozłożenie komponentów systemu; na figurze 35 (rozdz. 11.5) widoczny jest komponent w formie ikony o nazwie Baza_CORBA;
 - diagramy rozproszenia – opisują przestrzenne rozproszenie składników systemu.
- Język UML i związane z nim metodyka może być w pełni wykorzystany jedynie przy pomocy odpowiedniego oprogramowania narzędziowego, które pozwala na:
- opracowywanie diagramów zgodnie z regułami tego języka;
 - automatycznie weryfikację ich poprawności;
 - wizualizację poszczególnych elementów występujących w różnych diagramach tego samego typu i między różnymi typami;
 - łączenie diagramów w jeden model;

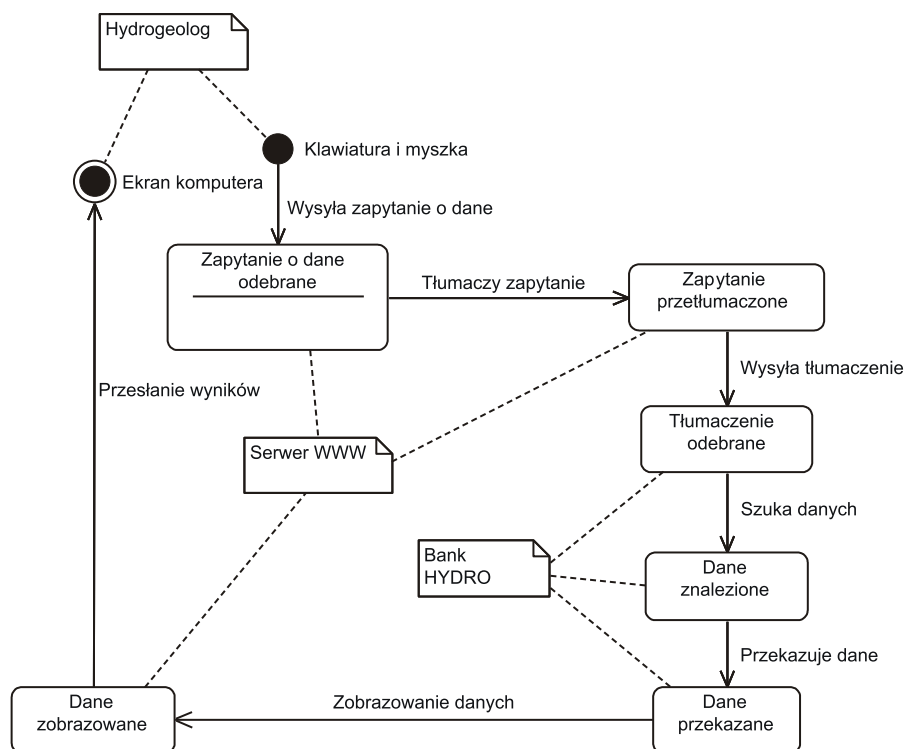


Fig. 16. Przykład diagramu stanów w j zyku UML dotycz cy dost pu do banku HYDRO za po rednictwem internetu

Example of state diagram in UML language concerning access to HYDRO database by the Internet

- zapis tego modelu w pliku dla przechowania lub przekazania;
- dokumentowanie poszczególnych części modelu;
- konwersję modelu zapisanego w j zyku UML do różnych j zyków i platform aplikacyjnych;
- inżynieria odwrotna, czyli konwersję z tych j zyków i platform do j zyka UML.

Szereg przykładów wykazuje, że bez takiego oprogramowania, modele opracowywane "na papierze" zawierają wiele błędów i niespójności, a ich konwersja do innych j zyków jest bardzo pracochłonna. Wszystkie diagramy, schematy pojęciowe i modele przedstawione w tej pracy były opracowane przy pomocy programu Rational Rose Enterprise 2002.

Dla sprawdzenia funkcjonalności tego oprogramowania wykonano szereg testów wykorzystując do tego hydrogeologiczne dane testowe. Między innymi sprawdzono możliwość konwersji diagramów do j zyka C++ i XML Schema. Rezultat tych testów potwierdził przydatność tego oprogramowania do budowy modeli pojęciowych w odniesieniu do hydrogeologicznej informacji geoprzestrzennej.

9.3. PROFIL UML W ZASTOSOWANIACH GEOMATYCZNYCH

Modele poj ciowe informacji geoprzestrzennej s jedynie cz ci problematyki zwi zanej z przetwarzaniem tej informacji. Ko cowym celem prac w tym zakresie jest zbudowanie systemu geoinformacyjnego poprawnie funkcjonuj cego i spełniaj cego postawione wymagania — jest to zadanie dla informatyków. Jednak etap opracowania modeli poj ciowych, na których b dzie oparta koncepcja tego systemu, wymaga bardzo gruntownej wiedzy z zakresu dyscypliny, dla której system jest projektowany. Oba składniki tej wiedzy — hydrogeologiczny (geologiczny) i geomatyczny — powinny by wyra one w postaci modeli poj ciowych i przekazane informatykom — projektantom i realizatorom tego systemu. Poniewa modele te dotycz struktury danych i interfejsów, dla tych zastosowa mo na posługiwa si jedynie cz ci rodków metodycznych i opisowych, jakimi dysponuje UML. Z tego powodu dla takich zastosowa w zakresie geomatyki został zdefiniowany tak zwany profil, czyli zaw enie j zyka UML jedynie do cz ci jego rodków przeznaczonych do modeli statycznych — diagramów klas i pakietów (ISO, 2002e; Whiteside, 1999). Diagramy klas s przedstawiane tu na wielu figurach, a przykład diagramu pakietów przedstawia figura 17.

Standard ISO 19103 przyjmuje statyczne diagramy klas UML uzupełnione opisami w j zyku OCL (*Object Constraint Language*) jako podstaw zapisu modeli poj ciowych geomatyki i okre -

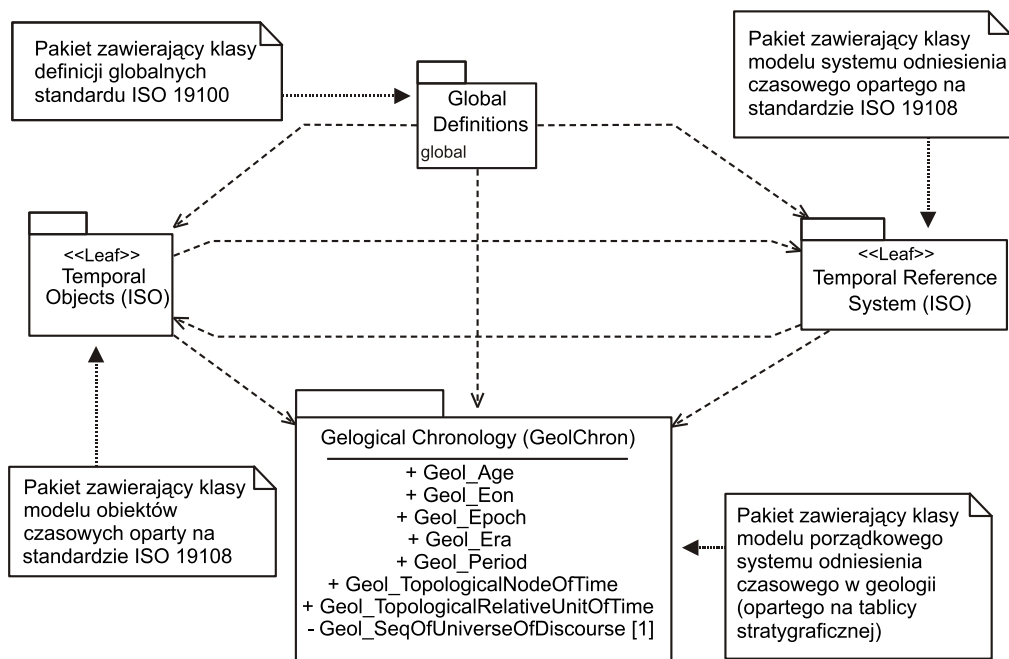


Fig. 17. Przykład diagramu pakietów w j zyku UML dotyczący geologicznego porządkowego systemu odniesienia czasowego wyrażonego w formie tablicy stratygraficznej

Example of package diagram in UML language concerning geologic time ordinal reference system expressed in stratigraphic chart form

la reguły stosowania tych języków do tego celu. Podstawowe elementy występujące w diagramach tego profilu to:

- **Pakiet** (*package*) – pakiety w języku UML pozwalają na zbudowanie organizacyjnej struktury modelu. Pakiet może zawierać deklaracje pod-pakietów, klas i ich asocjacji. Podpakiety (pakiety niższego poziomu) mogą w sobie zawierać pod-pakiety jeszcze niższego poziomu. W ten sposób powstaje hierarchiczna struktura organizacyjna grupująca poszczególne elementy modelu według ich wzajemnego powiązania. Pakiet musi mieć zdefiniowane unikatowe nazwy i może mieć zdefiniowany stereotyp. Członkami pakietu są diagramy klas lub pod-pakietów. Jeżeli jakaś klasa jest zdefiniowana w diagramie należącym do określonego pakietu to jest składnikiem tego pakietu. Klasa ta może występować w innym diagramie innego pakietu, ale jedynie w roli klasy importowanej i pod warunkiem, że pozwala na to jej widoczność. Standard ISO 19103 określa trójpoziomą strukturę pakietów: poziom najwyższy – główne członki modelu, poziom drugi (wewnętrzny) – pakiety zawierające pod-pakiety i poziom najniższy (ze stereotypem <<leaf>>) – pakiety zawierające wyłącznie klasy. W dwóch pierwszych poziomach klasy nie występują. W diagramie pakietów prostokąt oznacza pakiet, który może zawierać listę jego składników (klas) z podaniem ich widoczności (fig. 17).
- **Klasa** (*class*) – klasy w języku UML są głównymi składnikami pakietów i diagramów klas. Klasa jest opisem grupy obiektów, które mają te same atrybuty, operatory, metody, relacje, zachowania i ograniczenia. Znaczenie powiązania klasy zależy od typu modelu – czy jest to model opisujący zjawiska świata rzeczywistego, czy określa strukturę danych niezależną od platformy implementacyjnej (model abstrakcyjny), czy też jest związany z określoną platformą lub językiem wybranym dla danej aplikacji. Klasa ma zdefiniowane unikatowe nazwy, może mieć określony stereotyp i zdefiniowane atrybuty (typy proste i inne klasy) lub/i operacje (operatory i funkcje – metody). Standard ISO 19103 określa dwa podstawowe stereotypy klas: <<Type>> dla definiowania danych lub agregatów danych i <<Interface>> dla definiowania zachowania się (*behaviour*) elementów modelu. Klasa ze stereotypem <<Type>> ma abstrakcyjne atrybuty i może posiadać operacje, a ze stereotypem <<Interface>> posiada jedynie publiczne operacje (metody). Powiązanie asocjacyjne klas ze stereotypem <<Type>> z klasami interfejsowymi może być zrealizowane na trzy sposoby: przez dziedziczenie od klasy <<Interface>> do klasy <<Type>>, przez realizację lub przez zależność. Graficzne przedstawienie tych dwóch stereotypów klas z ich elementami i wyjątkami zawiera figura 18.
- **Klasa parametryzowana** (*parameterised class*) – metaklasa posiadająca parametr (lub parametry), którym może być atrybut, operacja, komunikat lub inna klasa. Specyfikacja odwołująca się do klasy parametryzowanej z określeniem parametru jest traktowana jako definicja zwykłej klasy. Przykładami klas parametryzowanych w tym przypadku są typy kolekcyjne opisane w dalszym punkcie i przedstawione na figurze 19.
- **Typy proste** (*primitive types*) – najczęściej są to typy niepodzielne (atomowe) lub proste agregaty typów niepodzielnych. W językach implementacyjnych odpowiada to typom wbudowanym, czyli zdefiniowanym w specyfikacjach tych języków. Standard ISO 19103 określa pięć grup typów prostych: numeryczne, data i czas, wyliczeniowe, tekstowe, prawdy i liczności. Numeryczne (*Numerics*) to: *Decimal*, *Vector*, *Real*, *Number*, *UnlimitedInteger* i *Integer*; data i czas (*DateAndTime*) – *DateTime*, *Date*, *DatePrecision* i *Time*; wyliczeniowe (*Enumerations*) – *Sign*, *Digit* i *Bit*; tekstowe (*Text*) – *CharacterString*, *SequenceCharacter*, *Character*, *CharacterSetCode* i *LanguageCharacterString*; prawdy (*Truth*) – *Boolean*, *Logical*, *Truth*, *DiscreteTruth*, *ContinuousTruth* i *Probability*; a liczności

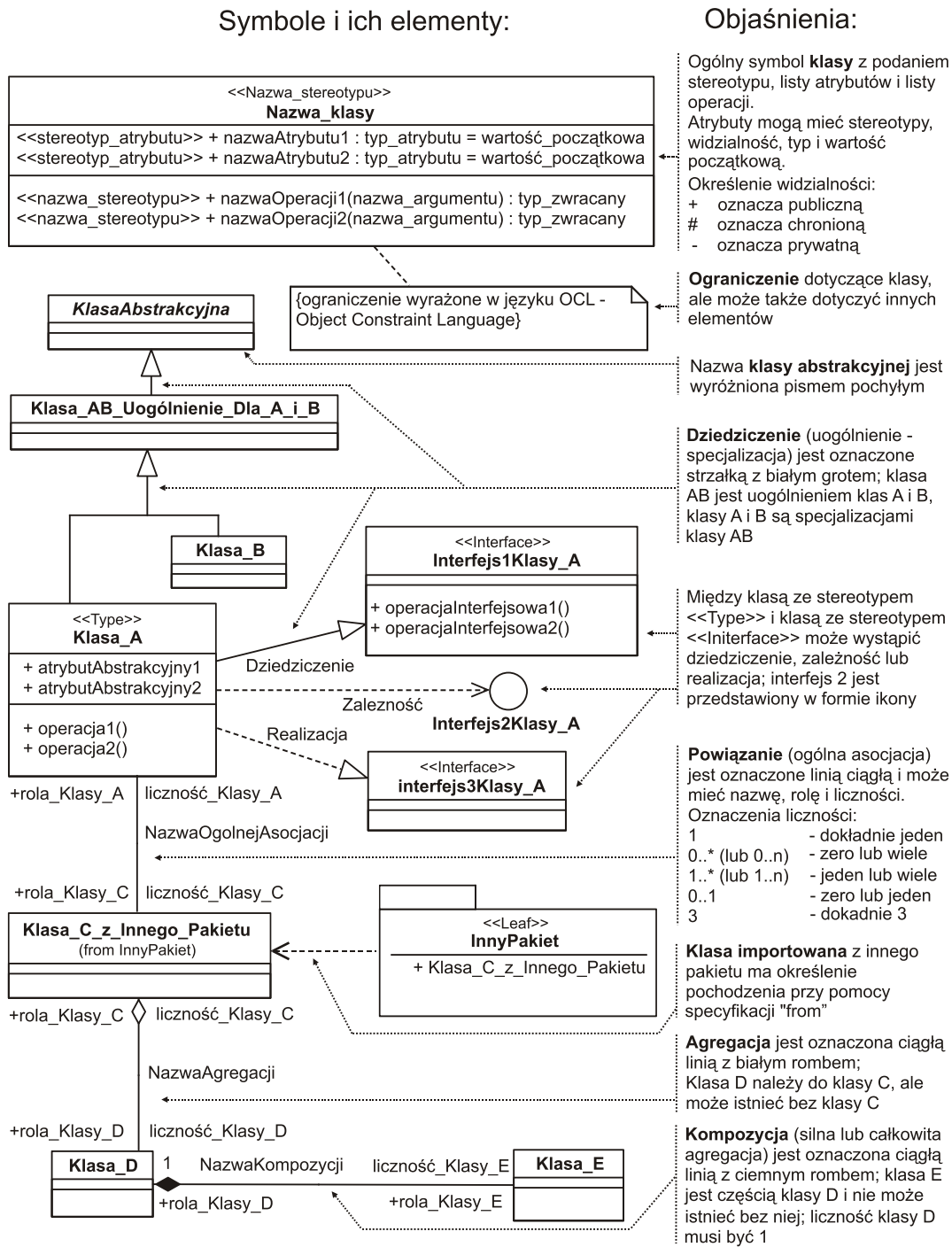


Fig. 18. Notacja graficzna diagramów klas UML w zakresie profilu ISO dla modeli poj ciowych w geomatyce

Graphical notation of class diagrams in UML language in scope of ISO profile for conceptual models in geomatics

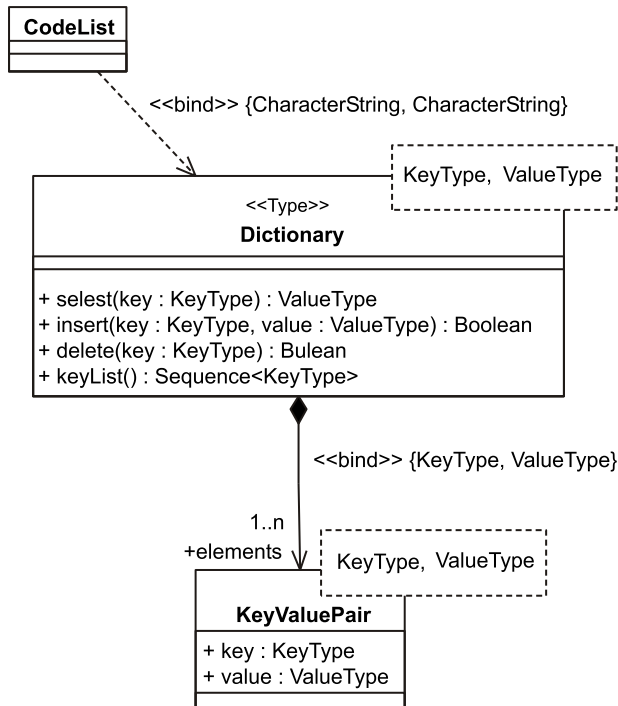


Fig. 19. Model pojęciowy słownika i listy kodowej z zastosowaniem klas parametryzowanych – parametrami są: KeyType i ValueType. Słowniki są często stosowane w hydrogeologicznych bazach danych (opracowano programem Rational Rose na podstawie normy ISO 19103) (ISO, 2002e)

Conceptual model of dictionary and code list with usage of parameterized class – the parameters are: KeyType and ValueType. Dictionaries are often used in hydrogeological databases (elaborated by using the Rational Rose software on the basis of ISO 19103 standard) (ISO, 2002e)

(*Multiplicities*) to *Multiplicity* i *MultiplicityRange*. Z typów prostych składają się wszystkie typy złożone, takie jak typy kolekcyjne, typy wyliczeniowe i typy miarowe.

- **Typy kolekcyjne** (*collection types*) – typy szablonowe zawierające wielokrotne i jednorodne wystąpienia innych typów. Ich konstrukcja jest oparta na klasach parametryzowanych opisanych w punkcie wcześniejszym. Do typów kolekcyjnych należą: zbiór, worek, sekwencja i słownik. Zbiór (*Set <T>*) jest skończoną kolekcją elementów (*T*) w dowolnej kolejności, gdzie każdy element może wystąpić tylko raz. Worek (*Bag <T>*) ma te same właściwości, co zbiór, ale każdy element (*T*) może wystąpić wiele razy. Sekwencja (*Sequence <T>*) jest podobna do worka, z tym różnicą, że elementy mają określony kolejno (s uporządkowane). Sekwencja może być użyta jako lista (*List*) lub jako tablica (*Array*). W tablicy element może być określony przy pomocy indeksu typu *Integer* wskazującego na jego położenie. Słownik (*Dictionary <T1, T2>*) jest podobny do tablicy, z tym wyjątkiem, że indeksem jest pierwszy parametr (*T1*) dowolnego typu. Model pojęciowy słownika jest przedstawiony na figurze 19.
- **Typy wyliczeniowe** (*enumerated types*) – ten rodzaj obejmuje dwa przypadki – enumerator (*Enumeration*) i lista kodowa (*CodeList*). Różnica pomiędzy nimi polega na tym, że enumeratory mają zdefiniowaną długość, a listy kodowe mogą być rozszerzane. Jedyną operacją, jaka może być wykonana na enumeratorze, to pobranie wartości atrybutu. Typy wyliczeniowe są modelowane przy pomocy stereotypów klas, odpowiednio <<Enumeration>> lub <<CodeList>>.
- **Typy miarowe** (*measure types*) – typy tej grupy są klasami wyprowadzonymi z klasy abstrakcyjnej *UnitOfMeasure* z wyjątkiem jednego typu – *Measure*. W sumie razem tworzą

zwarty system miar wielkości fizycznych występujących w geomatycznych modelach ogólnych i tematycznych (dziedzinowych).

- **Typy reprezentacyjne** (*representation types*) – przykładem typu reprezentacyjnego jest rekord. W implementacjach jest on przeznaczony do przechowywania wyróżnionych w formie listy par "nazwa, wartość". Innym przykładem tego typu jest krotka (*tuple*) odpowiadająca wierszowi tablicy (np. w relacyjnej bazie danych).

Powyższy opis składni języka UML stosowanego do opisu modeli pojęciowych geomatyki jest z konieczności niepełny. Pełną wersję tego profilu można znaleźć w publikacjach różnorodnych (Whiteside, 1999; ISO, 2002e).

9.4. PORÓWNANIE JĘZYKÓW UML I EXPRESS

W latach 90-tych, gdy dominowały metody związane z relacyjnymi bazami danych, dość popularno w modelowaniu pojęciowym zdobył język EXPRESS (ISO, 1992). Obecnie jest on już prawie całkowicie zastąpiony przez UML i publikacje z ostatnich lat na temat języka EXPRESS dotyczą prawie wyłącznie metod konwersji modeli zapisanych w tym języku do języka UML. Ponieważ jednak język ten jest jeszcze stosowany do zapisu modeli pojęciowych dotyczących geoinformacji (PKN, 2002), porównanie obu języków ma istotne znaczenie metodyczne. Szczegółowy opis tego problemu zawiera publikacja autora (Michalak, 2003c) i z tego względu tu jest on przedstawiony w dużym skrócie.

Język EXPRESS pozwala na zapis modelu pojęciowego lub modelu aplikacyjnego danych geoprzestrzennych częściowo w ujęciu obiektowym, lecz jedynie w formie statycznej. W porównaniu z językiem UML język ten jest znacznie uboższy, to znaczy, że wiele elementów i konstrukcji używanych w UML nie może być przeniesionych do języka EXPRESS. To ograniczenie wynika z różnic metamodeli przyjętych w obu tych językach. Metamodel w języku EXPRESS jest oparty na koncepcji baz relacyjnych i z tego względu obiektowo, jak się w nim stosuje jest zawężona do tych elementów, które mogłyby być zrealizowane w tych bazach. UML nie ma tych ograniczeń, ponieważ jego metamodel jest w pełni obiektowy.

Porównując możliwości obu języków trzeba pamiętać, że UML jest o ponad 6 lat młodszy, co w tej problematyce stanowi całkiem sporo. Z tego wynikają także inne przewagi języka UML nad językiem EXPRESS, między innymi bardzo duże możliwości konwersji do wielu języków i platform aplikacyjnych, jak na przykład: C++, Ada, CORBA, Java, Oracle, VBasic, XMI, XML-DTD i XML-Schema, a także EXPRESS. W przypadku języka EXPRESS możliwości konwersji są znacznie ograniczone — jedyną dostępną metodą konwersja do XML Schema nie jest w pełni poprawna — wykazał to test, którego wynik zawierał błędy syntaktyczne i semantyczne. Z tego względu najprostszą drogą konwersji schematów zapisanych w języku EXPRESS do stosowanych obecnie języków implementacyjnych jest pośrednictwo języka UML, które daje możliwość dalszej konwersji do języków i środowisk wymienionych powyżej. Z tych powodów stosowanie tu języka EXPRESS dla modeli pojęciowych geoinformacji nie jest dobrym rozwiązaniem. Również konwersja modeli pomiędzy językami EXPRESS i UML może nie być łatwym zadaniem, ponieważ znaczne różnice w metamodelach tych języków zmuszają do zastosowania w diagramach UML stereotypów określających elementy notacji języka EXPRESS, na przykład: <<EXPRESS Entity>>, <<EXPRESS Type Declaration>>, <<EXPRESS FunctDefs>>, <<EXPRESS RuleDefs>> i innych. Problemy takiej konwersji ilustruje przykład przedstawiony na figurach 20, 21, 22 i poniżej zapisanie prostego modelu dla punktu i krzywej w notacji EXPRESS:

```

SCHEMA PKN_punkt_i_krzywa;
ENTITY element_geometryczny
  ABSTRACT SUPERTYPE OF (ONEOF (punkt, krzywa));
END_ENTITY;
ENTITY połozenie_bezpo_rednie;
END_ENTITY;
ENTITY punkt SUBTYPE OF (element_geometryczny);
  ma_poło_enie: poło_enie_bezpo_rednie;
END_ENTITY;
TYPE metoda_interpolacji = ENUMERATION OF (najkrótsza_droga,
  łuk_kołowy, krzywa_śkładana, klotoida);
END_TYPE;
TYPE liczba_rzeczywista = REAL;
END_TYPE;
TYPE kierunek = liczba_rzeczywista;
  WHERE
  (SELF > - PI) AND (SELF <= PI);
END_TYPE;
ENTITY krzywa SUBTYPE OF (element_geometryczny);
  ma_poło_enie: LIST [2:?] OF poło_enie_bezpo_rednie;
  interpolacja: metoda_interpolacji;
  kierunek_styczny_na_pocz_tku: OPTIONAL kierunek;
  kierunek_styczny_na_ko_cu : OPTIONAL kierunek;
END_ENTITY;
END_SCHEMA;

```

Odpowiadaj cy temu zapisowi pogl dowy model w UML zawiera figura 20, jednak brak okre lenia stereotypów j zyka EXPRESS nie pozwala na poprawn konwersj — rezultatem jest schemat pusty:

```

SCHEMA PKN_punkt_i_krzywa;
END_SCHEMA;

```

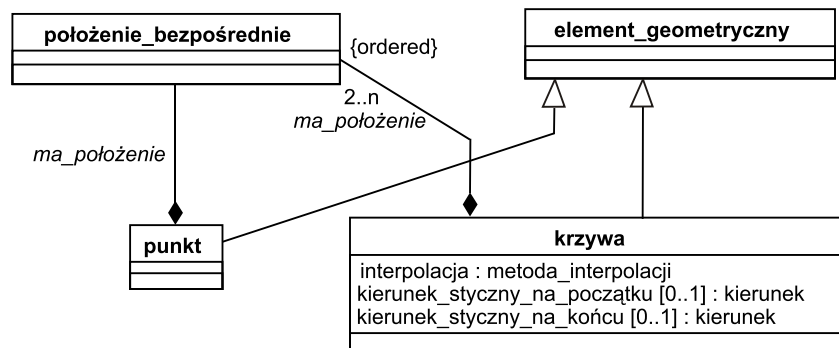


Fig. 20. Diagram UML przedstawiaj cy schemat poj ciowy punktu i krzywej jako elementów geo-informacji (opracowany programem Rational Rose na podstawie normy PN-N-12160) (PKN, 2002)

Class diagram in UML language presenting conceptual schema of point and curve as elements of geoinformation defined in PN-N-12160 standard (PKN, 2002)

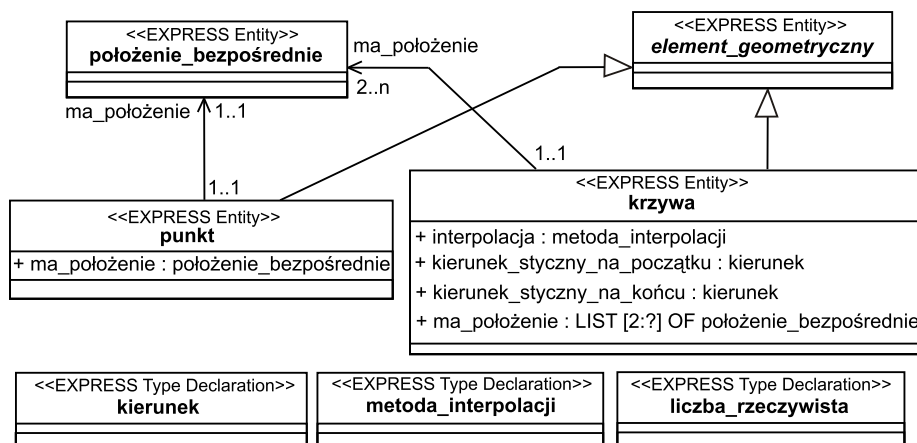


Fig. 21. Diagram klas w j zyku UML dla punktu i krzywej ci le odpowiadaj cy schematowi wyj ciowemu w j zyku EXPRESS (nie wszystkie elementy modelu UML s na tym diagramie widoczne, poniewa diagram jest tylko cz ci modelu)

Class diagram in UML language for point and curve exactly conformable to initial schema in EXPRESS language (not all elements of UML model are visible due to this diagram is a part of model only)

Figura 21 przedstawia model w UML uzyskany z konwersji zapisu w j zyku EXPRESS, jednak z punktu widzenia metodyki UML nie jest on poprawnym i pe nym modelem.

Figura 22 przedstawia diagram w pe ni zgodny z zapisem modelu w j zyku EXPRESS i jednocze nie z reguami metodyki UML. Jednak tak samo, jak w przypadku modelu z figury 20, nie mo e on by konwertowany do schematu EXPRES ze wzgl du na brak stereotypów tego j zyka w definicjach klas. W porównaniu do diagramów poprzednich (fig. 20 i 21) zastosowano tu nast - puj ce reguły:

- wszystkie elementy modelu s zdefiniowane;
- klasy wyst puj ce w tym pakiecie, ale definiowane w innych pakietach wyst puj tu jako abstrakcyjne lub maj odwołanie do innego pakietu (from package...);
- nazwy klas abstrakcyjnych s wyró nione pismem pochyłym;
- dane proste s zdefiniowane przy pomocy stereotypu <<DataType>>;
- przynale no klas do innych klas jest wyra ona przy pomocy kompozycji;
- w asocjacjach kompozycyjnych s okre lone nazwy ról a nie nazwy kompozycji;
- lista poło e bezpo rednich jest zdefiniowana przy pomocy klasy b d cej realizacj klasy parametryzowanej;
- wyliczenie metod interpolacji jest zrealizowane przy pomocy klasy ze stereotypem <<enumeration>>;
- warunki i ograniczenia s okre lone na diagramie przy pomocy wyra e w j zyku OCL (*Object Constraint Language*) i podane w nawiasach klamrowych;
- nazwy pakietów, klas i typów s pisane z du ej litery, a pozostałe nazwy z małej;
- wyrazy w nazwach wieloczłonowych s rozdzielane du ymi literami;
- wszystkie składniki klas s publiczne (poprzedzone znakiem "+").

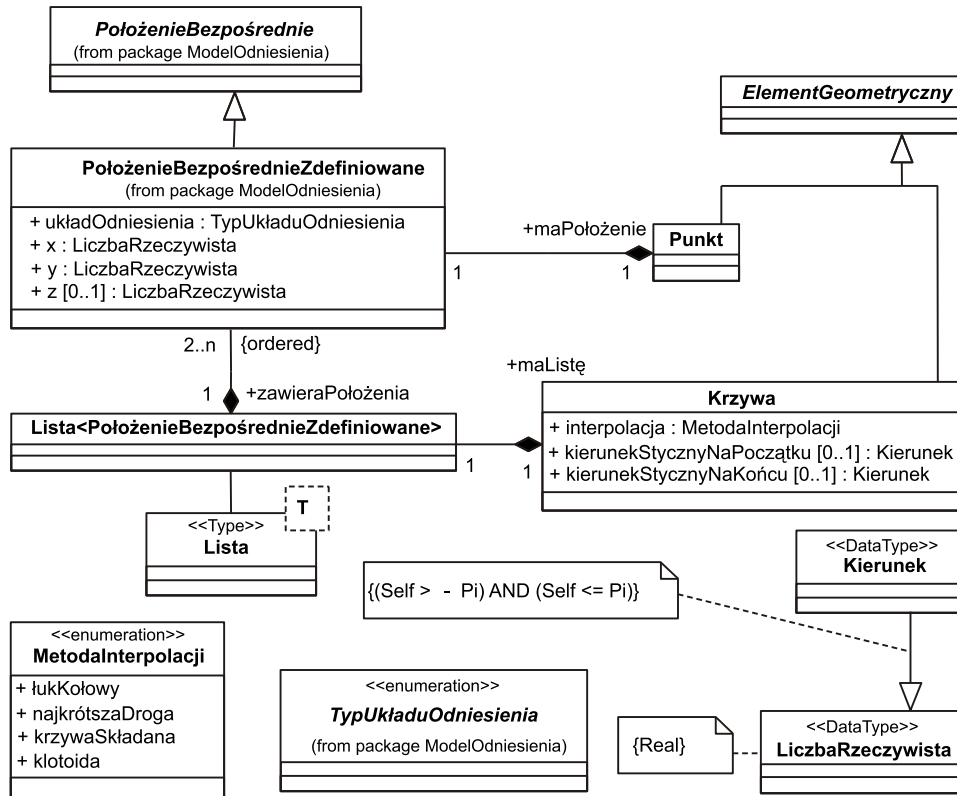


Fig. 22. Diagram klas UML schematu pojęciowego dla punktu i krzywej ze wszystkimi potrzebnymi definicjami i z zachowaniem przyjętych w tym języku reguł

UML class diagram of conceptual schema for point and curve with all needed definitions and with consideration of rules established in this language

10. ROLA STANDARDÓW W GEOMATYCE I ICH RODZAJE

Standard, inaczej norma, to wzorzec rozważania sprzeczności lub programowego zatwierdzenia przez instytucję normalizacyjną lub przyjęty nieformalnie wskutek jego upowszechnienia, w przypadku standardów informatycznych najczęściej o zasięgu światowym (Płoski, 1999). Opracowywanie standardów (nazywane standaryzacją) trwa czasami wiele lat i jest koordynowane przez międzynarodowe gremia (komitety). W tym elementem standaryzacji jest uzyskanie akceptacji ze strony środowiska naukowego i technicznego zajmującego się danym zagadnieniem. Bez powszechnie zaakceptowanych standardów międzynarodowych informatyka praktycznie nie mogłaby się rozwijać. Z tego względu opracowywanie standardów w zakresie informatyki jest szczególnie ważne i poświęca się mu wiele wysiłków.

Systemy geoinformacyjne są systemami informatycznymi i w rezultacie prawie wszystkie standardy ogólnoinformatyczne mają tu zastosowanie. Jednak geomatyka zajmuje się zagadnie-

niami, dla których nie ma standardów informatycznych i z tego powodu środowiska zajmujące się geoinformacją pracują nad własnymi standardami z tego zakresu (Michalak, 2000c, 2001b).

W takich dziedzinach jak informatyka i geomatyka standardy pełnią szczególną rolę — są w pewnym sensie rejestrem aktualnego stanu wiedzy w tym zakresie. Z tego powodu wymagają systematycznej nowelizacji — standardy z przed kilku lat są już często przestarzałe, ponieważ rozwój tych dyscyplin jest wyjątkowo szybki i nie tylko kolejne lata, ale także kolejne miesiące przynoszą nowe rozwiązania. O zło ono ci zagadnienie podlegających standaryzacji w geomatyce może wiadomy fakt, że przybliżona objętość dokumentów standaryzacyjnych (łącznie opracowanych w ISO i OGC) przekracza obecnie 5 tys. stron.

Standardy są niezbędne do komunikowania się systemów geoinformacyjnych — do interoperacyjności tych systemów (rozdz. 9.1). Można przyjąć, że wewnętrzna budowa systemu geoinformacyjnego nie musi być oparta na standardach dotyczących informacji geoprzestrzennej — można w tym przypadku zastosować mechanizm hermetyzacji ukrywających wnętrze takiego systemu pod warunkiem, że interfejs (czyli widoczna z zewnątrz) tego systemu będzie spełniał wymagania określonego standardu.

Konkretne zagadnienie wymagające standaryzacji powinno być objęte tylko jednym standardem, ponieważ w przeciwnym przypadku powstają niejednoznaczności stanowiące przeszkodę w ich stosowaniu. Z tego powodu standardy dotyczące sąsiadujących ze sobą zagadnień nie mogą "na siebie zachodzić" — ich zakresy tematyczne muszą być dokładnie sprecyzowane i konieczne jest wzajemne odwoływanie się standardów w przypadkach, gdy zagadnienie jednego standardu wymaga uwzględnienia zagadnień będących przedmiotem innego standardu. W ten sposób powstaje się powiązania pomiędzy różnymi standardami i w rezultacie rozwiązanie jakiegoś problemu geomatycznego wymaga zastosowania całego systemu różnych standardów.

Standardy dotyczące geoinformacji można podzielić według trzech kryteriów:

1. Według stopnia ogólności pod względem platformy implementacyjnej:
 - specyfikacje abstrakcyjne — wyrażone w sposób na tyle ogólny, że są niezależne od platformy implementacyjnej, czyli konkretnych języków i platform przetwarzania rozproszonego (DCP),
 - specyfikacje implementacyjne — uwzględniające właściwości i zakres zastosowania poszczególnych platform implementacyjnych.
2. Według zakresu zagadnień geomatycznych (aspektu geoinformacji), między innymi:
 - aspekt geometryczny, a w tym geometrie wyróżnione i związane z tym systemy odniesienia,
 - aspekt topologiczny wyróżnione — wzajemne powiązania pomiędzy wyróżnieniami,
 - aspekt wyszukiwania geoinformacji, czyli metadanych i katalogów,
 - aspekt konwersji tematycznej danych — słowniki i translatory semantyczne,
 - zobrazowanie informacji geoprzestrzennej.
3. Według ogólności obszaru zastosowania:
 - ogólnoinformatyczne stosowane w geomatyce — w tym przypadku geomatyka jest jedynie "użytkownikiem" standardów opracowanych przez informatykę,
 - ogólnogeomatyczne — jest to pewnego rodzaju wspólny mianownik mający zastosowanie niezależnie od dziedziny, jakiej dotyczy geoinformacja i w konkretnych zastosowaniach wymaga rozszerzenia o standardy dziedzinowe,
 - standardy dziedzinowe — dotyczą geoinformacji specyficznej dla poszczególnych dziedzin.

Obecnie prowadzone prace standaryzacyjne w geomatyce dotyczą głównie zagadnień ogólnogeomatycznych, ale doceniana jest potrzeba opracowywania standardów tematycznych, bez których zastosowania praktyczne nie mogą się obejść. Ze zrozumiałych powodów standardy tematyczne muszą być zupełnie inne w różnych dziedzinach zastosowania — inne w zagadnieniach katastralnych i inne w geologicznych. Wynika z tego konieczność opracowywania standardów tema-

tycznych i w tym przypadku, podobnie jak w odniesieniu do aspektu ogólnogeomatycznego, standardy tematyczne wymagają szerokiej akceptacji środowiska związanego z danymi dziedzinami i jest bardzo pożądanym, aby to również było dokonane w skali międzynarodowej.

Pierwsze prace standaryzacyjne w zakresie geoinformacji podjęto w roku 1991 w ramach utworzonej w CEN komisji technicznej CEN/TC 287. W wyniku prac tej komisji do czasu jej rozwiązania w roku 1999 powstało 9 wstępnych norm i 4 raporty techniczne. Obecnie te dokumenty są już w większości zdezaktualizowane i częściowo zostały wykorzystane przy opracowaniu standardów ISO.

W roku 1994 powstały niezależnie dwa ośrodki międzynarodowe zajmujące się do chwili obecnej tymi zagadnieniami: Open GIS Consortium z siedzibą w USA i Komitet Techniczny ISO/TC211 z siedzibą w Norwegii (Østensen, 1995). Istnienie dwóch różnych organizacji międzynarodowych zajmujących się tymi samymi zagadnieniami nie jest zjawiskiem negatywnym, lecz przeciwnie, pełnią one różne role i mają różne zadania do wykonania, a dzięki wzajemnej ścisłej współpracy postęp w tym zakresie jest wyjątkowo szybki. Główne obszary, jakie obejmują obecne prace standaryzacyjne to: standaryzacja w zakresie projektowania i budowy systemów geoinformacyjnych i standaryzacja w zakresie współdziałania systemów geoinformacyjnych (interoperacyjności) (Michalak, 1998).

10.1. STANDARDY Z GRUPY ISO 19100

Komitet Techniczny ISO/TC 211 prowadzi prace nad 40 projektami, z których 5 jest już zatwierdzonych, a 17 ma status DIS — dokumenty standaryzacyjne już ukończone, dla których trwa procedura zatwierdzania. Dokumenty te mają łącznie w przybliżeniu 2700 stron i ich krótkie przedstawienie zawiera tabela 4.

10.2. SPECYFIKACJE OpenGIS

Open GIS Consortium jest międzynarodową organizacją *not-for-profit* i w jej pracach uczestniczy ponad 250 instytucji (rządowych, akademickich i komercyjnych) z 27 krajów, a także organizacje międzynarodowe, w tym ONZ. Specyfikacje opracowywane w OGC są podzielone na dwa poziomy pod względem ogólności. Poziom wyższy nazywany Specyfikacją Abstrakcyjną jest niezależny od środowiska systemowego. Poziom niższy stanowi specyfikacje implementacyjne — odpowiedniki specyfikacji z poziomu wyższego dostosowane do różnych środowisk implementacyjnych. Do tego poziomu zalicza się wiele innych opracowań implementacyjnych nie mających odpowiedników w specyfikacji abstrakcyjnej. Zestawienie najważniejszych specyfikacji OpenGIS i innych implementacyjnych opracowań OGC zawiera tabela 5.

10.3. MIĘDZYNARODOWA WSPÓŁPRACA W ZAKRESIE STANDARDÓW

Obie międzynarodowe organizacje (Open GIS Consortium i Komitet ISO/TC 211) zajmujące się standardami w zakresie geoinformacji powstały niezależnie w roku 1994. Początkowo, do roku 1997, działały oddzielnie, co zaowocowało dwoma różnymi podejściami do tych samych zagadnień (Kuhn, 1997). Po nawiązaniu współpracy podjęto szereg wysiłków dla uzyskania możliwości jak najdalej idącej zgodności w zakresie opracowywanych standardów i obecnie wszystkie prace są koordynowane przez wspólną komisję. Wzajemne porozumienie zakłada osignięcie

Tabela 4

Zestawienie projektów norm z grupy ISO 19100 opracowywanych w Komitecie Technicznym ISO/TC 211 (stan w grudniu 2002)

List of standardization projects of ISO 19100 set developed by Technical Committee ISO/TC 211
(state in December 2002)

Obja nienia elementów tabeli: kolumna pierwsza: nr – numer projektu (normy lub raportu technicznego); status – aktualny stopie zaawansowania prac: IS – *International Standard* (norma mi dzynarodowa – uko czona), DIS – *Draft International Standard* (projekt normy mi dzynarodowej), FDIS – *Final Draft International Standard* (ko cowy projekt normy mi - dzynarodowej), CD – *Committee Draft* (projekt komitetu – wewn trzny), WD – *Working Draft* (projekt roboczy), TR – *Technical Report* (raport techniczny – uko czony), PDTS – *Proposed Draft Technical Specification*, PDTR – *Proposed Draft Technical Report*; data – planowany termin uko czenia.

Kolumna ostatnia: symbole opracowa OGC (np. T-0) odnosz si do pozycji w kolumnie pierwszej tabeli 5.

Explanation of table elements: the first column: nr – project number (of standard or technical report); status – current state of development works: IS – International Standard (completed), DIS – Draft International Standard, FDIS – Final Draft International Standard, CD – Committee Draft, WD – Working Draft, TR – Technical Report (completed), PDTS – Proposed Draft Technical Specification, PDTR – Proposed Draft Technical Report; „data” – planned deadline of completion.

The last column: denotation of OGC document (e.g. T-0) as a reference to the position in the first column of table 5.

Nr, status, data:	Tytuł:	Opis zakresu:	Zwi zek ze specyfikacjami OpenGIS (OGC):
1	2	3	4
19101 IS 2002	Model ogólny (<i>Reference model</i>)	Norma okre la zakres norm grupy 19100 i podział tego zakresu na bardziej szczegółowe podzakresy, cele i rodki realizacji, podstawowe terminy, powi zania z innymi dokumentami normalizacyjnymi i specyfikacjami, reguły modelowania poj ciowego, model domenowy i architektoniczny, typy serwisów dla informacji geograficznej. Mi dzy innymi okre la j zyk UML jako podstaw metamodelu dla modeli aplikacyjnych i jako j zyk opisu schematów poj ciowych.	Pełni analogiczn rol jak specyfikacja abstrakcyjna T-0
19103 PDTS 05.2003	J zyk schematów poj ciowych (<i>Conceptual schema language</i>)	Specyfikacja techniczna opisuj ca UML jako przy j ty przez ISO/TC211 j zyk schematów poj ciowych. Okre la te profil UML w odniesieniu do informacji geograficznej, zakres i reguły stosowania go do modeli poszczególnych typów danych i serwisów.	Cz ciowo pełni analogiczn rol jak specyfikacja abstrakcyjna T-0
19104 DIS 08.2003	Terminologia (<i>Terminology</i>)	Norma okre la reguły definiowania terminów w zakresie informacji geograficznej. Jej dodatkiem jest słownik zawieraj cy 695 terminów i 793 odnosz cych si do nich definicji i 11 metaterminów. S tam równie symbole, skróty i akronimy.	Odpowiada opracowaniu OGC <i>Glossary</i> (D-3)
19105 IS 2000	Zgodno i testowanie (<i>Conformance and testing</i>)	Norma zawiera opis schematów, koncepcji i metod testowania, a tak e kryteriów zgodno ci systemów programowych, serwisów i danych z normami grupy ISO 19100.	Cz ciowo odpowiada dokumentowi D-1
19106 DIS 05.2003	Profile (<i>Profiles</i>)	Norma okre la sposób definiowania profili. W tym przypadku profilami s okrelone podzbiory standardów i składników tych standardów maj ce zastosowanie przy definiowaniu i opisie w okrelonych obszarach zastosowa .	Brak odpowiednika OpenGIS (cz ciowo odpowiada specyfikacji abstrakcyjnej T-14)

c d . t a b e l i 4

1	2	3	4
19107 DIS 01.2003	Schemat przestrzenny (<i>Spatial schema</i>)	Norma definiuje schemat pojęciowy określający przestrzenne charakterystyki typów wyróżnień. Ma to podstawowe znaczenie przy wymianie danych geoprzestrzennych w warunkach interoperacyjności.	Odpowiada specyfikacji abstrakcyjnej T-3 i częściowo specyfikacjom abstrakcyjnym T-5, T-8 i T-10
19108 IS 2002	Schemat czasowy (<i>Temporal schema</i>)	Norma analogiczna do poprzedniego dokumentu, ale w odniesieniu do czasu, czyli definiuje schemat pojęciowy określający czasowe charakterystyki typów wyróżnień.	Brak odpowiednika OGC (opisy są rozproszone w różnych specyfikacjach OpenGIS)
19109 DIS 05.2003	Reguły dla schematu aplikacyjnego (<i>Rules for application schema</i>)	Norma określa reguły definiowania schematu dla zastosowania, a w tym podstawy klasyfikacji wyróżnień geograficznych i ich relacje do schematu aplikacyjnego.	Brak odpowiednika OpenGIS (częściowo odpowiada T-9)
19110 DIS 05.2003	Metodyka katalogowania wyróżnień (<i>Feature cataloguing methodology</i>)	Norma definiuje metodykę dla tworzenia wyróżnień geograficznych, katalogów atrybutów i zależności, a także określa możliwości utworzenia jednego wieloznacznego katalogu międzynarodowego.	Odpowiada specyfikacji abstrakcyjnej T-13 i specyfikacji implementacyjnej SI-4
19111 FDIS 02.2003	Odniesienie przestrzenne poprzez współrzędne (<i>Spatial referencing by coordinates</i>)	Norma określa schemat pojęciowy i wskazówki dla opisywania geodezyjnych układów odniesienia i odwzorowania.	Odpowiada specyfikacji abstrakcyjnej T-2 i specyfikacji implementacyjnej SI-6
19112 DIS 05.2003	Odniesienie przestrzenne poprzez identyfikatory geograficzne (<i>Spatial referencing by geographic identifiers</i>)	Zakres normy jest podobny do normy 19111, lecz dla płaskich układów odniesienia, na przykład poprzez nazwy geograficzne lub adresy pocztowe.	Brak odpowiednika OGC
19113 IS 2002	Podstawy jakości (<i>Quality principles</i>)	Norma definiuje schemat dla oceny jakości danych geoprzestrzennych.	Odpowiada specyfikacji abstrakcyjnej T-9
19114 DIS 05.2003	Procedury oceny jakości (<i>Quality evaluation procedures</i>)	Norma określa wskazówki dla rozwijania metod oceniania jakości.	Odpowiada specyfikacji abstrakcyjnej T-9
19115 DIS 05.2003	Metadane (<i>Metadata</i>)	Norma definiuje abstrakcyjny schemat pojęciowy niezbędny do opisywania informacji geoprzestrzennej i serwisów w zakresie tej informacji. Metadane stanowi niezbędny element w środowiskach interoperacyjnych.	Odpowiada specyfikacji abstrakcyjnej T-11
19116 DIS 08.2003	Serwisy wyznaczania położenia (<i>Positioning services</i>)	Norma określa standardowy protokół interfejsowy dla wymiany informacji pomiędzy systemami określania położenia (np. GPS) a innymi systemami informacji geoprzestrzennej.	Projekt OLS (D-2) jest częściowo oparty na tej normie
19117 DIS 05.2003	Zobrazowanie (<i>Portrayal</i>)	Norma definiuje schemat pojęciowy opisujący zobrazowanie informacji geograficznej w formie zrozumiałej przez człowieka. Dokument ten jednak nie dotyczy standaryzacji symboli kartograficznych.	Projekt WMS (specyfikacja implementacyjna SI-7) jest częściowo oparty na tej normie
19118 DIS 08.2003	Kodowanie (<i>Encoding</i>)	Norma określa reguły zapisy geoinformacji zgodne ze schematami pojęciowymi stosowanymi do tej informacji w przypadkach składowania lub transmisji, a także definicje dotyczące odwzorowania pomiędzy językiem schematów pojęciowych i regułami zapisu.	Brak odpowiednika OGC (opisy są rozproszone w różnych specyfikacjach OpenGIS)

c d . t a b e l i 4

1	2	3	4
19119 DIS 02.2003	Serwisy (<i>Services</i>)	Norma definiuje interfejsy serwisowe stosowane do informacji geograficznej, a także definiuje powiązania z modelem OSE (<i>Open Systems Environment</i>).	Odpowiada specyfikacji abstrakcyjnej T-12
19120 TR 2001	Standardy funkcjonalne (<i>Functional standards</i>)	Raport techniczny dotyczący rozwoju taksonomii uznanych standardów funkcjonalnych dla informacji geograficznej rozwijanych przez międzynarodowe fora.	Brak odpowiednika OGC
19120/1 PDTR 04.2004	Standardy funkcjonalne – poprawka 1 (<i>Functional standards – Amendment 1</i>)	Raport techniczny dotyczący poszukiwania określania obszarów, w których rozwijanie bazowych standardów ISO powinno odbywać się pod wpływem do wiadomości zdobytych przez środowiska stosujące te standardy. Nie dotyczy to standardów narodowych.	Brak odpowiednika OGC
19121 TR 2000	Dane obrazowe i siatkowe (<i>Imagery and gridded data</i>)	Raport dotyczący sposobu traktowania obrazów i danych siatkowych (macierzowych) w kontekście zastosowania ich na polu informacji geograficznej i geomatyki. Dotyczy on opracowania wspólnego dla różnych dyscyplin (medycyna, technika telewizji cyfrowej, geomatyka i inne) sposobu traktowania danych tego typu.	Częściowo odpowiada specyfikacji abstrakcyjnej T-6
19122 PDTR 09.2003	Kwalifikacje personelu i nadawanie uprawnień (<i>Qualifications and certification of personnel</i>)	Raport dotyczący organizacyjnego systemu określania kwalifikacji i nadawania certyfikatów personelowi w zakresie <i>Geographic Information Science/Geomatics</i> przez niezależne ciało centralne.	Brak odpowiednika OGC
19123 CD 03.2004	Schemat dla form geometrycznych i funkcji pokrycia (<i>Schema for coverage geometry and functions</i>)	Norma definiuje standardowy schemat pojęciowy dla opisu przestrzennej charakterystyki pokrycia.	Norma jest adaptacją specyfikacji abstrakcyjnej T-6 i częściowo odpowiada specyfikacji abstrakcyjnej T-4
19124 TR 01.2001	Składniki danych obrazowych i siatkowych (<i>Imagery and gridded data components</i>)	Dokument standaryzuje koncepcje opisu i reprezentacji obrazów i danych siatkowych w kontekście innych standardów tej grupy.	Częściowo odpowiada specyfikacji abstrakcyjnej T-6 i specyfikacji implementacyjnej SI-5
19125-1 DIS 05.2003	Dostęp do prostych wyroków – Część 1: Wspólna architektura (<i>Simple feature access – Part 1: Common architecture</i>)	Norma określa niezabudowane w tym przypadku wspólne dla różnych DCP (<i>Distributed Computing Platform</i>) elementy architektury i serwisu. Dokument ten jest adaptacją przez ISO części specyfikacji implementacyjnych OpenGIS dla prostych wyroków.	Norma opracowana na podstawie specyfikacji abstrakcyjnej T-1 i specyfikacjach abstrakcyjnych SI-1, SI-2 i SI-3
19125-2 DIS 05.2003	Dostęp do prostych wyroków – Część 2: Opcja SQL (<i>Simple feature access – Part 2: SQL option</i>)	Norma ta jest również adaptacją dokumentu OGC i dotyczy dostępu za pomocą języka SQL do tego rodzaju danych, zawartych w systemach baz relacyjnych.	Norma jest adaptacją specyfikacji implementacyjnej SI-3
19125-3 CD 2002	Dostęp do prostych wyroków – Część 3: Opcja COM/OLE (<i>Simple feature access – Part 3: COM/OLE option</i>)	Norma analogiczna do poprzedniego dokumentu, ale w odniesieniu do środowiska systemowego COM/OLE ograniczonego do MS Windows. Dokumentem źródłowym w tym przypadku jest Specyfikacja Implementacyjna OpenGIS dla COM/OLE.	Norma jest adaptacją specyfikacji implementacyjnej SI-1
19126 WD 11.2004	Profil – Słownik danych FACC (<i>Profile – FACC data dictionary</i>)	Norma definiuje profil oparty na słowniku wyroków i atrybutów tych wyroków zawartym w przyjętym przez NATO standardzie DIGEST.	Brak odpowiednika OGC

c d . t a b e l i 4

1	2	3	4
19127 PDTS 04.2003	Kody i parametry geodezyjne (<i>Geodetic codes and parameters</i>)	Techniczna specyfikacja definiująca reguły opracowania jednej międzynarodowej bazy danych dotyczących układów odniesienia i odwzorowania przestrzennego.	Czciowo odpowiada specyfikacji abstrakcyjnej T-2
19128 CD 01.2004	Interfejs serwera map WWW (<i>Web Map server interface</i>)	Norma standaryzuje udostępnianie map za pośrednictwem Internetu, a w tym tworzenie na postawie języka zapytań map w formie obrazu, zbioru graficznych elementów lub zestawu danych odnoszących się do wybranych wyróżnień.	Norma oparta na dokumentach projektu WMS (specyfikacji implementacyjnej SI-7) i jednocześnie nie projekt WMS do niej się odwołuje
19129 WD 09.2003	Podstawy danych obrazowych, siatkowych i pokryciowych (<i>Imagery, gridded and coverage data framework</i>)	Specyfikacja techniczna standaryzująca koncepcje opisu i reprezentacji obrazów, danych siatkowych i pokryć.	Czciowo odpowiada specyfikacjom abstrakcyjnym T-7, T-15 i T-16
19130 WD 11.2004	Modele danych i sensorów dla danych obrazowych i siatkowych (<i>Sensor and data models for imagery and gridded data</i>)	Norma definiuje model sensora opisującego jego fizyczne i geometryczne właściwości, a także podejście do pozyskiwania informacji w formie obrazów i danych siatkowych.	Czciowo odpowiada specyfikacjom abstrakcyjnym T-7, T-15 i T-16
19131 WD 10.2004	Specyfikacje produktów danych (<i>Data product specifications</i>)	Norma bieżąca dotyczyła wymagań w zakresie określenia poszczególnych rodzajów produktów danych geograficznych.	Brak odpowiednika OGC
19132 WD 01.2003	Dopuszczalne standardy serwisów opartych na lokalizacji (<i>Location based services possible standards</i>)	Norma bieżąca określa modele składników związanych z tymi serwisami, a mianowicie innymi pojęciami i orientacją, trasy, wskazówki dotyczące przemieszczania się i warunki ruchu.	Norma czciowo oparta na dokumentach projektu OLS (D-2)
19133 WD 10.2004	Serwisy wyznaczania trasy i nawigacji oparte na lokalizacji (<i>Location based services tracking and navigation</i>)	Norma bieżąca zawierała specyfikację serwisu optymalizacji drogi przemieszczania się pomiędzy zbiorem lokalizacji o określonej hierarchii.	Norma czciowo oparta na dokumentach projektu OLS (D-2)
19134 WD 10.2005	Serwisy wyznaczania trasy i nawigacji oparte na lokalizacji dla różnych rodzajów transportu (<i>Multimodal location based services for routing and navigation</i>)	Zakres podobny do normy 19133, ale z uwzględnieniem różnych rodzajów środków transportu, np. lądowego, powietrznego i morskiego.	Norma czciowo oparta na dokumentach projektu OLS (D-2)
19135 WD 11.2004	Procedury rejestracji składników informacji geograficznej (<i>Procedures for registration of geographical information items</i>)	Procedury opracowywania, utrzymywania i udostępniania rejestrów niepowtarzalnych, jednoznacznych i trwałych identyfikatorów dla poszczególnych składników informacji geograficznej.	Czciowo odpowiada specyfikacji abstrakcyjnej T-13
19136 WD 11.2004	Geograficzny Język Znacznikowy GML (<i>Geography Markup Language</i>)	Norma bieżąca określa język znacznikowy oparty na XML dla strukturalnego zapisu informacji geograficznej, zarówno w aspekcie geoprzestrzennym jak i niegeoprzestrzennym (tematycznym).	Norma jest adaptacją specyfikacji implementacyjnej SI-8 GML (<i>Geography Markup Language</i>)

c d . t a b e l i 4

1	2	3	4
19137 WD 06.2005	Ogólnie używane profile schematów przestrzennych i inne podobne ważne schematy (<i>Generally used profiles of the spatial schema and of similar important other schemas</i>)	Norma zdefiniuje zbiór profili dla schematów przestrzennych udostępniających minimalny zbiór geometrycznych elementów potrzebnych do skutecznego tworzenia schematów aplikacyjnych.	Brak odpowiednika OGC (opisy są rozproszone w różnych specyfikacjach OpenGIS)
19138 WD 12.2004	Miary jakości danych (<i>Data quality measures</i>)	Specyfikacja techniczna definiująca zbiór miar jako składniki elementów jakości danych określonych w normie ISO 19113.	Częściowo odpowiada specyfikacji abstrakcyjnej T-9
19139 WD 2003	Metadane – Specyfikacja implementacyjna (<i>Metadata – Implementation specification</i>)	Specyfikacja techniczna definiująca implementacyjny model metadanych w UML oparty na abstrakcyjnym modelu zawartym w normie ISO 19115.	Brak odpowiednika OGC

w przyszłości pełnej zgodności pomiędzy standardami ISO 19100 i specyfikacjami OpenGIS (McKee, Østensen, 1997), a obecnie szereg opracowanych przez OGC stało się nowymi projektami ISO.

Ponieważ obecnie w Polsce są opracowywane normy dotyczące tych zagadnień w oparciu o dawne normy europejskie (CEN), potrzebne jest wyjaśnienie, dlaczego nie są one tu uwzględnione. Zdecydowały o tym następujące fakty:

- Normy CEN były opracowane w połowie lat 90-ych przez Komitet Techniczny CEN/TC 287 i opublikowane jako tak zwane "prenormy" ENV w latach 1997-99 z okresem ważności wynoszącym 3 lata.
- Ponieważ nie zostały zatwierdzone jako normy ustanowione, są obecnie już jedynie historycznymi dokumentami CEN.
- W roku 1999 CEN rozwiął Komitet TC 287, ponieważ uznano, że skoro ISO opracowuje wysoko oceniane normy międzynarodowe, to nie ma potrzeby opracowywania odrębnych norm europejskich.
- Dorobek Komitetu CEN/TC 287 został wykorzystany przy opracowywaniu norm ISO przez Komitet ISO/TC 211.
- CEN planuje przyjęcie norm ISO jako norm europejskich, między innymi w ramach prac inicjatywy INSPIRE (INSPIRE, 2002a).
- Obecnie jest rozpatrywana możliwość ponownego utworzenia Komitetu Technicznego CEN/TC 287, którego zadaniem będzie adaptowanie norm grupy ISO 19100 dla potrzeb europejskich (Smits, 2002).

T a b e l a 5

**Zestawienie tematów specyfikacji i projektów opracowywanych w Open GIS Consortium
(stan w listopadzie 2002)**

List of specification topics and projects developed by Open GIS Consortium (state in November 2002)

Obja nienia elementów tabeli: kolumna pierwsza: symbol – symbol projektu (specyfikacji lub dokumentacji): T – temat specyfikacji abstrakcyjnej, SI – specyfikacja implementacyjna, D – dokument lub zbiór dokumentów; wersja – nr aktualnie uko czonej wersji; data – data uko czenia tej wersji. Kolumna ostatnia: numery odnosz si do poszczególnych projektów ISO w tabeli 4.

Explanation of table elements: the first column: „symbol“ – denotation of project (of specification or document): T – topic of abstract specification, SI – implementation specification, D – document or set of documents; „wersja“ – number of currently completed version; „data“ – date of completion of this version. The last column: number of ISO standard as a reference to the position in the first column of table 4.

Symbol, wersja, data:	Tytuł:	Opis zakresu:	Zwi zek z projektami ISO/TC 211:
1	2	3	4
T-0 v. 4 06.1999	Opis ogólny specyfikacji abstrakcyjnej (<i>Abstract Specification Overview</i>)	Wst p do specyfikacji abstrakcyjnej, który okre la ogólne zasady dotycz ce całej Specyfikacji OpenGIS, okre - la j zyk UML jako podstawowe narz dzie opisu i zasady jego stosowania w tej specyfikacji. Definiuje podstawowe typy danych, jednostki miar i reguły okre lania dokładno ci.	Pełni analogiczn rol jak normy 19101 i 19103
T-1 v. 4 03.1999	Geometria wyró nie (<i>Feature Geometry</i>)	Specyfikacja ta definiuje elementarne i zło one formy geometryczne i topologiczne, a tak e topologiczne operatory stosowane do wyró nie .	Stanowi podstaw normy 19125-1
T-2 v. 4 05.1999	Układy odniesienia przestrzennego (<i>Spatial Reference Systems</i>)	Okre la wszystkie zagadnienia zwi zane z bezpo rednim odniesieniem przestrzennym, a w tym: zasadniczy model dla tych układów, reguły notacji, konwersj i transformacj współrz dnych i parametrów odniesienia i/lub odwzorowania.	Odpowiada normie 19111 i cz ciowo normie 19127
T-3 v. 4 03.1999	Struktury dla danych geometrycznych dotycz cych poło enia (<i>Locational Geometry Structures</i>)	Definiuje struktury, które okre laj zwi zki mi dzy transformacj jednego układu bezpo redniego odniesienia przestrzennego w drugi, a transformacj odpowiadaj cych im warto ci współrz dnych. Dotycz to mi dzy innymi problemów zwi zanych z "osadzaniem" danych rastrowych w danym układzie odniesienia lub odwzorowania.	Odpowiada normie 19107
T-4 v. 4 03.1999	Funkcje składowe i interpolacja (<i>Stored Functions and Interpolation</i>)	Specyfikacja ta okre la reguły stosowane do funkcji b d cych składnikami wyró nie w sensie przyj tym przez paradygmat obiektowoci wywodz cy si z przyj tego tu j zyka UML. W takim uj ciu funkcj mo e by pokrycie (<i>coverage</i>), ale tak e zbiór prostych wyró nie stanowi cych map lub układ odniesienia przestrzennego.	Cz ciowo odpowiada normie 19123
T-5 v. 4 03.1999	Wyró nienia (<i>Features</i>)	Definiuje najwa niejsze poj cie z zakresu informacji geoprzestrzennej: "wyró nienie jest podstawow jednostk geoinformacji" i szereg zagadnie z nim zwi zanych. Do tych zagadnie nale : relacje pomi dzy wyró nieniem w wiecie rzeczywistym, w modelu poj ciowym i w modelu geoprzestrzennym; podstawowe typy wyró nie , zbiory wyró nie ; a tak e problemy identyfikacji wyró nie , mi dzy innymi trwa e i niepowtarzalne identyfikatory, zakres tych identyfikatorów, rejestry zmian identyfikatorów, repozytoria i kolekcje wyró nie .	Cz ciowo odpowiada normie 19107

c d . t a b e l i 5

1	2	3	4
T-6 v. 4 03.1999	Typ pokrycie i jego podtypy (<i>The Coverage Type and its Subtypes</i>)	Specyfikacja definiuje ca pokrycie jako podtyp wyróżnienia, jego model zasadniczy i szereg podtypów pokrycia, między innymi: siatki ortogonalne, siatki nieregularnych trójkątów, siatki wielokątów Thiessena, najbliższego sąsiedztwa, segmentowanych linii i obrazów.	Czciowo odpowiada normom 19121, 19124 i stanowi podstawę projektu normy 19123
T-7 v. 4 03.1999	Przypadek zobrazowania Ziemi (<i>The Earth Imagery Case</i>)	Określa obrazy Ziemi (np. zdjęcia lotnicze i satelitarne) jako specjalny podtyp pokrycia posiadający składniki generowania obrazu, dzięki którym elementy obrazu (np. piksele) są odwzorowywane na odpowiadające im współrzędne określonego układu odniesienia.	Czciowo odpowiada normom 19129 i 19130
T-8 v. 4 03.1999	Zależności między wyróżnieniami (<i>Relationships Between Features</i>)	Określa typy zależności, rolę poszczególnych wyróżnień w tych zależnościach, typy tych ról, ograniczenia i integralność zależności, a także atrybuty i poziomy (stopień) zależności.	Czciowo odpowiada normie 19107
T-9 v. 4 03.1999	Jako (<i>Quality</i>)	Definiuje zasadniczy model jakości w odniesieniu do geoinformacji, a w tym: rodzaje dokładności i błędów, powiązanie dokładności z innymi metadany.	Odpowiada normom 19113, 19114 i w niewielkim stopniu normie 19109
T-10 v. 4 04.1999	Zbiory wyróżnień (<i>Feature Collections</i>)	Specyfikacja definiuje zbiór wyróżnień jako abstrakcyjny obiekt zawierający wystąpienia wyróżnień, które odnoszą się do nich schematem i projektem.	Czciowo odpowiada normie 19107
T-11 v. 4 03.1999	Metadane (<i>Metadata</i>)	Definiuje metadane jako dane odnoszące się do zbioru wyróżnień lub określonych wyróżnień będących składnikami takiego zbioru. Wprowadza pojęcia meta-danych i zbiór metadanych stanowi kolekcję ich encji, a także pojęcie podklas metadanych (rozumianych jako klasy pochodne od bazowej klasy metadanych).	Odpowiada normie 19115
T-12 v. 4 02.1999	Architektura serwisów OpenGIS (<i>OpenGIS Service Architecture</i>)	Specyfikacja definiuje podstawowe serwisy, jakie mogą być stosowane w środowisku systemowym zgodnym ze Specyfikacją OpenGIS. Między innymi należą do nich: informacja o dostępie do danych, katalog informacji o dostępie, generalizacja wyróżnień, wydobywanie informacji geoprzestrzennej, transformacje współrzędnych geoprzestrzennych, przypisanie geoprzestrzenne, wykorzystywanie wyróżnień i obrazów, manipulowanie nimi, generowanie i synteza obrazów, a także wyszukiwanie wyróżnień.	Odpowiada normie 19119
T-13 v. 4 03.1999	Serwisy katalogowe (<i>Catalog Services</i>)	Specyfikacja ta jest rozszerzeniem specyfikacji serwisu dostępu do informacji geoprzestrzennej drogą uszczegółowienia usług z nim związanych poprzez zdefiniowanie katalogu, wejścia do katalogu, bibliotekarza, encji metadanych w katalogu, zbioru danych geoprzestrzennych i kolekcji zbiorów tych danych.	Odpowiada normie 19110 i czciowo normie 19135
T-14 v. 4 04.1999	Zagadnienia semantyczne i społeczno informacyjne (<i>Semantics and Information Communities</i>)	Określa pojęcie społeczności informacyjnej w odniesieniu do geoinformacji. W kontekście Specyfikacji OpenGIS społecznościami informacyjnymi są najczęściej określone grupy zawodowe mające do czynienia z geoinformacją i wymieniające się między sobą informacją. W sytuacji istnienia wielu terminologii odnoszących się do tych samych zagadnień dla jednoznacznego i efektywnego przekazywania informacji pomiędzy tymi społecznościami potrzebne są między innymi translatory semantyczne.	Brak odpowiednika (w niewielkim stopniu odpowiada normie 19106)

c d . t a b e l i 5

1	2	3	4
T-15 v. 4 06.1999	Serwisy wykorzystywania obrazów (<i>Image Exploitation Services</i>)	Specyfikacja abstrakcyjna dotycząca serwisów związanych z obrazami. Do tych serwisów należą między innymi: transformacja współrzędnych naziemnych i współrzędnych na obrazie, lokalizacja czasowa obrazu, modyfikacje i przekształcenia obrazu, a także przetwarzanie informacji zawartej w obrazach i dostęp do metadanych obrazów.	Czciowo odpowiada normom 19129 i 19130
T-16 v. 4 06.1999	Serwisy transformacji współrzędnych obrazów (<i>Image Coordinate Transformation Services</i>)	Specyfikacja dotycząca całego zagadnienia związanych z przestrzennymi i czasowymi przekształceniami obrazów, a w tym ortorektifikacji tych obrazów, czyli tworzenie ortoo obrazów.	Czciowo odpowiada normom 19129 i 19130
SI-1 v. 1.1 05.1999	Specyfikacja prostych wyróń dla OLE/COM (<i>Simple Feature Specification for OLE/COM</i>)	Specyfikacja implementacyjna dotycząca całego zagadnienia specyfikacji abstrakcyjnej w zakresie prostych wyróń przeznaczona dla (i ograniczonych do) środowiska DCP systemów opartych na rozwiązaniach firmy Microsoft – OLE/COM (<i>Object Linking and Embedding/Common Object Model</i>).	Jest adaptowana w normie 19125-3 i jej czci jest adaptowana w normie 19125-1
SI-2 v. 1.0 03.1998	Specyfikacja prostych wyróń dla CORBA (<i>Simple Feature Specification for CORBA</i>)	Specyfikacja implementacyjna dotycząca całego zagadnienia specyfikacji abstrakcyjnej w zakresie prostych wyróń przeznaczona dla heterogenicznego obiektowego środowiska DCP CORBA (<i>Common Object Request Broker Architecture</i>) opracowanego przez OMG (<i>Object Management Group</i>).	Jej czci jest adaptowana w normie 19125-1
SI-3 v. 1.1 05.1999	Specyfikacja prostych wyróń dla SQL (<i>Simple Feature Specification for SQL</i>)	Specyfikacja implementacyjna całego zagadnienia specyfikacji abstrakcyjnej w zakresie prostych wyróń przeznaczona dla (i ograniczonych do) środowiska DCP systemów opartych na języku SQL (<i>Structured Query Language</i>) przeznaczonym do komunikowania się z relacyjnymi bazami danych.	Jest adaptowana w normie 19125-2 i jej czci jest adaptowana w normie 19125-1
SI-4 v. 1.0 08.1999	Implementacyjna specyfikacja interfejsu katalogu (<i>Catalog Interface Implementation Specification</i>)	Specyfikacja oparta na temacie T-13 i dotycząca zagadnienia wyszukiwania geoinformacji w oparciu o metadane i katalogi. Określa model obiektu katalogowego, interfejs katalogu z funkcjami dostępu i język zapytań OCCQL (<i>OGC Common Catalog Query Language</i>). Dotyczy DCP: CORBA, OLEDB i WWW.	Odpowiada normie 19110
SI-5 v. 1.1 01.2001	Implementacyjna specyfikacja – pokrycie siatkowe (<i>Implementation Specification – Grid Coverage</i>)	Specyfikacja oparta na tematach T-6 T-15 i T-16 specyfikacji abstrakcyjnej. Jej zadaniem jest określić reguły przesyłania obrazów i danych siatkowych w warunkach interoperacyjności w oparciu o standardy OLE/COM, CORBA i język Java.	Czciowo odpowiada normie 19124
SI-6 v.1.0 01.2001	Implementacyjna specyfikacja – serwis transformacji współrzędnych (<i>Implementation Specification – Coordinate Transformation Services</i>)	Specyfikacja dotyczy zagadnienia określania położenia, systemów współrzędnych i transformacji współrzędnych. Jest oparta na tematach T-2 i T-16 i jest przeznaczona dla środowisk OLE/COM, CORBA i Java.	Odpowiada normie 19111
SI-7 v. 1.1.1 06.2001	Implementacyjna specyfikacja serwisu WWW dla map (<i>Web Map Service Implementation Specification</i>)	Określa sposoby przesyłania geoinformacji za pośrednictwem WWW. Definiuje operacje: <i>GetCapabilities</i> , <i>GetMap</i> i <i>GetFeatureInfo</i> , a także procesy, jakie są niezbędne dla ich zrealizowania.	Czciowo oparta na normie 19117 i stanowi podstawę projektu normy 19128

c d . t a b e l i 5

1	2	3	4
SI-8 v. 2.0 02.2001	Geograficzny j zyk znacznikowy – GML (<i>Geography Markup Language – GML</i>)	Specyfikacja definiuje j zyk dla zapisu geoinformacji oparty na specyfikacji j zyka XML Schema. Obecnie jest ju uko czona wersja 3.0 o znacznie rozszerzonych mo liwo ciach w stosunku do poprzednich, miedzy innymi wielowymiarowo wyró nie i zapis topologii.	Jest adaptowana jako norma 19136
D-1 v. 1 06.2001	Dokumenty programu testowania zgodno ci (<i>Conformance Testing Program Documents</i>)	Dokument okre la sposoby testowania oprogramowania pod wzgl dem zgodno ci ze specyfikacjami OpenGIS, a tak e procedury i testy z tym zwi zane.	Cz ciowo odpowiada normie 19105
D-2 v. 1 09.2002	Dokumenty inicjatywy OpenLS – otwarte serwi- sy dotycz ce poło enia (<i>Open Location Ser- vices Initiative – OpenLS Documents</i>)	Serwisy dotycz ce poło enia zwi zane s z lokalizacj przy pomocy GPS i z bezprzewodowym przesyłaniem geoinformacji okre lonej przy pomocy tej lokalizacji. Ten nurt prac rozwija si niezwykle dynamicznie i znaj- duje wiele nowych zastosowa .	Cz ciowo oparte na normie 19116 i sta- nowi podstaw pro- jektów norm 19132, 19133 i 19134
D-3 v. 1 06.1998	Słownik terminów OGC (<i>OGC Glossary</i>)	Terminologia w zakresie geoinformacji nie jest jeszcze dostatecznie ukształtowana i wymaga to cz stego poda- wania definicji u ywanego terminu. Słownik ten porz dkuje zagadnienia terminologiczne i przez to zwal- nia od tego obowi zku.	Cz ciowo odpowiada normie 19104

10.4. STANDARDY TEMATYCZNE W ODNIESIENIU DO GEOLOGII I HYDROGEOLOGII

Modele poj ciowe informacji geologicznej i hydrogeologicznej to nowa problematyka i jej interdyscyplinarny charakter sprawia, e jest rzadko podejmowana. Szereg przykładów dotyczących tych problemów, między innymi opartych na pracach prowadzonych dla obszaru południowej dolnej Saksonii opisuje monografia Breuniga (2001). Główny problem z tego zakresu przedstawiony w tej pracy to trzy różne kryteria podziału przestrzeni geologicznej na poszczególne wyróżnienia:

- **Podział stratygraficzny** – oparty na chronostratygrafii z wykorzystaniem porządkowego układu odniesienia czasowego (tablicy stratygraficznej) i metodach określenia wieku bezwzględnego.
- **Podział facjalny** – osady mogą być także dzielone w oparciu o kryteria litofacjalne lub biofacjalne. Wyróżnienie stratygraficzne (partycja stratygraficzna wyodrębniona na podstawie kryteriów stratygraficznych) może zawierać wiele wyróżnień (partycji) facjalnych.
- **Podział geostatyczny** (oparty na kryteriach geofizycznych) – w tym przypadku podział przestrzeni geologicznej na wyróżnienia jest zupełnie inny niż w przypadku dwóch poprzednich kryteriów.

Według Breuniga szereg różnych sposobów dzielenia przestrzeni geologicznej, wynikających z różnych kryteriów przyjmowanych w poszczególnych dyscyplinach geologicznych, stwarza istotne trudności w opracowaniu spójnego (zintegrowanego) modelu pojęciowego dla zastosowania ogólnogeologicznych, który by jednocześnie nie spełniał wymagań różnych zastosowań w poszczególnych działach geologii.

W wielu krajach funkcjonują od lat bazy danych geologicznych, lecz rozwiązania w nich zastosowane nie mają solidnych podstaw metodycznych — są one najczęściej oparte na modelach danych przeniesionych z innych dziedzin i przystosowanych do potrzeb geologii. Jeżeli w jakim kraju jest tylko jedna taka baza, to w pewnym sensie można uznać, że jej model danych stanowi standard *de facto* tego kraju. Jednak taki przypadek nie spełnia wymagań stawianych wobec standardu, ponieważ najczęściej nie jest opublikowany (jego opis stanowi jedynie część dokumentacji systemu), nie powstał w wyniku szerokich uzgodnień zainteresowanego środowiska i najczęściej nie jest powiązany z innymi standardami. Rozwiązania takie na ogół nie pozwalają na interoperacyjną wymianę danych pomiędzy różnymi systemami i z tego powodu są w pewnym sensie "izolowanymi wyspami".

Obecnie jest realizowanych kilka projektów badawczych, których przedmiotem są modele geoinformacji w zakresie dyscyplin geologicznych lub dyscyplin z nimi powiązanych. Najważniejsze z tych projektów to:

- "XMML – *online data transfer for the exploration and mining industry*". XMML jest skrótem nazwy *eXploration and Mining Markup Language* i prace nad tym językiem są prowadzone przez zespół *3D Visualization and Geological Modeling* w ośrodku *Exploration and Mining* należącym do australijskiego CSIRO (*Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization*) (Cox, 2001a).
- Projekt "*Geoscience Data Dictionary for GIS Products*" realizowany przez *Corporate Information Management and Access Group* w rządowej *Geoscience Australia* (Trezise, 2002).
- Projekt "*Standard grid and point formats for magnetic and gravity data*" realizowany wspólnie przez ośrodki kanadyjskie i australijskie (Geosoft, 2002).
- Projekt "*GeophysicalML – An XML Standard for Web-Based Exchange of Geophysical Data*" zrealizowany przez POSC (*Petrotechnical Open Software Corporation*) (Masters, 2000).
- Projekt "*WellLogML – An XML Standard for Web-Based Exchange of Well Log Data*" realizowany przez POSC (Theriot, 2002).
- Szereg projektów realizowanych w ramach kanadyjskiej inicjatywy CGKN (*Canadian Geoscience Knowledge Network*) kierowanej przez *National Geological Surveys Committee* (NGSC), najważniejsze to: *Geo-Science GML Encoding Project*, *Mineral Occurrence Application Schema* i *Geochemical Reconnaissance Schema* (Wilson, 2002a, 2002b).
- Projekt "*North American Digital Geologic Map Data Model (NADM)*" realizowany przez *AASG/USGS Geologic Map Data Model Working Group*. Projekt ten składa się z kilku projektów częściowych, między innymi projektu NORTON (*NORTH american digital geologic map ONtology*) (Brodaic, 2002).
- Projekt "*CordLink Digital Library – Geologic Map Data Model Version 5.2*" zrealizowany przez *Geological Survey of Canada* (Brodaic i in., 1999).
- Projekt "*The Australian National Groundwater Data Transfer Standard*" zrealizowany przez *The NGC Groundwater Data Standards Working Group* w ramach australijskiego *National Groundwater Committee* (Rice, 1999).

Bliższe zapoznanie się z tymi projektami pozwala na stwierdzenie, że wyraźnie dzielą się na dwie grupy — projekty starsze (już ukończone), oparte na starszych metodykach związanych z relacyjnymi bazami danych i posługujących się diagramami ER (encja-związek) i projekty nowe (w trakcie opracowywania), oparte na metodykach obiektowych posługujących się językami UML i XML.

Do projektów starszych należy zaliczyć: *Geoscience Data Dictionary for GIS Products*, *Standard grid and point formats for magnetic and gravity data*, *CordLink Digital Library* — *Geologic*

Map Data Model Version 5.2 i *The Australian National Groundwater Data Transfer Standard*. Projekty te powołują się na standardy ISO 19100 i OpenGIS, lecz ich nie wykorzystują — w rezultacie nie są z nimi związane i nie są na nich oparte. Autorzy tych projektów jedynie zapowiadają potrzebę modyfikacji przy tych rozwiązaniach z uwzględnieniem nowych standardów.

Projekty nowe to: *XMML – online data transfer for the exploration and mining industry*, *GeophysicalML – An XML Standard for Web-Based Exchange of Geophysical Data*, *WellLogML – An XML Standard for Web-Based Exchange of Well Log Data*, NORTON, *Geo-Science GML Encoding Project*, *Mineral Occurrence Application Schema* i *Geochemical Reconnaissance Schema*. Projekty te są w większości związane z OGC i ISO/TC 211 i oparte na opracowywanych tam standardach.

Dla przedstawianych tu zagadnień szczególne znaczenie ma projekt *The Australian National Groundwater Data Transfer Standard*. Zawarty w nim ogólny model pojęciowy danych hydrogeologicznych jest przedstawiony na figurze 23. Model ten jest jednak ograniczony tylko do zagadnień technicznych i pomiarowych dotyczących wód podziemnych i zawiera 16 pojęć: lokalizacja, położenie, otoczenie, kod słownikowy, obiekt hydrogeologiczny, horyzont, element urzędzenia, cecha elementu urzędzenia, aktywacja urzędzenia, poziom odniesienia, stan, zdarzenie, próbka, cecha próbki, parametr i wynik. W ograniczonym stopniu diagram encja-zwizek może być przeniesiony do modelu zapisanego w UML. Wynik takiego przeniesienia przedstawia figura 24. W obu diagramach tego modelu podane są jedynie te elementy (atrybuty relacji i atrybuty klas), które są potrzebne do zdefiniowania powiązań między encjami w relacyjnej bazie danych (klucze własne i obce). Zapis tego modelu w języku UML ma jedynie charakter poglądowy, ponieważ została zachowana cała koncepcja modelu wyjściowego ograniczona tylko do prostych relacji bez wykorzystania pełnych możliwości metodyki opartej na UML.

Dla przykładu, pełna lista atrybutów klasy *ObiektHydrogeologiczny* jest przedstawiona w tabeli 6.

Ponieważ model ten jest ukierunkowany na relacyjne bazy danych i nie ma odniesienia do nowych standardów geoinformacyjnych (OGC i ISO), może być traktowany jako punkt wyjścia dla opracowania nowego modelu, w pełni obiektowego i powiązanego z modelami geomatycznymi i innymi modelami tematycznymi, na przykład modelem informacji geologicznej. Fakt, że w modelu tym nie ma elementów geologicznych związanych z obiektem hydrogeologicznym przemawia na korzyść tego modelu, ponieważ jest zachowana zasada nie nakładania się wzajemnego standardów dotyczących dziedzin ze sobą powiązanych.

Inny projekt spośród przedstawionej powyżej listy projektów dotyczących standardów tematycznych, który zasługuje na bardziej szczegółowe przedstawienie jest NORTON (*NORTH american digital geologic map ONtology*) (Brodaic, 2002). Projekt ten jest wspólną inicjatywą rodaków geologicznych USA i Kanady i jest obecnie w wstępnej fazie prac. Ma on za zadanie opracowanie ontologii dla numerycznych map geologicznych w dwóch aspektach: struktury informacji zawartej w tych mapach w formie elektronicznej i terminologii stosowanej do opisu zjawisk geologicznych będących treścią tych map. Punktem wyjścia w tym projekcie jest starsze opracowanie z tego zakresu *Digital Geologic Map Data Model – Version 4.3* (Johnson i in., 1999) oparte na metodyce relacyjnej i diagramach encja-zwizek (ER). W projekcie NORTON przyjęto metodyki obiektowe i UML jako język opisu modelu. Figura 25 zawiera diagram UML przedstawiający hierarchię klas związanych z klasą "Pojęcie geologiczne", jako jednym z głównych elementów w modelu pojęciowym NORTON (Brodaic, 2002).

Pewnym mankamentem modelu NORTON jest oparcie go na poprzednim modelu relacyjnym. Z tego powodu powiązania (asocjacje) między klasami są ściśle ograniczone do powiązań, jakie występują w modelach relacyjnych: "może mieć", "musi mieć" i "może mieć wiele", bez rozróżnienia między agregacjami i kompozycjami. Innym mankamentem modelu NORTON

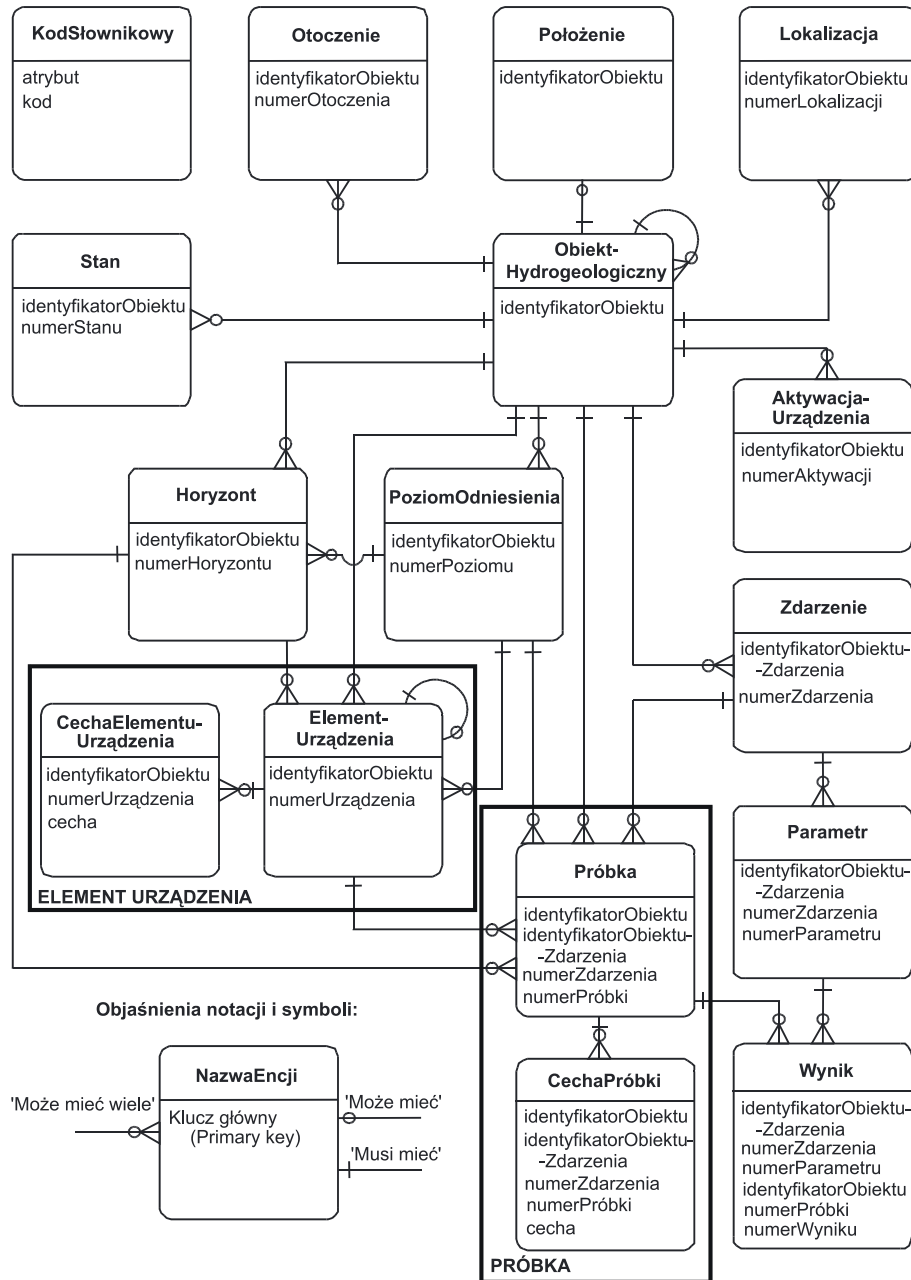


Fig. 23. Diagram encja-związek — ER (Entity Relationship) przedstawiający model pojęciowy dla australijskiego standardu danych dotyczących wód podziemnych. Opracowany na podstawie dokumentacji projektu (Rice, 1999) z zastosowaniem polskiej terminologii

Entity-Relationship (ER) diagram presenting conceptual model of Australian standard for data concerning groundwater. Elaborated on the basis of project documentation (Rice, 1999) with application of Polish terminology

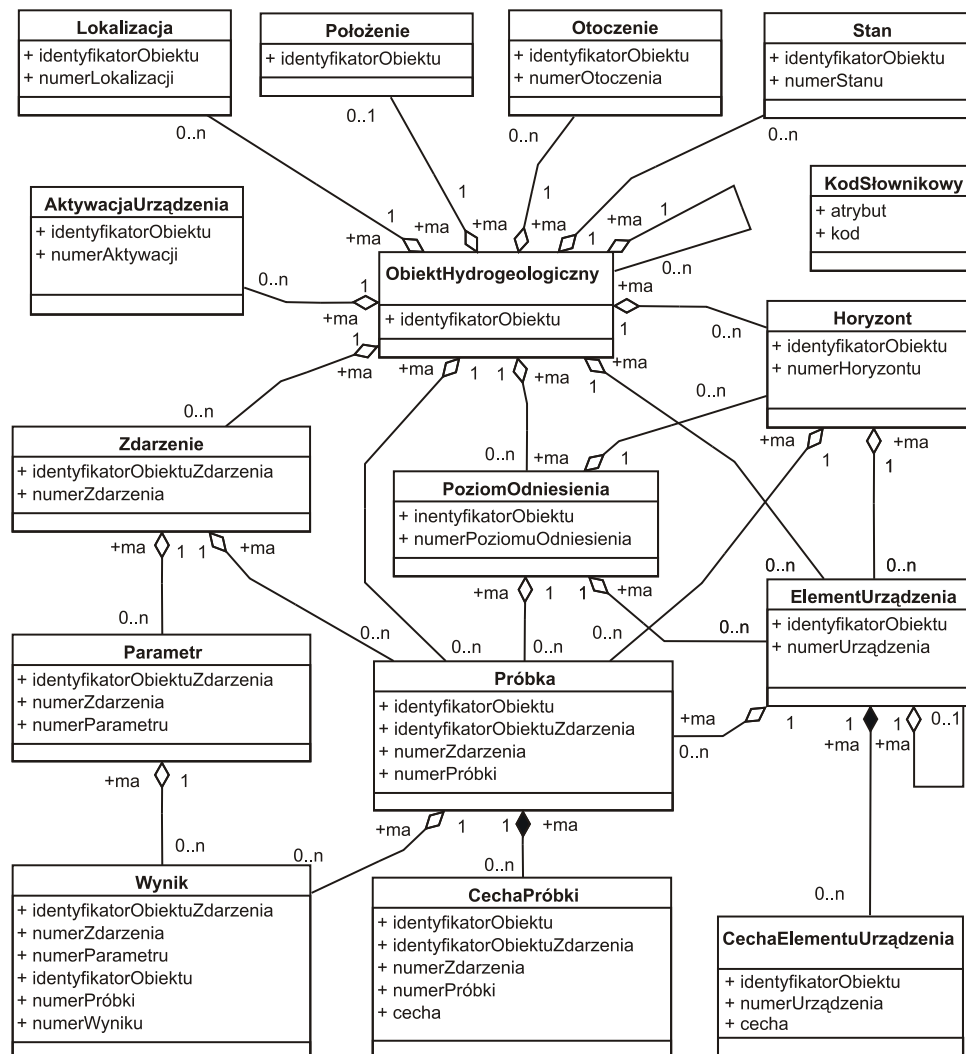


Fig. 24. Diagram klas UML odpowiadający modelowi pojęciowemu (fig. 23) australijskiego standardu danych dotyczących wód podziemnych (z zastosowaniem polskiej terminologii)

UML class diagram corresponding with conceptual model (fig. 23) of Australian standard for data concerning groundwater (with application of Polish terminology)

jest brak powi ą z opracowaniami standaryzacyjnymi ISO/TC 211 i OGC. Jednak realizatorzy tego projektu doceniaj ą znaczenie tych opracowa ń zapowiadaj ących uwzgl ędnienie — projekt NORTON jest dopiero w pocz ątkowej fazie realizacji.

Kolejnym projektem wymagaj ącym bli szejgo przedstawienia jest australijski projekt *XMML* – *online data transfer for the exploration and mining industry* (Cox, 2001a). Celem projektu jest opracowanie specyfikacji XML Schema dla strukturalnego zapisu informacji geologicznej:

Tabela 6

Zestawienie atrybutów klasy ObiektHydrogeologiczny (Groundwater_feature) w modelu pojęciowym UML (fig. 24) w oparciu o australijski standard danych dotyczących wód podziemnych

List of attributes of class Groundwater_feature in UML conceptual model (fig. 24) basing on Australian groundwater data standard

Nazwa polska	Nazwa angielska	Typ danych	Opis
IdentyfikatorObiektu	<i>feature_identifier</i>	character	niepowtarzalny identyfikator obiektu hydrogeologicznego
Nazwa	<i>name</i>	character	nazwa obiektu hydrogeologicznego
Typ	<i>type</i>	code	typ obiektu hydrogeologicznego, np. wiercenie, ródło
Właściciel	<i>owner</i>	character	nazwisko osoby lub nazwa instytucji będącej właścicielem obiektu hydrogeologicznego
RodzajWłaściciela	<i>owner_type</i>	code	rodzaj właściciela, np. osoba prywatna, instytucja państwowa
DataWłasności	<i>owner_date</i>	date	data uzyskania prawa własności
WiarygodnośćDatyWłasności	<i>owner_date_reliability</i>	code	wiarygodność daty uzyskania prawa własności
Lokalizator	<i>locator</i>	code	kto wybrał lokalizację obiektu hydrogeologicznego, np. hydrogeolog, ródlnicy
OgólnaDługość	<i>total_length</i>	number	maksymalna długość obiektu hydrogeologicznego w metrach
IdentyfikatorNadrzeczny	<i>host_identifier</i>	character	niepowtarzalny identyfikator obiektu hydrogeologicznego, do którego przestrzennie należy ten obiekt
IdentyfikatorPoprzednika	<i>precursor_identifier</i>	character	niepowtarzalny identyfikator obiektu hydrogeologicznego, który był zastąpiony tym obiektem
Komentarze	<i>comments</i>	character	komentarze na temat obiektu hydrogeologicznego

- uzyskiwanej z wierce (drillhole.xsd);
- dotyczących próbek (sample.xsd);
- uzyskiwanej z obserwacji i pomiarów terenowych (osf.xsd, osf_types.xsd, osf_base.xsd, observation.xsd, measures.xsd, units.xsd);
- laboratoryjne dane geochemiczne (assay_*.xsd), przykład diagramu XML Schema jest przedstawiony na figurze 26;
- mapy i przestrzenna zmienność parametrów geologicznych — pokrycia (maps.xsd, maps_types.xsd, maps_geometries.xsd, maps_base.xsd, coverage.xsd, grids.xsd);
- metadanych geologicznych zapisanych z zastosowaniem XMML (md.xsd).

Zastosowanie języka XML do zapisu geoinformacji z zakresu nauk o Ziemi, jego reguły i syntaktyka są przedstawione w rozdziale 12.

Australijski projekt XMML zasługuje na szczególną uwagę, ponieważ wśród innych projektów dotyczących informacji geologicznej i hydrogeologicznej jest najbardziej powiązany ze standardami ISO i OGC. Część specyfikacji tego projektu dotyczy zagadnień wykraczających poza te dyscypliny i kandyduje do przyjęcia ich jako specyfikacje ogólnogeomatyczne w OGC i w dalszej kolejności jako projekty standardu ISO. Przykładem jest specyfikacja dotycząca pokrycia (Cox,

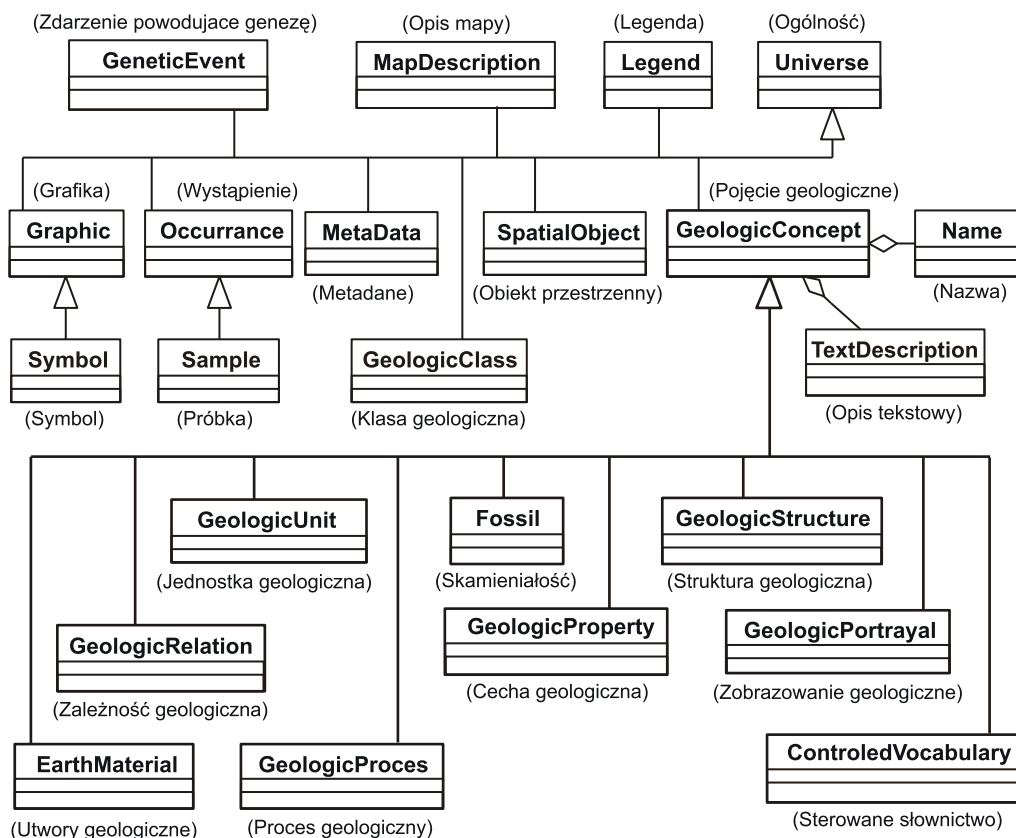


Fig. 25. Diagram UML przedstawiający hierarchię klas związanych z klasą Pojęcie Geologiczne w modelu pojęciowym danych geologicznych projektu NORTON (opracowano programem Rational Rose na podstawie materiałów projektu) (Brodaic, 2002)

UML diagram presenting class hierarchy related to class *GeologicConcept* in conceptual model for geological data of NORTON project (elaborated by using the Rational Rose software on the basis of project documentation) (Brodaic, 2002)

2001b), a także obserwacji i pomiarów (Cox, 2002). Powiązania w kierunku przeciwnym to przyjęcie w tym projekcie języka GML w zakresie opisu danych dotyczących aspektu geometrycznego i topologicznego informacji geologicznej.

Przykład zapisu danych z otworu wiertniczego w oparciu o schemat *drillhole.xsd* (fragment początkowy):

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!-- edited with XML Spy v3.5 NT (http://www.xmlspy.com) by Simon Cox (CSIRO Australia) -->
<xmml:Drillhole xmlns:xmml="http://www.ned.dem.csiro.au/XMML"
  xmlns:map="http://www.ned.dem.csiro.au/XMML/map"
  xmlns:osf="http://www.ned.dem.csiro.au/XMML/osf"

```

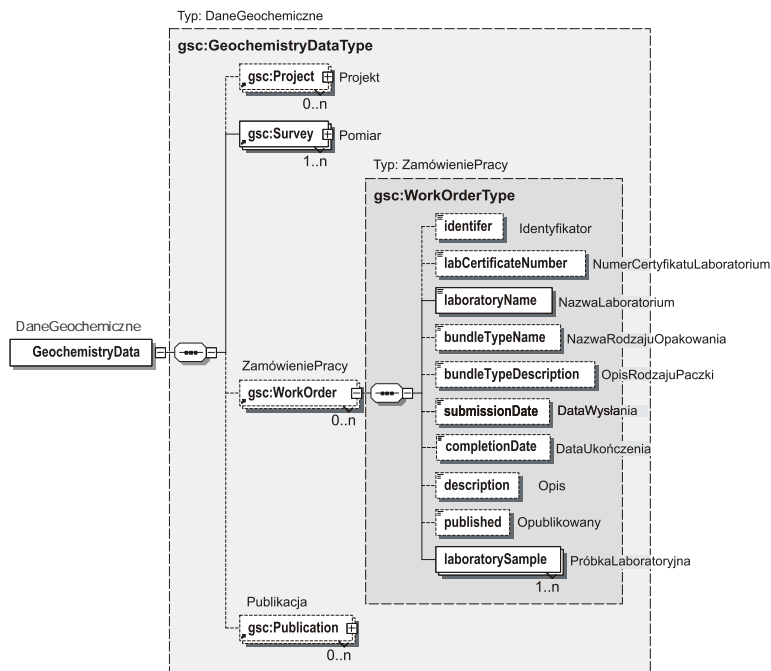


Fig. 26. Diagram XML Schema przedstawiający fragment specyfikacji schematu XML dla zapisu danych geochemicznych (na podstawie materiałów projektu XMML). Objasnienia elementów graficznych diagramów XML Schema zawiera figura 27

XML Schema diagram presenting fragment of XML Schema specification for encoding geochemical data (on the basis of XMML project documentation). Explanation of graphical notation of XML diagrams are presented on figure 27

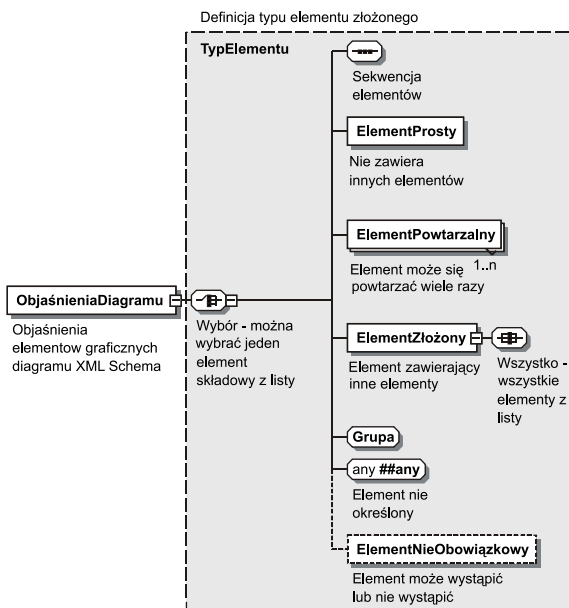


Fig. 27. Objasnienia elementów graficznych diagramów XML Schema

Explanation of graphical elements of XML Schema diagrams

```

xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2000/10/XMLSchema-instance"
<gml:description> drillhole_7.xml an example instance using the XMML schema. Some
empty elements as placeholders. Simon Cox 2001-04-08 Copyright (c) CSIRO Australia.
All rights reserved</gml:description>
<gml:name>XMML Drillhole Example 7</gml:name>
<gml:boundedBy>
  <gml:null>unavailable</gml:null>
</gml:boundedBy>
<xmml:holeMetadata>
  <xmml:project/>
  <xmml:tenement/>
  <xmml:drilled>
    <xmml:startDate/>
    <xmml:endDate/>
    <xmml:operator/>
    <xmml:comment/>
  </xmml:drilled>
</xmml:holeMetadata>
<xmml:collarLocation>
  <gml:Point gml:gid="point1" gml:srsName="http://www.opengis.net/gml/srs/epsg.xml#1244">
    <gml:coord>
      <gml:X>383557.5</gml:X>
      <gml:Y>321076.875</gml:Y>
      <gml:Z>183.</gml:Z>
    </gml:coord>
  </gml:Point>
</xmml:collarLocation>
<xmml:drillHoleShape>
  <!-- contains a representation of the de-surveyed hole shape-use gml:LineString or
another geometry -->
</xmml:drillHoleShape>
<xmml:drillHoleLog>
  <xmml:HoleSurvey gml:fid="survey1">
    <gml:description> A special log type, consisting of a list of offsets and associated
tangent measurements. </gml:description>
    <map:points>
      <map:PointArray gml:gid="array1" osf:min="0." osf:max="138.68" osf:count="5"
gml:srsName="http://www.opengis.net/gml/srs/epsg.xml#1244">
        <map:origin xlink:href="#point1"/>
        <map:offset>
          <osf:Quant osf:uom="units.xml#m">0.</osf:Quant>
        </map:offset>
        <map:offset>
          <osf:Quant>30.48</osf:Quant>
        </map:offset>
        <map:offset>
          <osf:Quant>60.96</osf:Quant>
        </map:offset>
        <map:offset>
          <osf:Quant>91.44</osf:Quant>
        </map:offset>
      </map:PointArray>
    </map:points>
  </xmml:HoleSurvey>
</xmml:drillHoleLog>

```

```

    <map:offset>
      <osf:Quant>138.68</osf:Quant>
    </map:offset>
  </map:PointArray>
</map:points>
<!-- (...) -->
</xml:Log>
</xml:drillHoleLog>
</xml:Drillhole>

```

Dla opisu otworu wiertniczego schemat podstawowy (drillhole.xsd) odwołuje się do pięciu innych schematów pochodzących z różnych źródeł definiujących przestrzenie nazw (*namespace*): map, osf, gml, xlink i xsi — w przykładzie odwołania te są zaznaczone grubą czcionką.

Przedstawione powyżej przykłady dotyczą standardowych rozwiązań tematycznych modeli geologicznych i hydrogeologicznych. Liczne problemy i zagadnienia związane z tymi modelami są omówione w rozdziale 11. Jednakże to najczęściej wstępne opracowania i wielka liczba problemów wciąż czeka na rozwiązanie.

11. PRZEGLĄD SYSTEMÓW INFORMATYCZNYCH PODKATEGORII TEMATYCZNE W HYDROGEOLOGII

Teoretyczne rozważania nad metodami opracowania modeli geologicznych mają uzasadnienie jedynie w przypadku, gdy uwzględnimy w nich techniczne możliwości realizacji tych modeli. W tym przypadku techniczne możliwości realizacji zależą przede wszystkim od systemów programowych, jakie mogą być użyte w aplikacjach tych modeli. Z tego względu potrzebny jest przegląd różnych systemów programowych pod kątem zastosowania ich dla przetwarzania informacji hydrogeologicznej. Wielka liczba tych systemów wymaga pogrupowania ich według technologii, na jakich są oparte, i wybrania w obrębie poszczególnych grup tych systemów, które są najbardziej zaawansowane i jednocześnie reprezentatywne dla grupy. Przegląd stosowanych systemów pozwala na wyodrębnienie 6 grup:

- Tradycyjne relacyjne systemy zarządzania bazami danych: Oracle 8i Spatial, Sybase, Ingres, DB2, Informix, Progress Dbase, MS SQL Serwer i wiele innych — reprezentatywny przykład to Oracle 8i Spatial (bez rozszerzeń obiektowych) — rozdz. 11.1.
- Obiektowe systemy zarządzania bazami danych: Objectivity/DB, O2, ObjectStore, POET, Versant, Ode, Ozone, Jasmine i szereg innych — reprezentatywny przykład to Jasmine — rozdz. 11.2.
- Obiektowo-relacyjne systemy zarządzania bazami danych (systemy relacyjne z rozszerzeniami obiektowymi): Informix Universal/Dynamic Server, DB2 Universal-Database, Oracle 9i Spatial i inne — reprezentatywny przykład to Oracle 9i Spatial — rozdz. 11.3.
- Wyspecjalizowane systemy dla informacji geoprzestrzennej (typu GIS): ArcGIS, Geomedia, GRASS, ER Mapper, MapInfo, SmallWorld, Gothic i inne — reprezentatywne przykłady to ArcGIS i GRASS — rozdz. 11.4.

- Systemy dla platformy przetwarzania rozproszonego: CORBA, SQL, OLE/COM, Web-Mapping, OGC-WMS, OGC-WFS i inne — reprezentatywny przykład to Orbix jako implementacja specyfikacji CORBA — rozdz. 11.5.
- Systemy wspomaganie infrastruktury geoinformacyjnej: ESRI ArcIMS, Cadcorp SIS, AED Graphics AG GeoServer, CubeServ — Cascading Web Map Server, University of Minnesota MapServer 3.5, IONIC WFS Framework Web Edition 2 i inne — reprezentatywnym przykładem w tej grupie jest opracowany w Uniwersytecie Stanu Minnesota system MapServer wersja 3.5 — rozdz. 11.6.

11.1. RELACYJNE BAZY DANYCH NA PRZYKŁADZIE ORACLE 8i SPATIAL

Bazy relacyjne były dominującą technologią w latach 90-tych. Ich początek bierze się z opracowanego na początku lat 70-tych "relacyjnego modelu bazy danych" wyrażonego w formie 12 reguł "prawdziwego systemu relacyjnego" (Subieta, 1999). W uproszczeniu model ten można widzieć jako zbiór nazwanych prostokątnych tablic (relacji) o nieograniczonej liczbie wierszy (krotek) i o określonej liczbie kolumn. Przecięcie kolumny z wierszem wyznacza określone pole — niepodzielny element danych. Wybrane kolumny mają szczególne znaczenie — służą do jednoznacznej identyfikacji krotek w tablicach i są nazywane kluczami. Dostęp do danych jest realizowany przy pomocy języka zapytań SQL (*Structured Query Language*) lub jego odmian. Jedną z tablic ma specjalne zadanie — jest ona katalogiem danych, poprzez który są realizowane operacje na danych przy użyciu języków wysokiego poziomu. Relacyjne bazy danych są wygodnym narzędziem dla danych o stosunkowo prostej budowie, czyli dających się łatwo umieścić w prostokątnej tablicy. Przykładem może być rejestr samochodów, w którym każdy egzemplarz jest opisywany przy pomocy stałej listy atrybutów i atrybuty te mają niezmienny wymiar i typ danych. Zapis danych z wierceń hydrogeologicznych charakteryzuje się dużą zmiennością elementów, zarówno pod względem ich liczby jak i ich typu. Podobne problemy występują przy zapisie danych dotyczących map. Jak wykazano w wielu publikacjach (m.in.: Woodsford, 1995; Valenta, Amirbekyan, 1997), z powyższego względu relacyjne bazy danych nie są odpowiednim narzędziem dla zastosowań geologicznych i hydrogeologicznych.

Reprezentatywnym przykładem relacyjnego modelu dla zapisu danych geoprzestrzennych jest system Oracle 8i wersja 8.1.5. System ten ma wbudowany na stałe moduł przeznaczony dla danych geoprzestrzennych Oracle 8i Spatial. Jego zaletą jest zgodność ze standardem OpenGIS, a także ze specyfikacją implementacyjną "*Simple Feature — SQL — Normalized Geometry 1.1*".

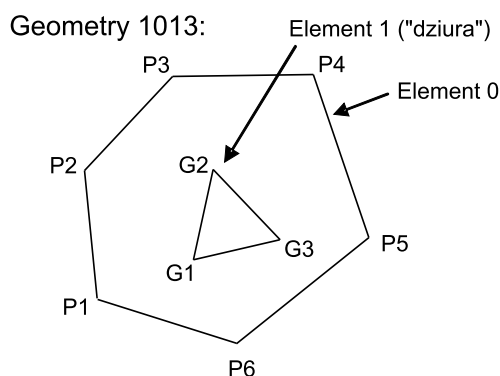


Fig. 28. Przykład złożonego poligonu zapisanego w relacyjnej bazie danych Oracle 8i Spatial; opracowane na podstawie publikacji Oracle (Hebert i in., 1999)

Example of complex polygon stored in relational database Oracle 8i Spatial; elaborated on the basis of Oracle publication (Hebert *et al.*, 1999)

Tabela 7

Zapis złożonego poligonu z figury 28 w tablicach relacyjnej bazy Oracle 8i Spatial

Encoding of complex polygon from figure 28 in tables of relational database Oracle 8i Spatial

a: <nazwawarstwy>_SDOLAYER

SDO_ORDCNT (number)
4

b: <nazwawarstwy>_SDODIM

SDO_DIMNUM (number)	SDO_LB (number)	SDO_UB (number)	SDO_TOLERANCE (number)	SDO_DIMNAME (varchar)
1	0	100	.05	X axis
2	0	100	.05	Y axis

c: <nazwawarstwy>_SDOGEOM

SDO_GID (number)	SDO_ESEQ (number)	SDO_ETYPE (number)	SDO_SEQ (number)	SDO_X1 (number)	SDO_Y1 (number)	SDO_X2 (number)	SDO_Y2 (number)
1013	0	3	0	P1(X)	P1(Y)	P2(X)	P2(Y)
1013	0	3	1	P2(X)	P2(Y)	P3(X)	P3(Y)
1013	0	3	2	P3(X)	P3(Y)	P4(X)	P4(Y)
1013	0	3	3	P4(X)	P4(Y)	P5(X)	P5(Y)
1013	0	3	4	P5(X)	P5(Y)	P6(X)	P6(Y)
1013	0	3	5	P6(X)	P6(Y)	P1(X)	P1(Y)
1013	1	3	0	G1(X)	G1(Y)	G2(X)	G2(Y)
1013	1	3	1	G2(X)	G2(Y)	G3(X)	G3(Y)
1013	1	3	2	G3(X)	G3(Y)	G1(X)	G1(Y)

Przedstawiony poniżej przykład pokazuje sposób zapisu w bazie danych dwuwymiarowego złożonego elementu (powierzchnia poligonowa z "dziurą") określonego w dwuwymiarowej przestrzeni (fig. 28) przy pomocy trzech tablic (relacji) — tabela 7: a, b i c (Hebert i in., 1999).

System Oracle 8i Spatial jest obecnie często stosowany jako podstawa baz danych geoprzestrzennych, także w geologii i hydrogeologii. Jednak fakt, że wersja 8.1.6 jest ostatnią wersją, która zawiera model relacyjny, świadczy o tym, że ta technologia w świetle nowych rozwiązań ma obecnie znaczenie jedynie historyczne. Nowsze wersje systemu Oracle Spatial posługują się jedynie modelem obiektowo-relacyjnym przedstawionym w rozdziale 11.3.

11.2. OBIEKTOWE BAZY DANYCH NA PRZYKŁADZIE JASMINE

Obiektowe bazy danych są po bazach relacyjnych kolejnym etapem rozwoju technologii dotyczących przechowywania danych i informacji. Oparte na paradygmacie obiektowości (rozdz. 3) charakteryzują się znacznie większą elastycznością w zakresie nieregularnych i złożonych modeli danych i z tego powodu są bardziej odpowiednie do zastosowania w geologii i hydrogeologii. Główne zalety baz obiektowych to:

- Przechowywanie informacji w postaci obiektów — zahermetyzowanych struktur danych wraz z przypisanymi do nich metodami (funkcjami i operatorami).
- Z powyższego powodu dane mogą mieć dowolne struktury bez potrzeby "spłaszczania" ich do prostokątnych tablic, z jakimi mamy do czynienia w bazach relacyjnych.
- W bazach obiektowych wszystkie obiekty mają niepowtarzalny identyfikator (OID – *Object Identifier*), który pozwala na określenie tego samego obiektu i wzajemne wiązanie dwóch obiektów bez odwoływania się do zawartych w nich danych.
- Obiekty zagnieżdżone są łączone poprzez identyfikator, co w porównaniu z bazami relacyjnymi zmniejsza czas dostępu do danych aż 10-krotnie, a w niektórych przypadkach nawet 100-krotnie (Valenta, Amirbekyan, 1997).
- Zniesienie niedopasowania modelu bazy do modelu języka programowania aplikacji współpracujących z bazą. Przykład zgodnego modelu bazy z modelem w języku C++ jest przedstawiony w dalszej części tego rozdziału.
- Wiele obecnych obiektowych systemów zarządzania bazami danych jest zintegrowanych z narzędziami modelowania danych opartymi na UML i językiem XML, co umożliwia płynne przejście pomiędzy tymi środowiskami technologicznymi. Przykład takiej integracji przedstawia figura 29.

Powyższe cechy baz obiektowych sprawiają, że są one znacznie bardziej odpowiednie dla zastosowania w zakresie informacji geoprzestrzennej niż bazy relacyjne. Reprezentatywnym przykładem obiektowego systemu zarządzania bazą danych jest Jasmine rozwijane wspólnie

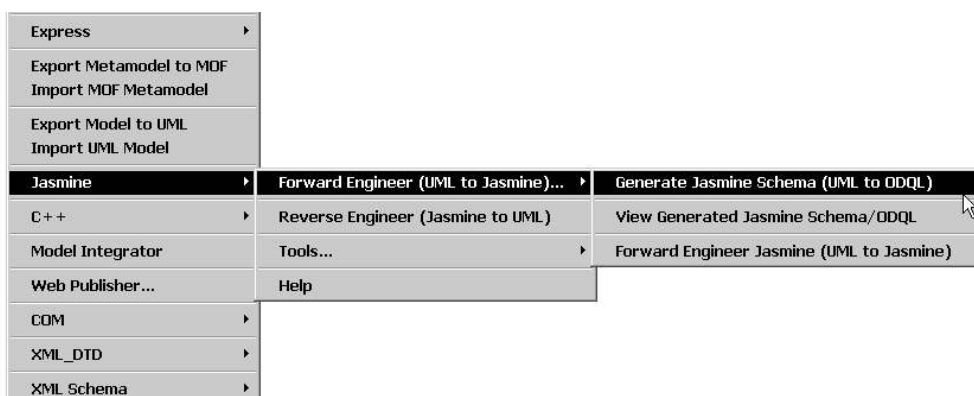


Fig. 29. Rozwinięte menu programu narzędziowego Rational Rose dla języka UML zawierającego rozszerzenie integrujące go z systemem Jasmine

Development of menu of Rational Rose software tool for UML language with extension integrating them to database system Jasmine

przez Fujitsu Ltd. (Fujitsu, 2000) i Computer Associates Inc. (CA, Fujitsu, 2001). Jest to system w pełni obiektowy z wieloma rozszerzeniami ukierunkowanymi na zastosowania multimedialne, posiada także całkowitą integrację z oprogramowaniem narzędziowym Rational Rose do budowy modeli pojęciowych w języku UML (fig. 29). Inne interesujące cechy tego systemu to:

- Możliwość przechowywania informacji zapisanej w XML, niestety tylko w oparciu o zapis definicji struktury przy pomocy DTD (*Document Type Definition*).
- Integracja z wieloma językami programowania, między innymi z C, C++ i Java. Przykład dla języka C++ jest przedstawiony w dalszej części tego rozdziału.
- Zastosowanie technologii neuronowych agentów — Neugents (*NEUral network aGENTS*) do "inteligentnego" udostępniania zawartości bazy danych. Słowo to oddzielne w tym procesie rejestruje nawigację pomiędzy obiektami bazy i zapamiętuje jej przebieg w sieci neuronowej. W oparciu o algorytmy sztucznej inteligencji Neugent "uczy się" najistotniejszych powiązań poszczególnych obiektów i następnie może te powiązania, stanowiące wiedzę związane z informacją zawartą w obiektach, wykorzystać w procesie udostępniania informacji zawartej w bazie.

W systemie Jasmine zastosowano język ODQL (*Object Definition and Query Language*) do definiowania obiektowej struktury bazy danych i do formułowania zapytań dla uzyskiwania informacji zawartych w bazie. Język ODQL jest w znacznym stopniu zgodny ze standardem języków ODL (*Object Definition Language*) i OQL (*Object Query Language*) (Cattelle i in., 2000). Integracja systemu Jasmine z oprogramowaniem Rational Rose pozwala na utworzenie obiektowej struktury bazy w języku ODQL w oparciu o model danych zapisany w UML. Przykład takiej struktury zapisanej w ODQL dla modelu danych hydrogeologicznych przedstawionego na figurze 24 (rozdz. 10.4) jest następujący:

```
/* Ponieważ język C++ akceptuje wyłącznie litery alfabetu angielskiego dla współpracy z tym
językiem polskie litery muszą być zastąpione odpowiednikami angielskimi. */
/* Forward Engineering: UML to Jasmine ODQL. */
/* NOTE: This is a generated code from Jasmine RoseLink. */
/* Do not edit this file. */
/* */
/* Note that no ODQL code will be generated for */
/* the systemCF class family (package). */
```

```
Transaction.start();

defineClass Hydrogeologia::ObiektHydrogeologiczny
{ instance:
    systemCF::String identyfikatorObiektu; };
defineClass Hydrogeologia::Lokalizacja
{ instance:
    systemCF::String identyfikatorObiektu; };
defineClass Hydrogeologia::Położenie
{ instance:
    systemCF::String identyfikatorObiektu; };
defineClass Hydrogeologia::Otoczenie
{ instance:
    systemCF::String identyfikatorObiektu;
    systemCF::Integer numerOtoczenia; };
defineClass Hydrogeologia::Stan
```

```
{ instance:
  systemCF::String identyfikatorObiektu;
  systemCF::Integer numerStanu; };
defineClass Hydrogeologia::AktywacjaUrzdzenia
{ instance:
  systemCF::String identyfikatorObiektu;
  systemCF::Integer numerAktywacji; };
defineClass Hydrogeologia::Zdarzenie
{ instance:
  systemCF::String identyfikatorObiektuZdarzenia;
  systemCF::Integer numerZdarzenia; };
defineClass Hydrogeologia::Parametr
{ instance:
  systemCF::String identyfikatorObiektuZdarzenia;
  systemCF::Integer numerZdarzenia;
  systemCF::Integer numerParametru; };
defineClass Hydrogeologia::Wynik
{ instance:
  systemCF::String identyfikatorObiektuZdarzenia;
  systemCF::Integer numerZdarzenia;
  systemCF::Integer numerParametru;
  systemCF::String identyfikatorObiektu;
  systemCF::Integer numerPróbki;
  systemCF::Integer numerWyniku; };
defineClass Hydrogeologia::PoziomOdniesienia
{ instance:
  systemCF::String identyfikatorObiektu;
  systemCF::Integer numerPoziomuOdniesienia; };
defineClass Hydrogeologia::Próbka
{ instance:
  systemCF::String identyfikatorObiektu;
  systemCF::String identyfikatorObiektuZdarzenia;
  systemCF::Integer numerZdarzenia;
  systemCF::Integer numerPróbki; };
defineClass Hydrogeologia::CechaPróbki
{ instance:
  systemCF::String identyfikatorObiektu;
  systemCF::String identyfikatorObiektuZdarzenia;
  systemCF::Integer numerZdarzenia;
  systemCF::Integer numerPróbki;
  KodSłownikowy cecha; };
defineClass Hydrogeologia::KodSłownikowy
{ instance:
  systemCF::String atrybut;
  systemCF::String kod; };
defineClass Hydrogeologia::Horyzont
{ instance:
  systemCF::String identyfikatorObiektuH;
  systemCF::Integer numerHoryzontu; };
defineClass Hydrogeologia::ElementUrzdzenia
{ instance:
  systemCF::String identyfikatorObiektuH;
```

```

        systemCF::Integer numerUrz dnia; };
defineClass Hydrogeologia::CechaElementuUrz dnia
{ instance:
    systemCF::String identyfikatorObiektuH;
    systemCF::Integer numerUrz dnia;
    KodSłownikowy cecha; };

buildClass Hydrogeologia::ObiektHydrogeologiczny;
buildClass Hydrogeologia::Lokalizacja;
buildClass Hydrogeologia::Położenie;
buildClass Hydrogeologia::Otoczenie;
buildClass Hydrogeologia::Stan;
buildClass Hydrogeologia::AktywacjaUrz dnia;
buildClass Hydrogeologia::Zdarzenie;
buildClass Hydrogeologia::Parametr;
buildClass Hydrogeologia::Wynik;
buildClass Hydrogeologia::PoziomOdniesienia;
buildClass Hydrogeologia::Próbka;
buildClass Hydrogeologia::CechaPróbki;
buildClass Hydrogeologia::KodSłownikowy;
buildClass Hydrogeologia::Horyzont;
buildClass Hydrogeologia::ElementUrz dnia;
buildClass Hydrogeologia::CechaElementuUrz dnia;

Transaction.end();

```

Ponieważ ten sam model danych hydrogeologicznych może być przeniesiony do środowiska programistycznego języka C++, można połączyć obiekty bazy danych z oprogramowaniem aplikacyjnym napisanym w tym języku przeznaczonym do współpracy z tą bazą. Przykład pliku nagłówkowego "probka.hxx" dla klasy dotyczącej próbek pobranych z obiektu hydrogeologicznego jest następujący:

```

#ifndef Próbka_h
#define Próbka_h 1
#Ponieważ język C++ akceptuje wyłącznie litery alfabetu angielskiego dla współpracy z tym
językiem polskie litery muszą być zastąpione odpowiednikami angielskimi.

#include "Hydrogeologia\PoziomOdniesienia.h"
#include "Hydrogeologia\Wynik.h"
#include "Hydrogeologia\ElementUrz dnia.h"
#include "Hydrogeologia\CechaPróbki.h"
#include "Hydrogeologia\Zdarzenie.h"
#include "Hydrogeologia\ObiektHydrogeologiczny.h"
#include "Hydrogeologia\Horyzont.h"

class Próbka
{
public:

// Constructors
    Próbka();

```

```
        Próbka(const Próbka &right);

// Destructor
    ~Próbka();

//Assignment Operation
    Próbka & operator=(const Próbka &right);

// Equality Operations
    int operator==(const Próbka &right) const;
    int operator!=(const Próbka &right) const;

// Get and Set Operations for Class Attributes
    const String get_identyfikatorObiektu () const;
    void set_identyfikatorObiektu (String value);
    const String get_identyfikatorObiektuZdarzenia () const;
    void set_identyfikatorObiektuZdarzenia (String value);
    const Integer get_numerZdarzenia () const;
    void set_numerZdarzenia (Integer value);
    const Integer get_numerPróbki () const;
    void set_numerPróbki (Integer value);

// Get and Set Operations for Associations
    const ObiektHydrogeologiczny * get_maPr () const;
    void set_maPr (ObiektHydrogeologiczny * value);
    const Zdarzenie * get_maPr () const;
    void set_maPr (Zdarzenie * value);
    const UnboundedSetByValue<Wynik> get_nale_yDoPr () const;
    void set_nale_yDoPr (UnboundedSetByValue<Wynik> value);
    const UnboundedSetByValue<CechaPróbki> get_nale_yDoPr () const;
    void set_nale_yDoPr (UnboundedSetByValue<CechaPróbki> value);
    const PoziomOdniesienia * get_maPr () const;
    void set_maPr (PoziomOdniesienia * value);
    const Horyzont * get_maPr () const;
    void set_maPr (Horyzont * value);
    const ElementUrzdzenia * get_maPr () const;
    void set_maPr (ElementUrzdzenia * value);

private:

// Data Members for Class Attributes
    String identyfikatorObiektu;
    String identyfikatorObiektuZdarzenia;
    Integer numerZdarzenia;
    Integer numerPróbki;

// Data Members for Associations
    ObiektHydrogeologiczny *maPr;
    Zdarzenie *maPr;
    UnboundedSetByValue<Wynik> nale_yDoPr;
    UnboundedSetByValue<CechaPróbki> nale_yDoPr;
    PoziomOdniesienia *maPr;
```

```

Horyzont *maPr;
ElementUr zdzenia *maPr;
};

```

Przedstawione powyżej przykłady ilustrują możliwości technologii obiektowych w zakresie baz danych i powiązanych z nimi programów aplikacyjnych zastosowanych do informacji hydrogeologicznej. W takich zastosowaniach obiektowo – w porównaniu z technologiami relacyjnymi znacznie zwiększa elastyczność systemu i jednocześnie nie zwiększa jego działania. Przykładem tego może być system Gothic (LAMP2) wersji 4.0 opracowany w brytyjskiej firmie Laser-Scan. Zastosowanie w nim zaawansowanych technologii obiektowych pozwala między innymi na dużą elastyczność tworzenia różnych modeli danych, dynamiczną integrację topologii, automatyczną generalizację przestrzenną niezależnie od roboczej skali danych i szereg innych. Ponieważ jednak bazy relacyjne są w dalszym ciągu stosowane w praktyce, producenci systemów zarządzania tymi bazami opracowali rozwiązanie pośrednie – tak zwane bazy obiektowo-relacyjne opisane poniżej.

11.3. BAZY OBIEKTOWO-RELACYJNE NA PRZYKŁADZIE ORACLE 9i SPATIAL

Bazy obiektowo-relacyjne są w pewnym sensie kompromisem między modelem relacyjnym i podejściem obiektowym. Podstawą takiego rozwiązania stanowi tradycyjna baza relacyjna, a model obiektowy tej bazy jest realizowany przy pomocy "nadbudowanego" interfejsu obiektowego. Z tego powodu rozwiązanie takie posiada wszystkie ograniczenia wynikające z przyjęcia modelu relacyjnego jako podstawy. Model obiektowy na poziomie interfejsu musi być ograniczony tylko do tych elementów, które dadzą się "przetłumaczyć" na elementy modelu relacyjnego. Właściwościami takich baz danych można przeanalizować na przykładzie reprezentatywnego dla tej grupy systemu Oracle 9i z modułem Spatial (Murray i in., 2002). Podobnie jak w przypadku starszej wersji (Oracle 8i) moduł Spatial jest wbudowany na stałe do tego systemu.

Oracle 9i Spatial jest systemem umożliwiającym operowanie na informacji geoprzestrzennej w oparciu o schemat i funkcje SQL w zakresie składowania, pobierania, poprawiania i wyszukiwania zbiorów wyróżnień geoprzestrzennych. Składa się on z czterech komponentów:

- definicji schematu (MDSYS) opisującego sposób składowania, syntaktyk i semantyk typów danych geoprzestrzennych;
- mechanizmu indeksowania geoprzestrzennego opartego na *R-tree* lub *quad-tree*;
- zbioru operatorów i funkcji dla realizacji zapytań typu: obszar zainteresowania, przestrzennego połączenia i innych operacji z zakresu analizy przestrzennej;
- narzędzi administracyjnych systemu.

Geoprzestrzenny model obiektowo-relacyjny jest oparty na pojęciu geometrii wyróżnienia, dla uproszczenia nazywanej geometrią. Model ten używa tablic z kolumną o nazwie MDSYS.-SDO_GEOMETRY i pojedynczym wierszem dla każdej encji geometrycznej. Model ten jest oparty na specyfikacji implementacyjnej OpenGIS dla SQL. Model danych definiuje 9 typów geometrii: punkt, łańcuch odcinków, wielobok, łańcuch łuków, wielobok łukowy, wielobok mieszany (odcinkowo-łukowy), łańcuch mieszany (odcinkowo-łukowy), okrąg i prostokąt. Dane geoprzestrzenne mogą być zorganizowane w hierarchiczną strukturę (od góry): warstwy geoinformacyjne, geometrie i elementy geometrii. Przykład przedstawiony na figurze 28 (rozdz. 11.1) dla bazy relacyjnej w tym przypadku zapisywany jest inaczej. Figura 30 przedstawia wielobok z "dziurą" z jednoczesnym podaniem współrzędnych punktów w złowych.

Zapis takiego poligonu (fig. 30) w tablicy SDO_GEOMETRY jest następujący:


```

SDO_GTYPE = 2003 (2 oznacza dwuwymiarowo , a 3 oznacza wielobok),
SDO_SRID = NULL,
SDO_POINT = NULL,
SDP_ELEMENT_INFO = (1,1003,1, 19,2003,1),
SDO_ORDINATES = (20,40, 100,30, 130,90, 110,130, 50,130, 20,110, 20,40, 70,50,
                 70,100, 100,100, 70,50),
SDO_GEOM.SDO_AREA - funkcja obliczania powierzchni wieloboku,
                   w tym przypadku daje wynik: 9000 -750 = 8250,
SDO_GEOM.SDO_LENGTH - funkcja obliczania obwodu (długości granicy)
                    wieloboku, w tym przypadku daje wynik: 356 + 138 = 494.

```

Polecenie w języku SQL dla wstawienia do bazy takiego wieloboku ma postać :

```

INSERT INTO obszar_zasilania VALUES(
10,
'wielobok z dziur ',
MDSYS.SDO_GEOMETRY(
2003, -- 2-wymiarowy wielobok
NULL,
NULL,
MDSYS.SDO_ELEM_INFO_ARRAY(1,1003,1, 19,2003,1), -- wielobok z dziur
MDSYS.SDO_ORDINATE_ARRAY(20,40, 100,30, 130,90, 110,130, 50,130, 20,110,
20,40, 70,50, 70,100, 100,100, 70,50) -- poszczególne pary współrzędnych oddzielone
spacjami
));

```

Główną zaletą przedstawionego tu systemu Oracle 9i Spatial jest jego zgodność z implementacyjną specyfikacją OpenGIS dla języka SQL i duże rozpowszechnienie tego systemu — duża liczba jego instalacji. Z tych powodów wiele specjalistycznych systemów geoinformacyjnych dobrze współpracuje z bazami zarządzanymi przez ten system. Główną wadą natomiast jest

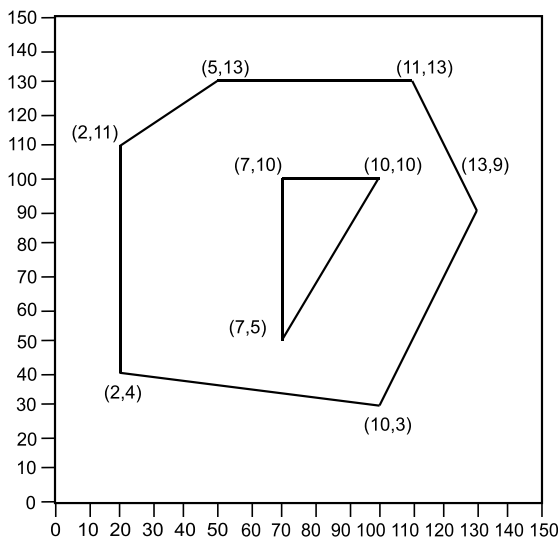


Fig. 30. Przykład złożonego wieloboku zapisanego w obiektowo-relacyjnej bazie danych Oracle 9i Spatial. Opracowane na podstawie publikacji Oracle (Murray i in., 2002)

Example of complex polygon stored in object-relational database Oracle 9i Spatial. Elaborated on the basis of Oracle publication (Murray *et al.*, 2002)

ograniczenie modelu obiektowego do tylko tych elementów, które mogłyby być przetłumaczone na model relacyjny.

11.4. PRZEGLĄD SYSTEMÓW TYPU GIS: ArcGIS I GRASS

Wielka liczba różnych systemów typu GIS sprawia, że można tu jedynie wyliczyć główne typy i w obrębie tych typów wymienić reprezentatywne rozwiązania. Podział systemów GIS może być oparty na kilku kryteriach:

- Pod względem złożoności:
 - proste – o ograniczonych możliwościach lub przeznaczone do jednego prostego zadania, np. MicroDem, TerraScan, MapPoint,
 - złożone – wielofunkcyjne o uniwersalnym zastosowaniu, np. ArcGIS, MGE, GRASS.
- Pod względem zaawansowania technologicznego:
 - tradycyjne – oparte na technologiach informatycznych lat 80-tych, np. ArcInfo, GRASS, MGE,
 - dojrzałe – oparte na nowych technologiach, np. obiektowo i rozproszenie, np. Gothic, SmallWorld,
 - najnowsze – cząsto w trakcie wstępnego rozwoju lub na etapie eksperymentów praktycznych, OpenMap, OGD.
- Pod względem otwartości:
 - zamknięte komercyjne – użytkownik może posługiwać się jedynie dostępnym dla niego interfejsem, a właściciel jest "tajemniczym" producentem, np. Geomedia, ArcInfo, MapInfo;
 - komercyjne otwarte – w przeciwieństwie do poprzednich, jest możliwość powstania innych systemów lub modułów dla rozszerzania zadań, których dany system nie obsługuje, np. ArcView, Gothic;
 - otwarte – prawie wyłącznie niekomercyjne — dla tych systemów jest dostępny kod źródłowy i pozwala to na dostosowanie ich do specyficznych zadań i rozbudowy o funkcje, których nie posiada, GRASS, OpenMap.
- Pod względem platformy sprzętowo-systemowej:
 - przeznaczone do komputerów personalnych i oparte o środowisko MS Windows, np. MGE, Geomedia, MapInfo;
 - oparte o system operacyjny Unix – serwery geoinformacyjne i stacje robocze, np. GRASS, NIMA-Muse;
 - heterogeniczne – poszczególne fragmenty systemu rozproszone mogą być oparte na różnych platformach, np. ArcGIS, Gothic.
- Pod względem typu bazy danych geoprzestrzennych:
 - własne nietypowe rozwiązanie – np. wszystkie dane zapisane w jednym pliku, cząsto w niestandardowy sposób — obecnie prawie nie stosowane;
 - Własne typowe – baza danych oparta na systemie plików systemu operacyjnego, np. GRASS;
 - mieszany typ – dane geometryczne i topologiczne są przechowywane we własnej bazie, a atrybuty nieprzestrzenne w powiązanej bazie relacyjnej — bardzo cząsto spotykane rozwiązanie, np. ArcInfo, MGE, Geomedia;
 - wszystkie dane we własnej bazie obiektowej, ale z możliwością powiązania z bazą zewnętrzną, np. Gothic;
 - wszystkie dane w powiązanej bazie relacyjnej lub obiektowo-relacyjnej, np. Ionic/TDN,

- możliwość mieszania danych z różnych źródeł, np. OGD, OpenMap.
- Pod względem stopnia rozproszenia:
 - wszystko w jednym komputerze, np. Geomedia, MapInfo;
 - w sieci lokalnej – serwer danych w jednym komputerze i powiązane z nim stacje robocze lub komputery osobiste, np. ArcGIS, Gothic;
 - pełne rozproszenie – przykładem może być NSDI (*National Spatial Data Infrastructure*), np. MapServer, ArcIMS, Ionic/TDN jako komponenty NSDI.
- Pod względem stopnia rozłożenia:
 - systemy monolityczne – niepodzielone na moduły z interfejsami, do tej grupy należą większość systemów tradycyjnych;
 - systemy modułowe – złożone z części współpracujących przy pomocy interfejsów (fig. 13, rozdz. 9.1), często w warunkach rozproszenia, np. ArcGIS, Gothic;
 - systemy komponentowe – dowolnie zestawiane ze standardowych komponentów, które mogą pochodzić od różnych producentów (fig. 31).
- Pod względem formy danych geoprzestrzennych:
 - tylko w formie wektorowej – ograniczone możliwości, np. Geomedia, ArcView (moduł podstawowy);
 - tylko w formie rastrowej lub macierzowej – ograniczone możliwości, np. ER-mapper, MicroDem, MF-Works;
 - w obu formach – pełne możliwości z funkcjami konwersji w obu kierunkach, np. ArcGIS, GRASS.

Obecnie obserwuje się tendencję do zacierania się różnic między systemami GIS wyspecjalizowanymi w kierunku informacji geoprzestrzennej a systemami ogólnoinformatycznymi. Przyczyną tego jest fakt, że ponad 80% wszelkiej informacji ma aspekt przestrzenny, a także rozwój

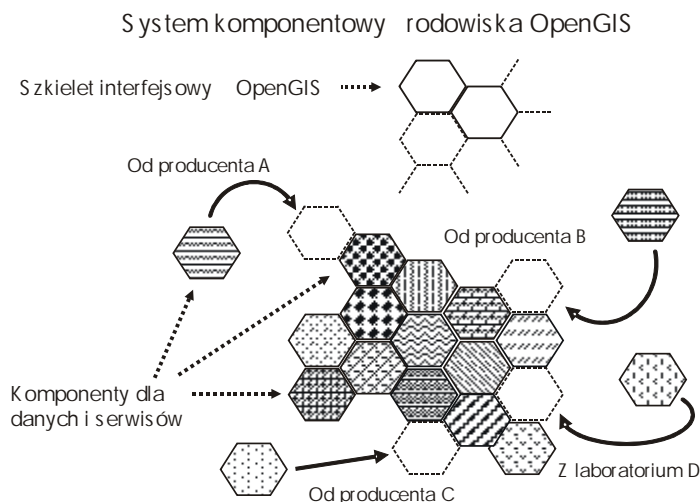


Fig. 31. Schematyczne przedstawienie technologii komponentowej w środowisku opartym na specyfikacjach OpenGIS (reprodukowano za zgodą OGC)

Schematic presentation of component technology in system environment based on OpenGIS specification
(Figure courtesy of OGC)

technologii interoperacyjnych. W rezultacie system bazy danych Oracle 9i Spatial w powiązaniu z prostą aplikacją do obróbki i analizy danych geoprzestrzennych może stanowić system geoinformacyjny (GIS).

Na dokładniejsze przedstawienie zasługują dwa systemy ArcGIS w wersji 8.1 firmy ESRI i GIS GRASS w wersji 5.0 rozwijany w środowiskach akademickich.

System ArcGIS w wcześniejszych wersjach był podzielony na oddzielne części ArcInfo — dla zadań bardziej złożonych i ArcView dla zadań prostych. Systemy te są najbardziej znane i przez to najbardziej rozpowszechnione na świecie, a jednocześnie nie są zaawansowane technologicznie, uniwersalne i złożone z wielu modułów przeznaczonych do różnych specjalistycznych zadań. Podstawowe założenia systemu ArcInfo (głównego składnika systemu ArcGIS) opracowano w latach 80-tych i początkowo językiem programowania, w którym był zapisany kod tego oprogramowania, był Fortran. Język ten jest oparty na koncepcjach informatycznych lat 70-tych i z tego względu podstawowa koncepcja systemu jest już raczej przestarzała, lecz cięgie prace nad rozbudową i unowocześnieniem tego systemu sprawiły, że odgrywa on dominującą rolę na rynku systemów GIS. Strukturę obecnej wersji systemu ArcGIS przedstawiają figury 32 i 33.

System GRASS jest systemem młodszym od ArcInfo, został opracowany dla potrzeb wojskowych w ośrodku badawczym armii amerykańskiej CERL (*Construction Engineering Research*

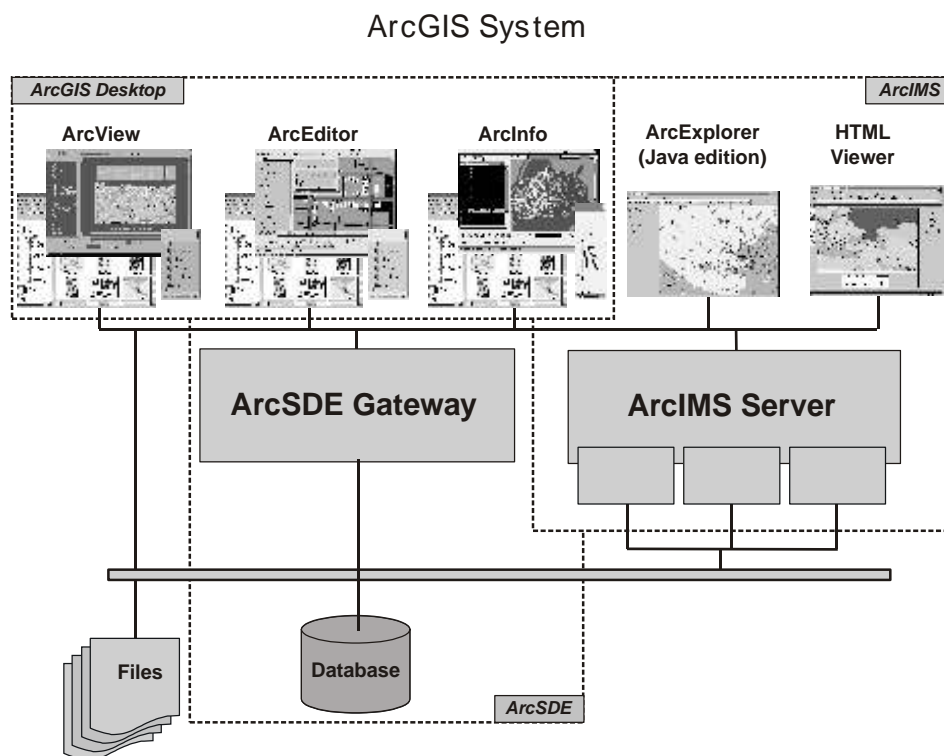


Fig. 32. Główne moduły systemu ArcGIS wersji 8.1 (reprodukowano za zgodą ESRI) (ESRI, 2001)

Main modules of ArcGIS system version 8.1 (Graphic image courtesy of ESRI) (ESRI, 2001)

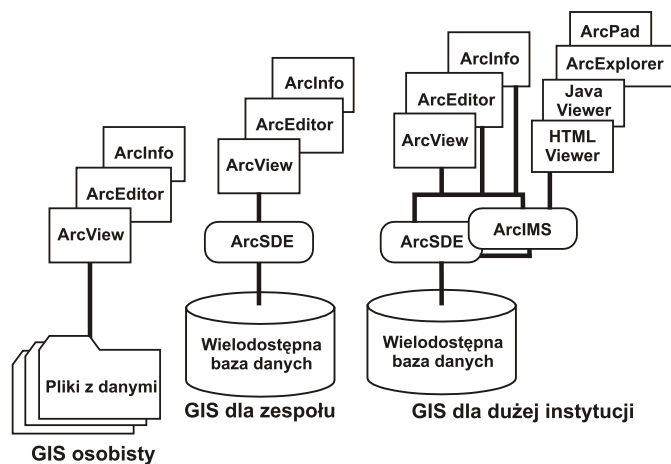


Fig. 33. Schematyczne przedstawienie skalowalności systemu ArcGIS wersji 8.1 poprzez budowanie zestawów złożonych z różnych modułów (reprodukowano za zgodę ESRI) (ESRI, 2001)

Schematic presentation of scalability of ArcGIS system version 8.1 by construction of sets composed of different modules (Graphic image courtesy of ESRI) (ESRI, 2001)

Laboratory), ponieważ inne systemy GIS w tym czasie nie spełniały wymagań stawianych systemom stosowanym w wojsku USA. Od początku był opracowywany w języku programowania C i przez to jego założenia architektoniczne są stosunkowo nowe. Od początku jego status był *public domain* (obecnie jest objęty licencją GNU) i z tego powodu ma charakter systemu otwartego, ponieważ jego kod źródłowy jest dla wszystkich dostępny. Obecnie o rozwój tego systemu i z tego powodu koordynację nad pracami prowadzonymi w środowiskach akademickich przejęły uniwersytety w Baylor i Hanowerze. Pod względem stopnia złożoności i uniwersalności dorównuje najbardziej zaawansowanym systemom komercyjnym, jednak największą jego zaletą jest dostępność kodu źródłowego. Dzięki temu poprzez modyfikowanie kodu i dopisywanie nowych procedur i modułów można go dostosować do bardzo złożonych i nietypowych zadań. Ta właściwość systemu GRASS predysponuje go do zastosowania w pracach eksperymentalnych i naukowych. Przykład zastosowania tego systemu w hydrogeologii jest przedstawiony w skrócie w rozdziale 13.8 i obszernie w publikacji monograficznej (Michalak, 1997a).

11.5. PLATFORMY PRZETWARZANIA ROZPROSZONEGO CORBA NA PRZYKŁADZIE ORBIX

Budowanie złożonych systemów geoinformacyjnych, szczególnie działających interoperacyjnie w warunkach rozproszenia wymaga zastosowania zintegrowanego zestawu narzędzi pozwalających na realizację takich systemów. Takie zestawy nazywane są platformami przetwarzania rozproszonego (DPC – *Distributed Computing Platform*) i jedną z bardziej zaawansowanych platform tego rodzaju jest CORBA (*Common Object Request Broker Architecture*) (OMG, 2002a; Henning, Vinoski, 1999; Sawerwain, 2002). Kluczowym elementem takiego systemu jest warstwa pośrednicząca nazywana brokerami danych obiektów (ORB – *Object Request Broker*) (fig. 34). Każdy niezależny podsystem, mogący znajdować się fizycznie w oddzielnym komputerze, ma dostęp do swojego brokera i do niego przekazuje swoje dane. Poszczególne współdziałające ze sobą brokery w różnych komputerach komunikują się ze sobą przy pomocy specjalnego protokołu internetowego IIOP (*Internet Inter-ORB Protocol*). Interfejsy poszczególnych komponentów (w sensie metodyki UML) i struktury obiektów są zapisy-

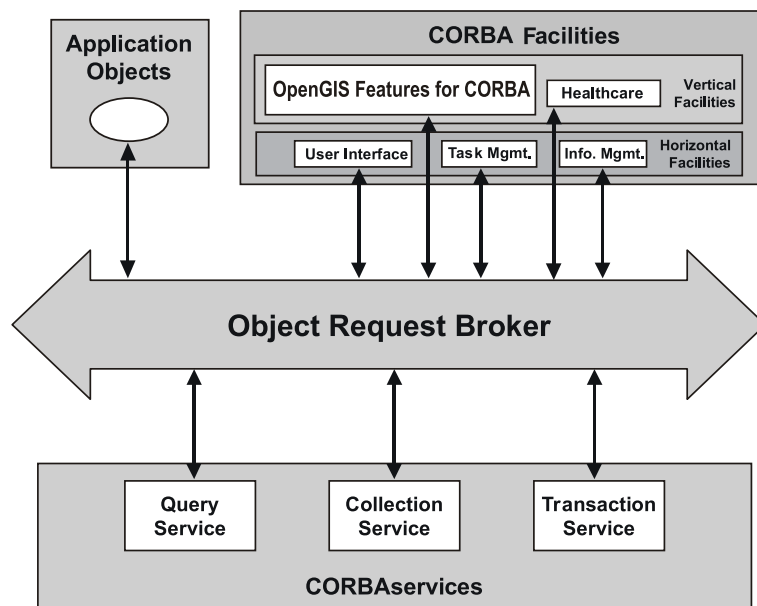


Fig. 34. Schemat struktury systemu geoinformacyjnego opartego na specyfikacji OpenGIS dla platformy CORBA (reprodukowano za zgod OGC) (Gottier i in., 1998)

Schematic structure of geoinformation system based on OpenGIS specification for CORBA platform (Figure courtesy of OGC) (Gottier *et al.*, 1998)

wane w opracowanym do tego celu języku IDL (*Interface Definition Language*). Powinno zanie platformy CORBA z językiem UML określa specyfikacja opracowana przez OMG (*Object Management Group*) (OMG, 2002b).

Zastosowanie tej platformy do zagadnień geoinformacji określa specyfikacja implementacyjna OpenGIS w zakresie prostych wyrażeni dla platformy CORBA (Gottier i in., 1998). Specyfikacja ta zawiera między innymi pełne definicje prostych wyrażeni geoprzestrzennych zapisane w tym języku. Jej fragment dotyczący najczęściej używanych struktur jest przedstawiony poniżej:

```

module OGIS {
  // (...)
  //-----
  // OpenGIS Simple Features Specification for CORBA, Revision 1.0
  // Well-known Structures
  //-----
  struct WKSPoint {
    double x;
    double y; };

  typedef sequence<WKSPoint> WKSPointSeq;
  typedef sequence<WKSPoint> WKSLineString;
  typedef sequence<WKSLineString> WKSLineStringSeq;

```

```

typedef sequence<WKSPoint> WKSLinearRing;
typedef sequence<WKSLinearRing> WKSLinearRingSeq;

struct WKSLinearPolygon {
    WKSLinearRing externalBoundary;
    WKSLinearRingSeq internalBoundaries; };

typedef sequence <WKSLinearPolygon> WKSLinearPolygonSeq;
enum WKSType {
    WKSPointType, WKSMultiPointType, WKSLineStringType, WKSMultiLineStringType,
    WKSLinearRingType, WKSLinearPolygonType, WKSMultiLinearPolygonType,
    WKSCollectionType };
union WKSGeometry // near-equivalent to the 'CoordinateGeometry of the spec'
switch (WKSType) {
    case WKSPointType:
        WKSPoint point;
    case WKSMultiPointType:
        WKSPointSeq multi_point;
    case WKSLineStringType:
        WKSLineString line_string;
    case WKSMultiLineStringType:
        WKSLineStringSeq multi_line_string;
    case WKSLinearRingType:
        WKSLinearRing linear_ring;
    case WKSLinearPolygonType:
        WKSLinearPolygon linear_polygon;
    case WKSMultiLinearPolygonType:
        WKSLinearPolygonSeq multi_linear_polygon;
    case WKSCollectionType:
        sequence<WKSGeometry> collection; };

struct Envelope {
    WKSPoint minm;
    WKSPoint maxm; };
// (...)
}; // End OGIS Module

```

Przykład zastosowania platformy CORBA do interoperacyjnej wymiany danych geologicznych przedstawia monografia Breuniga (2001). Opisany tam rozproszony system składa się z trzech podsystemów:

- **GOCAD** – klient geologiczny pozwalający na modelowanie i analizę danych geologicznych, a w tym na interpretację, analizę profili i opracowywanie przekrojów.
- **IGMAS** – klient geofizyczny o podobnych możliwościach, ale w odniesieniu do danych sejsmicznych, grawimetrycznych i magnetycznych, także na profilach otworów wiertniczych i przekrojach.
- **GeoToolKit** – biblioteka klas C++ pozwalająca na operowanie na obiektach geoprzestrzennych przechowywanych w obiektowej bazie danych — w tym przypadku zarządzanej przez ObjectStore.

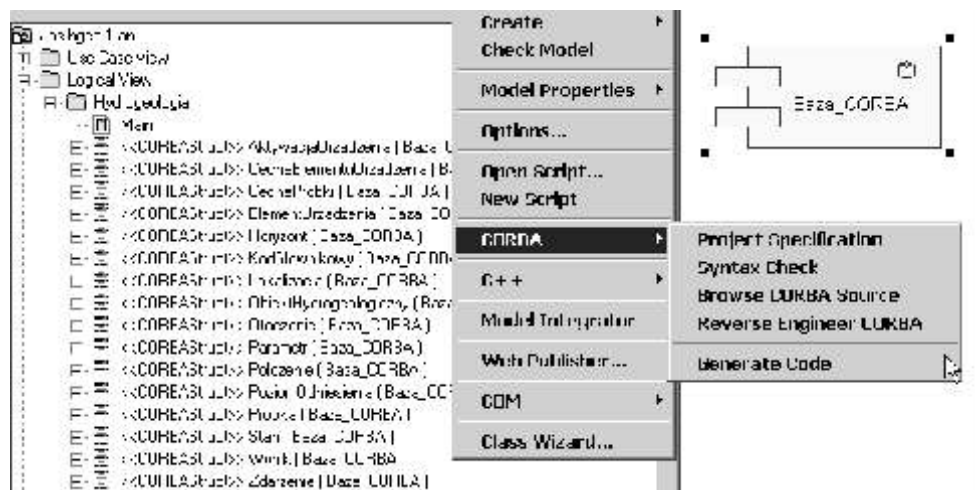


Fig. 35. Rozwinięte menu programu narzędziowego Rational Rose dla języka UML zawierające rozszerzenie integrujące go z platformą CORBA

Development of menu of Rational Rose software tool for UML language with extension integrating them to CORBA platform

Te trzy komponenty posiadające interfejsy pozwalające na komunikowanie się z brokerami (ORB) i w rezultacie na wzajemne współdziałanie przy przetwarzaniu geoinformacji tematycznie należącej do geologii i geofizyki.

W literaturze z tego zakresu nie ma publikacji dotyczących zastosowania platformy CORBA do przetwarzania geoinformacji hydrogeologicznej. Z tego względu poniżej przedstawiony jest przykład konwersji modelu z figury 24 (rozdz. 10.4). Środowisko GUI (*Graphic User Interface*) programu Rational Rose w trakcie tej konwersji jest widoczne na figurze 35 — wszystkie klasy tego modelu wyszczególnione w lewym oknie są zawarte w komponencie Baza_CORBA ze stereotypem <<Database>> przedstawionym w formie ikony po stronie prawej.

W wyniku konwersji został utworzony zapis w języku IDL definiujący wszystkie składniki modułu Baza_CORBA z ich atrybutami i występującymi nimi asocjacjami:

```
//Source file: /corba/test/include/Baza_CORBA.idl
#ifndef __BAZA_CORBA_DEFINED
#define __BAZA_CORBA_DEFINED
/* CmlIdentification %X% %Q% %Z% %W% */
/* Ponieważ język C++ akceptuje wyłącznie litery alfabetu angielskiego dla współpracy z tym
językiem polskie litery muszą być zastąpione odpowiednikami angielskimi. */

module Baza_CORBA {

typedef String;
typedef Integer;
```



```
struct KodSłownikowy {          /* skrót: KS */
    String atrybut;
    String kod; };

struct Próbką {                /* skrót: Pr */
    String identyfikatorObiektu;
    String identyfikatorObiektuZdarzenia;
    Integer numerZdarzenia;
    Integer numerPróbki;
    ObiektHydrogeologiczny OH_ma_Pr;
    Zdarzenie Z_ma_Pr;
    sequence <Wynik> W_nale_yDo_Pr;
    sequence <CechaPróbki> CPr_nale_yDo_Pr;
    PoziomOdniesienia PO_ma_Pr;
    Horyzont H_ma_Pr;
    ElementUrządzenia EU_ma_Pr; };

struct CechaPróbki {          /* skrót: CPr */
    String identyfikatorObiektu;
    String identyfikatorObiektuZdarzenia;
    Integer numerZdarzenia;
    Integer numerPróbki;
    KodSłownikowy cecha;
    Próbką Pr_ma_CPr; };

struct AktywacjaUrządzenia {  /* skrót: AU */
    Integer numerAktywacji;
    String identyfikatorObiektu;
    ObiektHydrogeologiczny OH_ma_AU; };

struct CechaElementuUrządzenia { /* skrót: CEU */
    String identyfikatorObiektu;
    Integer numerUrządzenia;
    KodSłownikowy cecha;
    ElementUrządzenia EU_ma_CEU; };

struct ElementUrządzenia {    /* skrót: EU */
    String identyfikatorObiektu;
    Integer numerUrządzenia;
    ObiektHydrogeologiczny OH_ma_EU;
    PoziomOdniesienia PO_ma_EU;
    sequence <Próbka> Pr_nale_yDo_EU;
    Horyzont H_ma_EU;
    sequence <CechaElementuUrządzenia> CEU_nale_yDo_EU;
    ElementUrządzenia EU_ma_EU; };

struct Horyzont {            /* skrót: H */
    String identyfikatorObiektu;
    Integer numerHoryzontu;
    ObiektHydrogeologiczny OH_ma_H;
```

```

    PoziomOdniesienia PO_ma_H;
    sequence <Próbka> Pr_nale yDo_H;
    sequence <ElementUrz dzenia> EU_nale yDo_H; };

struct Lokalizacja { /* skrót: L */
    String identyfikatorObiektu;
    ObiektHydrogeologiczny OH_ma_L; };

struct ObiektHydrogeologiczny { /* skrót: OH */
    String identyfikatorObiektu;
    sequence <Lokalizacja> L_nale yDo_OH;
    Położenie Po_nale yDo_OH;
    sequence <Otoczenie> O_nale yDo_OH;
    sequence <Stan> S_nale yDo_OH;
    sequence <AktywacjaUrz dzenia> AU_nale yDo_OH;
    sequence <Zdarzenie> Z_nale yDo_OH;
    sequence <Próbka> Pr_nale yDo_OH;
    sequence <PoziomOdniesienia> PO_nale yDo_OH;
    sequence <ElementUrz dzenia> EU_nale yDo_OH;
    sequence <Horyzont> H_nale yDo_OH;
    ObiektHydrogeologiczny OH_ma_OH; };

struct Otoczenie { /* skrót: O */
    String identyfikatorObiektuH;
    Integer numerOtoczenia;
    ObiektHydrogeologiczny OH_ma_O; };

struct Położenie { /* skrót: Po */
    String identyfikatorObiektu;
    ObiektHydrogeologiczny OH_ma_Po; };

struct PoziomOdniesienia { /* skrót: PO */
    String identyfikatorObiektu;
    Integer numerPoziomuOdniesienia;
    ObiektHydrogeologiczny OH_ma_PO;
    sequence <Horyzont> H_nale yDo_PO;
    sequence <ElementUrz dzenia> EU_nale yDo_PO;
    sequence <Próbka> Pr_nale yDo_PO; };

struct Stan { /* skrót: S */
    String identyfikatorObiektu;
    Integer numerStanu;
    ObiektHydrogeologiczny OH_ma_S; };

struct Parametr { /* skrót: Pa */
    String identyfikatorObiektuZdarzenia;
    Integer numerZdarzenia;
    Integer numerParametru;
    Zdarzenie Z_ma_Pa;
    sequence <Wynik> W_nale yDo_Pa; };

struct Wynik { /* skrót: W */

```

```

String identyfikatorObiektuZdarzenia;
Integer numerZdarzenia;
Integer numerParametru;
String identyfikatorObiektu;
Integer numerPróbki;
Integer numerWyniku;
Parametr Pa_ma_W;
Próbka Pr_ma_W; };

struct Zdarzenie { /* skrót: Z */
String identyfikatorObiektuZdarzenia;
Integer numerZdarzenia;
ObiektHydrogeologiczny OH_ma_Z;
sequence <Parametr> Pa_nale yDo_Z;
sequence <Próbka> Pr_nale yDo_Z; };

}; // End Baza_CORBA Module
#endif

```

Przedstawiony przykład ma znaczenie jedynie poglądowe, ponieważ konwertowany model nie zawiera wszystkich atrybutów przypisanych klasom. Na uwagę zasługuje sposób definiowania asocjacji za pomocą ról przypisanych klasom — nazwy ról są przeniesione z modelu UML i zawierają człon "_ma_" lub "_nale yDo_".

11.6. ARCHITEKTURA INFRASTRUKTURY GEOINFORMACYJNEJ W HYDROGEOLOGII

Według definicji infrastruktura geoinformacyjna to całościowy kształt środków służących do racjonalnego gospodarowania geoinformacją oraz zmierzających do efektywnego jej stosowania dla zrównoważonego rozwoju w skali kraju, jego części lub w skali międzynarodowej, również globalnej (Gardzicki, 2001).

Infrastruktura geoinformacyjna to przeciwieństwo izolowanych systemów monolitycznych GIS, czyli kolejny etap rozwoju w zakresie przetwarzania i przesyłania geoinformacji. Z punktu widzenia informatyki infrastruktura geoinformacyjna to heterogeniczny system rozproszony w zakresie specyficznego rodzaju informacji, jakim jest geoinformacja. Infrastruktura ta nie może być zrealizowana bez standardów dotyczących modeli danych geoprzestrzennych i modeli interoperacyjności. Infrastruktura geoinformacyjna ma kilka poziomów: globalny (GSDI – *Global Spatial Data Infrastructure*), ponadnarodowy — na przykład europejski (ESDI), narodowy (NSDI) i regionalny.

Trzech komisarzy Unii Europejskiej (do spraw środowiska, statystyki i badań naukowych) w roku 2001 ustanowiło inicjatywę INSPIRE (*IN*frastruktura *f*or *S*patial *I*nfoRmation *i*n *E*urope). Zadaniem tej inicjatywy jest stworzenie podstaw prawnych, organizacyjnych i technologicznych dla realizacji ESDI (Michalak, 2003b; 2003d) i wsparcia dla prac nad NSDI w poszczególnych krajach członkowskich i kandydujących.

Architektura i standardy infrastruktury proponowane w dokumentach inicjatywy INSPIRE są oparte na standardach opracowywanych w ISO/TC 211 i na specyfikacjach OGC (INSPIRE, 2002a). Obok podziału dotyczącego zasięgu (GSDI, ESDI i NSDI) infrastruktura dzieli się na aspekty tematyczne. Wyodrębnia się tu podstawowy zestaw informacji geoprzestrzennych w przybliżeniu odpowiadający mapom topograficznym i zestaw informacji związane z różnymi

dziedzinami działalności praktycznej i badawczej. W tym układzie geoinformacja w geologii i hydrogeologii jest jednym ze składników infrastruktury. Ponieważ koniecznym warunkiem poprawnego funkcjonowania infrastruktury jest zgodność jej komponentów na poziomie interfejsów, można uzyskać jedynie na drodze standaryzacji, standardy przyjęte w geologii i hydrogeologii powinny być zgodne ze standardami w innych dziedzinach objętych tą infrastrukturą (z wyjątkiem aspektu tematycznego). Z tego wynika wniosek, że rozwój zainicjowanych architektonicznych systemów interoperacyjnych w zakresie hydrogeologii powinny uwzględniać założenia dotyczące architektury i standardów przyjęte w inicjatywie INSPIRE.

Inną ważną inicjatywą Unii Europejskiej w tym zakresie to Ramowa Dyrektywa Wodna – WFD (*Water Framework Directive*) (EP, 2000). W ramach prac nad wprowadzeniem tej dyrektywy w życie Grupa Robocza zajmująca się zagadnieniami GIS (*Working Group GIS*) opracowała dokument określający zasady projektowania systemów geoinformacyjnych dotyczących wód powierzchniowych i podziemnych (Vogf, 2002). Dokument ten odwołuje się do ustaleń przyjętych w inicjatywie INSPIRE i w rezultacie proponuje oparcie założeń architektonicznych systemów geoinformacyjnych dotyczących wód na standardach ISO i specyfikacjach OGC. Propozycje te są bardziej szczegółowo przedstawione w rozdziale 15.

Praktycznym przykładem standardowych rozwiązań wspomagających infrastrukturę geoinformacyjną jest kaskadowy system opracowywany w Uniwersytecie Minnesota w ramach projektu ForNet i ściśle rozwijany przez środowiska uniwersyteckie na warunkach OpenSource. System ten o nazwie MapServer oparty na modelu "klient-serwer" spełnia wymagania standardu określonego przez specyfikacje implementacyjne WMS 1.1.0 (*Web Map Service Interfaces*) OpenGIS (UMN, 2002). Jest to oprogramowanie bezpłatne, funkcjonujące z powodzeniem w wielu różnych zastosowaniach z zakresu różnych dziedzin. Ponieważ specyfikacja OpenGIS, na której jest to oprogramowanie obecnie oparte, jest przedmiotem projektu standardu ISO 19128, rozwój zainicjowanych infrastruktury wykorzystujących MapServer są zgodne z międzynarodowymi standardami w tym zakresie.

12. STRUKTURALNY ZAPIS DANYCH HYDROGEOLOGICZNYCH Z ZASTOSOWANIEM JĘZYKA XML

Język XML (*eXtensible Markup Language*) jest znacznikowym językiem dla strukturalnego zapisu informacji (Bray i in., 1998) — ściśle mówiąc jest metajęzykiem pozwalającym na definiowanie języków specjalistycznych dla różnych obszarów tematycznych. Definicje poszczególnych języków mogą być zapisywane na dwa sposoby:

- starszy sposób posługuje się specjalnym językiem definiowania dokumentów (DTD – *Document Type Definition*);
- nowszy sposób (XML Schema) polega na definiowaniu języków podrzecznych przy pomocy samego języka XML — reguły syntaktyczne i semantyczne są takie same w definicji języka podrzeczno i w zapisach tworzonych w języku podrzeczonym opartym na tej definicji.

Chociaż koncepcja języka XML jest stosunkowo nowa — XML w wersji 1.0 został przyjęty w roku 1998 — to pierwszy projekt języka znacznikowego GML (*Generalized Markup Language*, prekursora XML) powstał w roku 1969. Ogniwem poprzednim jest opracowany w roku 1989 i ściśle jeszcze używany język SGML (*Standard Generalized Markup Language*). Obecnie liczba języków podrzecznych — aplikacji języka XML jest bardzo duża i trudna do określenia — każda

może na własny użytek opracować aplikację XML. Jednak problem polega na tym, aby takie opracowanie uzyskało ogólną akceptację środowiska zajmującego się informacją z danej dziedziny — aby to było rozwiązanie standardowe, jak w przypadku języka dla geoinformacji — GML (*Geography Markup Language*), który jest obiektywnym projektem standardu ISO.

Człowiek może się spotkać z opinią, że język XML jest rozszerzeniem języka HTML i z tego względu jest ograniczony do internetu rozumianego jako WWW. Język XML jest metajęzykiem, a HTML jest aplikacją (językiem podrzędnym) metajęzyka SGML. Odpowiednią nowszą aplikacją języka XML przeznaczoną do redagowania stron WWW jest XHTML. Obie te aplikacje (HTML i XHTML) dotyczą struktury redakcyjnej informacji umieszczanej na stronach WWW, czyli podziału tekstu na elementy strukturalne dotyczące formy: tytuł, podtytuł, paragraf, wyczerpanie, definicja, blok tekstu sformatowanego i inne. Pozwala na określenie rozmieszczenia ilustracji i elementów graficznych, a także wielkości i kroju liter, ich koloru i tym podobnych. Według specyfikacji HTML 4.01 (W3C, 1999) atrybuty tekstu mogą być określone przy pomocy trzech sposobów:

- w linii (*inline*) — przy pomocy atrybutu "style", np.:

```
<P style="font-size: 12pt; font-variant: small-caps; color: fuchsia">To jest paragraf</P>
```

- w nagłówku dokumentu, np.:

```
<HEAD>
<STYLE type="text/css">
  P {font-size: 12pt; font-variant: small-caps; color: fuchsia}
</STYLE>
</HEAD>
```

- lub w oddzielnym pliku, tak zwanym arkuszu stylów (*style sheet*). Ten sposób pozwala na zmianę wyglądu strony bez modyfikowania dokumentu HTML, na przykład w celu dostosowania wielkości liter do rozdzielczości monitora.

W przeciwieństwie do HTML, w większym stopniu zastosowany język XML i jego aplikacje dotyczą struktury informacji pod względem jej treści, czyli aspektu semantycznego tej informacji. Zapis taki może służyć do jej przetwarzania, przechowywania (XML-owe bazy danych), przesyłania (przy pomocy internetu, lecz niekoniecznie WWW) i zobrazowywania — w tym przypadku stosuje się konwersję zapisów strukturalnych pod względem treści do strukturalnej formy — do HTML, XHTML lub SVG.

12.1. XML JAKO UNIWERSALNY JĘZYK ZAPISU INFORMACJI

Uniwersalność języka XML może na wykazać na przykładach jego zastosowania. Poniżej lista kilkunastu zastosowań XML jest jedynie małym wycinkiem nieograniczonego obszaru zagadnienia, w których ten język jest z powodzeniem stosowany:

- SVG – *Scalable Vector Graphics* – do zapisu dwuwymiarowych obrazów wektorowych i mieszanych (wektorowo-rastrowych).
- MathML – *Mathematical Markup Language* – zapis struktury i treści informacji matematycznej (wzorów, równań, definicji i innych).
- VoiceXML – *Voice Extensible Markup Language* – do zapisu mowy syntetycznej.

- NVML – *NaVigation Markup Language* – zapis informacji nawigacyjnych zwi zanych z urz dzeniami PDA (*Personal Digital Assistants*) wyposa onymi w GPS (*Global Positioning System*), a tak e z urz dzeniami nawigacji samochodowej.
- AIML – *Astronomical Instrument Markup Language* – wersja j zyka *Instrument Markup Language* (IML) do zapisu informacji zwi zanych ze sterowaniem instrumentami astronomicznymi.
- AML – *Astronomical Markup Language* – zapis metadanych w astronomii.
- BSML – *Bioinformatic Sequence Markup Language* – do zapisu informacji genetycznej w bazach danych.
- CIDX – *Chemical Industry Data Exchange* – zapis informacji o zwi zkach chemicznych.
- CML – *Chemical Markup Language* – do zapisu ogólnych danych chemicznych.
- X3D – *eXtensible 3D* – otwarty standard zapisu wirtualnej rzeczywisto ci, nast pca *Virtual Reality Modeling Language* (VRML).
- GDML – *Geometry Description Markup Language* – przeznaczony do geometrycznego zapisu zło onych systemów przestrzennych.
- GEML – *Gene Expression Markup Language* – zapis danych genetycznych dotycz cych DNA.
- MCF – *Meta Content Framework* – do zapisu metadanych o organizacji zbiorów i informacji sieciowej.
- MDL – *Molecular Dynamics Language* – opis atomów i innych cz stek w zbiorach danych dotycz cych symulacji chemicznych.
- MusicXML – notacja muzyczna z zastosowaniem XML.
- NewsML – zapis wiadomo ci oparty o standard zaproponowany przez *International Press Telecommunications Council*.
- OMF – *Weather Observation Definition Format* – zapis danych pochodz cych z obserwacji meteorologicznych.
- PetroXML – dla danych dotycz cych pól naftowych i gazowych.
- UBL – *Universal Business Language* – powi zanie wielu standardów dotycz cych informacji biznesowej.

Przyczyn jego uniwersalno ci jest mi dzy innymi jego elastyczno wynikaj ca z prostoty reguł konstruowania zło onych struktur z prostych fragmentów. Składnia (syntaktyka) tego j zyka zawiera miedzy innymi nast puj ce poj cia: element, argument elementu, zawarto elementu, elementy proste i zło one, typ elementu, ograniczenia elementów i ich argumentów i przestrzenie nazw. Przestrzenie nazw s zwi zane z semantyk dziedzin zastosowa i pozwalaj na bezkonfliktowe u ywanie tych samych nazw pochodz cych z ró nych dziedzin w obr bie jednego zapisu XML. Na przykład nazwa "profil" w przestrzeni "hydrogeologia" jest semantycznie czym innym ni w przestrzeni "stratygrafia". W zapisie (dokumencie) XML przestrze nazw jest podawana przed nazw i jest oddzielona od niej dwukropkiem — "hydrogeologia:profil" lub "stratygrafia:profil". Dla skrócenia zapisu przestrze nazw jest najcz ciej okre lana przy pomocy skrótu lub akronimu, np.: "hgeol" lub "strat".

Istotny wpływ na uniwersalno j zyka XML maj tak e jego rozszerzenia:

- XSLT (*eXtensible Style Language — Transformation*) – rozszerzalny j zyk stylów b d cy cz ci XSL. Druga cz XSL to XSL-FO (*Formatting Objects*) – obiekty formatuj ce. Rozszerzenie to pozwala na konwersj zapisów XML opartych na jednych specyfikacjach do zapisów opartych na innych specyfikacjach — miedzy innymi dla zobrazowania informacji (np. do XHTML lub do SVG).

- Z XSL związane s rozszerzenia **XPath** i **CSS**. XPath pozwala na zapis wzorców i wyrażenie potrzebnych do transformacji zapisu, a CSS (*Cascading Style Sheets*) – kaskadowe arkusze stylów powiązane z dokumentem XSLT pozwalają jeden dokument XML przekształcić na wiele różnych dokumentów HTML stosując różne sposoby formatowania (Kazienko, Gwiazda, 2002). Schemat takiej operacji przedstawia figura 36.
- **XLink** – opisuje ogólny model wiązania dokumentów, bez określania konkretnych elementów odpowiedzialnych za to wiązanie. Funkcje elementu `link` czy `role` wypełnia, każdy dowolny element dokumentu. Ważne są ci elementu `link` czy `role` s lokalizatory:
 - **URI#id** – pobierany jest cały dokument (zapis), a następnie w jego obrębie jest znajdowana członek okrełona przez identyfikator lub
 - **URI|id** – decyduje o sposobie wiązania podejmuje program aplikacyjny.

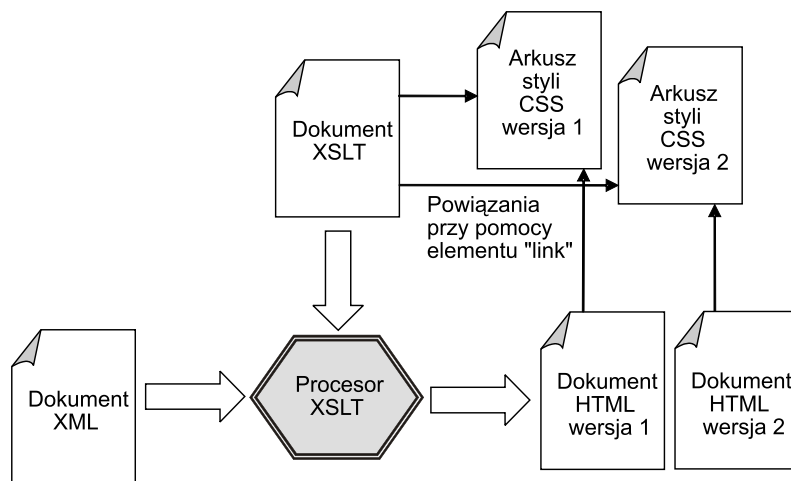


Fig. 36. Generowanie różnych dokumentów HTML na podstawie jednego dokumentu XML z zastosowaniem różnych arkuszy styli

Generating different HTML documents on the basis of the one XML document by application of different style sheets

- **XPointer** – jest rozszerzeniem XLink i pozwala na precyzyjne i zarazem elastyczne odwoływanie się do elementów zapisu XML – szczególnie w przypadku, gdy dokument ma złożoną hierarchiczną strukturę, a wskazywany element może w niej występować wiele razy i w różnych miejscach (na różnych poziomach hierarchii).

12.2. URI — UNIWERSALNY IDENTYFIKATOR ZASOBÓW

Pomimo, że XML nie jest ograniczony do internetu i WWW, to jednak rola WWW jako uniwersalnej przestrzeni informacyjnej jest tu niewątpliwa. Z tego powodu WWW jest ściśle związana ze strukturalnym zapisem informacji opartym na XML i rozszerza zastosowanie tego języka do interoperacyjnego wyszukiwania i uzyskiwania informacji w całej tej przestrzeni, złożonej z olbrzymiej ilości rozproszonych baz danych. W tych zastosowaniach języka XML po-

Ważnym problemem stanowi jednoznaczne identyfikowanie rozszanych po wielu miejscach obiektów informacyjnych nazywanych tu dokumentami. W ogólnym ujęciu obiektami informacyjnymi mogą być bardzo różne rzeczy, na przykład dzieło sztuki, poemat, wyniki pomiarów lub równania matematyczne. Różnorodność stosowanych protokołów sieciowych sprawia, że sposób dostępu do takiego obiektu może być bardzo różny i w konsekwencji jednoznaczność odwołania się do obiektu informacyjnego, na przykład poprzez URL (*Universal Resource Locator*) nie jest w pełni zagwarantowana. Z tego względu wprowadzono pojęcie uniwersalnego identyfikatora zasobów – URI (*Universal Resource Identifier*), którego zadaniem jest określenie jakiegoś dowolnego obiektu informacyjnego z zachowaniem następujących warunków:

- identyfikator musi określać obiekt informacyjny jednoznacznie, czyli bez względu na różnice techniczne lub informatyczne, w każdej sytuacji ma wskazywać na jeden i tylko jeden taki obiekt;
- identyfikator musi mieć zakres globalny, czyli nie może mieć znaczenia to, gdzie obiekt się znajduje;
- identyfikator musi być trwały, czyli nie może być w innym czasie przypisany do innego obiektu ani określony obiekt nie może zmienić swojego identyfikatora;
- identyfikator musi być dostatecznie precyzyjny bez względu na charakter informacji, jaką określa. Na przykład może wskazywać jedno zdanie w jakimś dokumencie tekstowym, pojedynczy dźwięk w zapisie multimedialnym lub jeden punktowy element mapy cyfrowej.

Forma zapisu URI jest podobna do formy URL, ale ze względu na uniwersalność i zakres posiada wiele nowych elementów. Przykładami URI są:

- <http://netgis.geo.uw.edu.pl/seminarium/referat1.html#wnioski> – fragment dokumentu tekstowego;
- [phone://48/22/55/40/001](tel://48225540001) – numer telefonu, którego zapis tradycyjny ma postać (+48 22) 55-40-001;
- [mapid://maps.geo.uw.edu.pl/mapa_geol_1;lat=53.46;lon=20.81;scale=50000](http://maps.geo.uw.edu.pl/mapa_geol_1;lat=53.46;lon=20.81;scale=50000) – wskazanie określonego miejsca na określonej mapie.

Wprowadzenie URI do powszechnego użytku to jeszcze daleka przyszłość, ale w wielu projektach z zakresu zastosowań XML jest to istotny element pozwalający na uporządkowanie powiązań pomiędzy wieloma rozproszonymi repozytoriami dokumentów XML. Przykładem zastosowania URI w przedstawianych tu zagadnieniach może być baza definicji systemów bezpośredniego odniesienia geoprzestrzennego prowadzona przez EPSG (*European Petroleum Survey Group*) i zawierająca szczegółowe informacje o ponad 4 tys. SRS z całego świata. Każde wyróżnienie przestrzenne posiada współrzędne określające jego położenie wyrażone w jakimś układzie odniesienia. Aby dane te mogły być poprawnie zinterpretowane jest potrzebne określenie tego układu i najodpowiedniejszym sposobem jest w tym przypadku użycie URI (przykład oparty na specyfikacji języka XMML – Cox, 2001a):

```
<xmml:DrillholeCollection gml:fid="Collection1">
  <gml:name>Drillhole_Collection_nr_1</gml:name>
  <gml:boundedBy>
    <!-- Linia poniżej wskazuje przy pomocy URI na układ odniesienia zdefiniowany
    w bazie EPSG pod numerem 4328 - pod tym numerem znajduje się układ WGS
    84 stosowany w systemach GPS-->
    <gml:box gml:srsName="http://www.opengis.net/gml/srs/epsg.xml#4328">
      <gml:coord>
        <gml:X>53.34</gml:X>
        <gml:Y>20.71</gml:Y>
```


ENTITY, ID, IDREF, *QName*, *binary*, *decimal*, *float*, *uriReference*, *timeDuration* i *recurringDuration*. Na ich podstawie definiowane są własne typy proste, jeżeli jest taka potrzeba.

- Wszystkie elementy, jakie mogą wystąpić w określonym miejscu zapisu z zastosowaniem aplikacji XML, i ograniczenia dotyczące tych elementów są zdefiniowane w zapisie (dokumencie) zdefiniowanym przez XML Schema. W starszych aplikacjach posługiwano się inną specyfikacją — XML DTD (*Document Type Definition*). Przykład prostego schematu:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<xs:schema
  xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
  elementFormDefault="qualified" attributeFormDefault="unqualified">
  <xs:element name="EraGeologiczna">
    <xs:annotation>
      <xs:documentation>Prosty przykład schematu</xs:documentation>
    </xs:annotation>
    <xs:complexType>
      <xs:sequence>
        <xs:element name="Nazwa"/>
        <xs:element name="Początek"/>
        <xs:element name="Koniec"/>
      </xs:sequence>
    </xs:complexType>
  </xs:element>
</xs:schema>
```

i odpowiadającego mu zapisu:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<EraGeologiczna
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xsi:geol="http://netgis.geo.uw.edu.pl/geol/era.xsd">
  <Nazwa>Paleozoic</Nazwa>
  <Początek>545 Ma</Początek>
  <Koniec>251.4 Ma</Koniec>
</EraGeologiczna>
```

- Przedstawione w rozdziale 12.1 przestrzenie nazw pozwalają na strukturalną organizację wielu schematów ze sobą powiązanych lub od siebie zależnych. Jest to konieczne w przypadkach, gdy jeden zapis opiera się na wielu schematach, na przykład GML3 zawiera 27 schematów posługujących się czterema przestrzeniami nazw.
- Różne języki podrzędne (aplikacje XML) mogą być ze sobą mieszane lub jeden język może być rozwinięciem innego — wykorzystują schematy drugiego języka. Jednak takie rozwiązanie wymaga przestrzegania reguł opracowanych standardowych — podziału kompetencji i kompletności w zakresie własnego obszaru tematycznego.

Szczegółowy opis syntaktyki i semantyki języka XML, a także reguł i metod opracowywania schematów i aplikacji jest przedmiotem wielu publikacji (Mercer, 2001; Skonnard, Gudgin, 2001; Stanek, 2001).

XML jako język uniwersalny może być użyty do zapisu modeli danych. W pewnym sensie dokument specyfikujący schemat w XML Schema jest zapisem modelu danych, jakie mogą być umieszczone w zapisie aplikacji opartej na tym schemacie. Przykładem jest konwersja modelu zapisanego w UML do schematu zapisanego w XML Schema lub w DTD (Skogan, 1999). Jednak

zadaniem języka XML Schema jest jedynie definiowanie struktury innych dokumentów XML. Do pełnego zapisu modeli pojęciowych służy aplikacja XML — język XMI (*XML Metadata Interchange*) (OMG, 2002c). Definicja tego języka zawiera wszystkie elementy języka UML i z tego względu jest możliwa pełna i odwracalna konwersja pomiędzy UML i XMI. W tym przypadku znaczenie terminu metadata jest inne, niż w ogólnym jego rozumieniu — informacje zawarte w modelu pojęciowym określonych danych tak są danymi o tych danych, czyli metadanymi.

Zastosowanie praktyczne języka XML jest uwarunkowane od możliwości systemów geoinformacyjnych w zakresie generowania dokumentów w tym języku, interpretowania tych dokumentów i przetwarzania ich na inne schematy XML lub inne języki i formaty, na przykład HTML lub PDF (*Portable Document Format*). Obecnie jest rozwijanych wiele systemów, modułów i interfejsów przeznaczonych dla języka XML i związane z nimi standardy, przykładami mogą być: SAX (*Simple API for XML*), DOM (*Document Object Model*), SOAP (*Simple Object Access Protocol*) oraz XML-RPC (*XML- Remote Procedure Calls*) (Arciniegas, 2002). Odrębnym zagadnieniem są bazy danych oparte na języku XML i wiązanie tradycyjnych baz (np. Oracle) z procesorami języka XML (Graves, 2002), lecz zagadnienia te wykraczają poza zakres poruszanych tu problemów.

12.4. ZASTOSOWANIE XML W GEOLOGII I DZIEDZINACH ZWIĄZANYCH Z GEOLOGIĄ

Podobnie jak w innych dziedzinach XML znalazł zastosowania w geologii i zagadnieniach związanych z geologią. Obecnie jest realizowanych kilka projektów dotyczących zastosowania XML w problematyce związanej z geologią:

- GML3 (*Geography Markup Language, Version 3.00*) – język do zapisu aspektu geometrycznego i topologicznego geoinformacji w układzie czasowo-przestrzennym 4D (Cox i in., 2002). Jest to najobszerniejsze i najbardziej zaawansowane technologicznie opracowanie, a jednocześnie nie stanowi fundament dla innych opracowań w tym zakresie. GML jest rozwijany w OGC od roku 1999 (Lake, 1999; Michalak, 2000b) i obecna wersja 3.00 jest oparta głównie o standardy ISO 19100 i jest jednocześnie pierwszym zaawansowanym zastosowaniem tych standardów. Czterowymiarowo przestrzenna tego języka szczególnie predysponuje go do zastosowań geologicznych i w tym kierunku są już prowadzone prace w innych ośrodkach. Kilka rozwiazań zawartych w specyfikacji tego języka i wywodzących się ze standardów ISO 19100 może być bezpośrednio wykorzystane w geologii, na przykład:
 - elementy `gml:TimeOrdinalReferenceSystem` i `gml:TimeOrdinalEra` są dedykowane zastosowaniom geologicznym do opisu porządkowego systemu odniesienia czasowego opartego na tabeli stratygraficznej; fragment przykładu zawartego w specyfikacji GML3 (Cox i in., 2002) ilustruje praktyczne zastosowanie tych elementów:

```
<gml:member>
  <!-- element definiujący składnik układu porządkowego czasu geologicznego -->
  <gml:TimeOrdinalEra gml:id="Paleocene">
    <!-- typ i identyfikator tego składnika -->
    <gml:name>Paleocene Epoch</gml:name>
    <!-- nazwa składnika -->
    <gml:begin>
      <!-- element definiujący początek składnika -->
      <gml:TimeInstant gml:id="basePaleocene">
        <!-- typ i identyfikator punktu początkowego -->
        <gml:timePosition frame="#geologyMa">65.0</gml:timePosition>
        <!-- położenie punktu początkowego w czasie określone przy pomocy układu opartego na współrzędnych czasowych -->
      </gml:TimeInstant>
    </gml:begin>
  </gml:TimeOrdinalEra>
</gml:member>
```

```

</gml:TimeInstant>          <!-- znacznik koŃcowy okreŃlenia punktu poczatkowego -->
</gml:begin>                <!-- znacznik koŃcowy elementu definiujacego poczatek składnika -->
<gml:end xlink:href="#baseEocene"/><!-- okreŃlenie koŃca składnika przez odwołanie do identyfikatora punktu poczatkowego innego składnika (następuje cego po nim) -->
</gml:TimeOrdinalEra>      <!-- znacznik koŃcowy elementu TimeOrdinalEra -->
</gml:member>              <!-- znacznik koŃcowy elementu member -->

```

- elementy związane z dynamicznymi wyróżnieniami (gml:DynamicFeature, gml:history i gml:track) mogą być zastosowane do opisu zmian czasoprzestrzennych dotyczących procesów geologicznych, jak na przykład transgresje lub orogenezy;
- schematy definiujące elementy związane z pomiarami i obserwacjami (measures.xsd, units.xsd i observation.xsd) mogą być zastosowane do opisu tych zdarzeń i czynności w odniesieniu do badań geologicznych;
- schemat definiujący pokrycia siatkowe (macierzowe) może być użyty do opisu powierzchni geologicznych, na przykład stropu warstwy lub uskoku.
- **XMML** (*eXploration and Mining industry Markup Language*) – projekt oparty na GML i realizowany przez zespół *3D Visualization and Geological Modeling* w ramach projektu *Exploration and Mining* należącego do australijskiego CSIRO (*Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization*). Projekt ten ma za zadanie opracowanie standardu i z tego względu był wcześniej przedstawiony w rozdziale 10.4. W ramach tego projektu (Cox, 2001a) jest opracowywany szereg schematów dla zastosowań geologicznych. Bardziej szczegółowy opis tego projektu i opracowanych schematów zawiera rozdział 10.4.
- **Kanadyjskie ośrodki badawcze** podległe GSC (*Geological Survey of Canada*) przy współpracy z Galdos Systems Inc. realizują 3 projekty mające na celu opracowanie schematów XML stanowiących rozszerzenia GML3 dla zastosowań w naukach o Ziemi:
 - **MO** (*Mineral Occurrence Application Schema*) – projekt dotyczy jednolitego zapisu danych z kilku baz dotyczących występowania minerałów na obszarze Kanady (Wilson, 2002a);
 - **GR** (*Geochemical Reconnaissance Schema*) – rozszerzenie schematu GML3 dla zastosowań geochemicznych (Wilson, 2002b);
 - **Grid eXchange Format (GXF)** – adaptacja dla danych siatkowych (macierzowych) dotyczących pomiarów aeromagnetycznych i radiometrycznych. Projekt obejmuje także dwustronną konwersję między GXF i GML3 (Wilson, 2002b).
- **POSC** (*Petrotechnical Open Software Corporation*) jako niekomercyjna międzynarodowa organizacja realizuje szereg projektów związanych z zapisem danych przy pomocy XML dotyczących wierceń poszukiwawczych i eksploatacyjnych ropy i gazu (POSC, 2001). Do najbardziej związanych z geologią należą projekty:
 - **WellLogML** – zapis danych dotyczących badań karotażowych przy poszukiwaniach ropy i gazu;
 - **LogGraphicsML** – zapis graficzny badań karotażowych;
 - **WellPlotML** – zapis danych dotyczących zobrazowania zapisu graficznego badań karotażowych;
 - **WellSchematicML** – zapis schematu konstrukcyjnego otworu wiertniczego, a w tym głowicy zarurowania i filtru;
 - **GeophysicsML** – zapis wszelkich danych dotyczących pomiarów geofizycznych i obiektów związanych z tymi pomiarami;

- eosML – zapis danych związanych z modelami opartymi na równaniu stanu (*EOS – Equation Of State*) opisującymi warunki przepływu cieczy w układach wielofazowych dla potrzeb eksploatacji ropy i gazu.
- NORTON – w projekcie tym opisanym w rozdziale 10.4 planuje się zastosować XML dla zapisu strukturalnej informacji zawartych w cyfrowych mapach geologicznych. Prawdopodobnie rozwinięcie tego zagadnienia będzie oparte na języku GML.
- SGeoML (*Structural Geology Markup Language*) – projekt realizowany na Wydz. Geologii Uniwersytetu Stanu Georgia. Dotyczy on modelu danych dla zapisu semantyki i powiązań elementów potrzebnych w definiowaniu struktur geologicznych z zastosowaniem XML (Babaie H. A., Babaie A., 2002).
- Model metadanych ANZLIC (*Australia New Zealand Land Information Council*) uwzględnia zapis metadanych o wierceniach geologicznych i innych obiektach dostarczających dane z zakresu nauk o Ziemi.

Tabela 8

Przykładowy zestaw danych dotyczących stacjonarnych obserwacji zwierciadła wody w piezometrze

Exemplary data set relating to stationary observations of groundwater table in piezometer

Ogólne metadane o piezometrze:				Metadane o pomiarach:			
Nazwa piezometru: Wola-24 Identyfikator: W24 Miejscowość: Warszawa Rz. dna terenu: 112.56 m Rz. dna kryzy: 113.04 m Współrzędne geograficzne: Szerokość: 53.46721° Długość: 20.73928°				Układ odniesienia: początek układu: kryza kierunek: gł. boko Termin pierwszego pomiaru: Data: 25.11.2002 Godzina: 12.00.00 Czasotliwość: 24 h Liczba pomiarów: 16 Jednostka: m			
Wyniki pomiarów:							
3.12	3.25	3.31	3.48	3.42	3.37	3.24	3.18
3.07	3.01	2.89	2.82	2.69	2.74	2.86	2.95

12.5. PRZYKŁADY ZASTOSOWANIA XML W HYDROGEOLOGII

Dostępna literatura z zakresu zastosowania języka XML w naukach o Ziemi nie zawiera publikacji na temat zastosowania tego języka w hydrogeologii. Z tego względu tu przedstawimy przynajmniej uproszczone przykłady zapisu danych hydrogeologicznych z zastosowaniem schematu XML. Pierwszy przykład dotyczy zapisu stacjonarnych obserwacji zwierciadła wody w piezometrze. Tabela 8 przedstawia przykładowy zestaw danych.

Przykładowy zapis danych przedstawionych w tabeli 8 przy pomocy języka XML jest następujący:

```
<hgeol:pomiaryZwierciadla>
  <hgeol:informacjeOgólneOPiezometrze>
    <hgeol:nazwa>Wola-24</hgeol:nazwa>
```

```

<hgeol:identyfikator>W24</hgeol:identyfikator>
<hgeol:miescowo >Warszawa</hgeol:miescowo >
<geod:rz dnaTerenu geod:srs="pl-vert" gml:id="powierzchnia">112.56
</geod:rz dnaTerenu>
<geod:rz dnaKryzy geod:srs="pl-vert" gml:id="kryza">113.04
</geod:rz dnaKryzy>
<geod:wspólrz dneGeograficzne geod:srs="WGS84" gml:uom="stopnie">
  <geod:szeroko >53.46721</geod:szeroko >
  <geod:długo >20.73928</geod:długo >
</geod:wspólrz dneGeograficzne >
</hgeol:informacjeOgólneOPiezometrze>
<hgeol:informacjeOPomiarach>
  <hgeol:układOdniesienia>
    <hgeol:pocz tekUkładu xlink:href="#kryza"/>
    <hgeol:kierunekUkładu>gł boko </hgeol:kierunekUkładu>
  </hgeol:układOdniesienia>
  <hgeol:metadaneCyklu>
    <hgeol:terminPierwszegoPomiaru>
      <gml:date>25.11.2002</gml:date>
      <gml:time gml:timezone="Poland">12.00.00</gml:time>
    </hgeol:terminPierwszegoPomiaru>
    <hgeol:cz stotliwo Pomiarów gml:uom="h">24
    </hgeol:cz stotliwo Pomiarów>
  </hgeol:metadaneCyklu>
<hgeol:ci gPomiarówZwierciadła gml:uom="m" hgeol:liczbaPomiarów="16"
hgeol:separator=",">

```

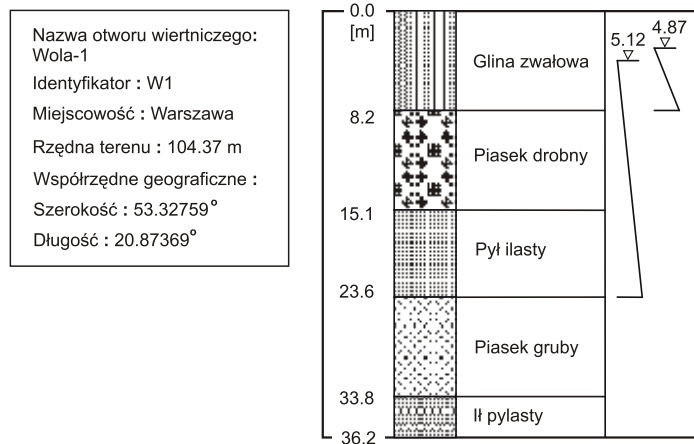


Fig. 37. Przykład określenia położenia zwierciadeł wody na profilu hydrogeologicznym

Example of groundwater table location specification in hydrogeological drillhole log

```

3.12,3.25,3.31,3.48,3.42,3.37,3.24,3.18,3.07,3.01,2.89,2.82,2.69,2.74,2.86,2.95
</hgeol:ci gPomiarówZwierciadła>
</hgeol:pomiaryZwierciadła>

```

Drugi przykład przedstawia zapis poziomów wodnych w profilu otworu hydrogeologicznego. Informacje dotyczące profilu hydrogeologicznego przedstawione na figurze 37 mogą być zapisane z zastosowaniem języka XML na wiele sposobów w zależności od przyjętego schematu (XML Schema). Jeden z możliwych zapisów jest przedstawiony poniżej:

```

<hgeol:opisWiercenia>
  <hgeol:informacjeOgólneWiercenia>
    <hgeol:nazwa>Wola-1</hgeol:nazwa>
    <hgeol:identyfikator>W1</hgeol:identyfikator>
    <hgeol:miescowo >Warszawa</hgeol:miescowo >
    <geod:rz dnaTerenu geod:srs="pl-vert" gml:id="powierzchnia">104.37
    </geod:rz dnaTerenu>
    <geod:wspólrz dneGeograficzne geod:srs="WGS84" gml:uom="stopnie">
      <geod:szeroko >53.32759</geod:szeroko >
      <geod:długo >20.87369</geod:długo >
    </geod:wspólrz dneGeograficzne >
  </hgeol:informacjeOgólneWiercenia>
  <hgeol:profilWiercenia gml:uom="m" hgeol:odniesienie="#powierzchnia" hgeol:kierunek="-">
    <hgeol:warstwa>
      <hgeol:strop>0.0</hgeol:strop>
      <hgeol:sp g gml:id="sp g1">8.2</hgeol:sp g>
      <hgeol:litologia>Gлина zwałowa</hgeol:litologia>
    </hgeol:warstwa>
    <hgeol:warstwa>
      <hgeol:strop xlink:href="#sp g1"/>
      <hgeol:sp g gml:id="sp g2">15.1</hgeol:sp g>
      <hgeol:litologia>Piasek drobny</hgeol:litologia>
      <hgeol:zwierciadło>4.87</hgeol:zwierciadło>
    </hgeol:warstwa>
    <hgeol:warstwa>
      <hgeol:strop xlink:href="#sp g2"/>
      <hgeol:sp g gml:id="sp g3">23.6</hgeol:sp g>
      <hgeol:litologia>Pył ilasty</hgeol:litologia>
    </hgeol:warstwa>
    <hgeol:warstwa>
      <hgeol:strop xlink:href="#sp g3"/>
      <hgeol:sp g gml:id="sp g4">33.8</hgeol:sp g>
      <hgeol:litologia>Piasek gruby</hgeol:litologia>
      <hgeol:zwierciadło>5.12</hgeol:zwierciadło>
    </hgeol:warstwa>
    <hgeol:opisWiercenia>
    <hgeol:warstwa>
      <hgeol:strop xlink:href="#sp g4"/>
      <hgeol:sp g>36.2</hgeol:sp g>
      <hgeol:litologia>Ił pylasty</hgeol:litologia>
    </hgeol:warstwa>
  </hgeol:profilWiercenia>
</hgeol:opisWiercenia>

```

W obu powyższych przykładach użyto trzech przestrzeni nazw: gml – dla definicji elementów przestrzennych w oparciu o schematy języka GML3, geod – dla opisu danych geodezyjnych i przestrzeni hgeol – dla zapisu informacji hydrogeologicznych. Określenie położenia stropu warstwy w opisie profilu jest realizowane przez odwołanie do spgu warstwy leżącej powyżej:

<hgeol:strop xlink:href="#sp_g4"/>. Podobnie jest rozwinięte określenie początku układu odniesienia dla pomiarów w przykładzie pierwszym: <hgeol:poczekUkładu xlink:href="#kryza"/>.

Powyższe przykłady mają charakter jedynie poglądowy, ponieważ nie ma zdefiniowanych schematów dotyczących przestrzeni nazw geod i hgeol, a zatem odwołania do nazw z tych przestrzeni są nierozwiązywalne i w rezultacie nie można na sprawdzić poprawności zapisów XML w tych przykładach.

13. PODSTAWOWE MODELE POJĘCIOWE DANYCH HYDROGEOLOGICZNYCH

Literatura dotycząca sposobów zapisu informacji hydrogeologicznej dostarcza wielu przykładów złożonych struktur danych. Jednak struktury te są najczęściej dostosowane do zapisu danych w bazach relacyjnych lub są jedynie papierowymi formularzami opracowanymi w tradycyjnej formie odpowiedniej dla rodzaju informacji. Przykładem może być przedstawiony w rozdziale 10.4 standard australijski (Rice, 1999). Obecnie stosowane nowe technologie informatyczne wymagają innego podejścia do zagadnienia strukturalnego układu informacji — opartego na ramowych (podstawowych) modelach pojęciowych pozwalających na rozwijanie różnych schematów w zależności od przyjętych w implementacjach technologii informatycznych. Z tego względu zagadnienie modeli podstawowych dla różnych typów informacji hydrogeologicznej jest szczególnie istotne i powinno być punktem wyjścia w pracach nad praktycznymi zastosowaniami nowych technologii zapisu, składowania i przesyłania tej informacji.

13.1. MODELE OGÓLNE I WŁASNE

Rola standardów w zakresie podstawowych modeli informacji jest już powszechnie uznana, szczególnie w odniesieniu do standardów międzynarodowych — nie ma powodów, aby w poszczególnych krajach były opracowywane standardy dotyczące określonej dziedziny, jeżeli struktura i semantyka informacji z zakresu tej dziedziny w innych krajach jest w zasadzie taka sama. Występuje w różnych krajach różnica dotycząca informacji hydrogeologicznej wynikają głównie z różnic językowych i często także prawnych, lecz nie wpływa to znacząco na możliwość przyjęcia modeli pojęciowych proponowanych przez standardy międzynarodowe. Podstawowa reguła standaryzacji mówi, że jeżeli istnieje standard specyfikujący pewien zakres zagadnienia w jakiej dziedzinie, to nie powinno się specyfikować tego w ramach innego nowego standardu, lecz przyjąć go na zasadzie odwołania się do niego lub na zasadzie włączenia go jako części do drugiego nowego standardu.

Z powyższego powodu podstawowe modele pojęciowe w hydrogeologii mogą i powinny w możliwie jak najszerszym zakresie odwoływać się do modeli bardziej ogólnych, a jedynie z zakresu zagadnień nierozwiązanych w innych modelach trzeba budować modele własne. Wiele przykładów modeli ogólnych, które mogą być zastosowane w hydrogeologii przedstawiały wcześniejsze rozdziały. Na pierwszym miejscu można i należy uwzględnić standardy grupy ISO 19100, następnie odpowiadające im specyfikacje OpenGIS i w dalszej kolejności planowane opracowania europejskiej inicjatywy INSPIRE i dyrektywy WFD.

W kolejnych częściach tego rozdziału przedstawione są krótkie charakterystyki poszczególnych typów informacji hydrogeologicznej pod kątem zastosowania w nich modeli podstawowych opartych na metodyce UML i technologii języka XML jako najbardziej reprezentatywnych dla obecnych tendencji rozwojowych w informatyce.

W Polsce od szeregu lat w Państwowym Instytucie Geologicznym prowadzone są prace nad elektronicznym zapisem informacji hydrogeologicznej i geologicznej. W ramach tych prac opracowano szereg koncepcji dotyczących modeli pojęciowych dla tej informacji. Najważniejsze projekty w tym zakresie to:

- Bank HYDRO – baza danych hydrogeologicznych zawierająca dane dokumentacyjne o odwiertach, ujęciach i ródłach wód podziemnych zwykłych (pitnych), mineralnych i termalnych Polski. Zakres zgromadzonych danych zawiera informacje podstawowe o lokalizacji obiektu hydrogeologicznego, dane hydrogeologiczne – pomiarowe i obliczeniowe, podstawowe dane wiertnicze, litostratygraficzne i dane fizyko-chemiczne próbek wód podziemnych (Mikuszewska, Skrzypczyk, 1995; Skrzypczyk, 1997; Sadurski, 2002).
- CBDG (Centralna Baza Danych Geologicznych) – składa się z kilku podsystemów: dokumenty, otwory, analizy, złoża, geofizyka wiertnicza i podsystem przestrzenny. Oparta jest na modelu relacyjnym i jest zarządzana przez system Oracle 8 (Mardal, 1999; Mardal, Sadurski, Przeniosło, 2002).
- Mapy w wersji cyfrowej:
 - Szczegółowa mapa geologiczna Polski, 1:50 000 – opracowywana w środowisku systemu ArcInfo (Gogołek, Marks, 2000; Marks, 2002);
 - Mapa hydrogeologiczna Polski, 1:50 000 – opracowywana w środowisku oprogramowania firmy Intergraph (Paczyński, Płochniewski, Sadurski, 1997; Fert, Jakubiec, Piłat, 1997; Nowicki, Sadurski, 1997; Witkowska, Słowska, 1997; Piłat, 1997; Fert, 1998; MO ZNiL, PIG, 1999a; MO ZNiL, PIG, 1999b; Herbich, Paczyński, Płochniewski, 2000; Sadurski, 2002);
 - Mapa georodowiskowa Polski, 1:50 000 – również opracowywana w środowisku oprogramowania firmy Intergraph (Irmiski, 2002).
- SOH (System Obserwacji Hydrogeologicznych) – zawiera archiwum pomiarów dotyczących: głębokości do zwierciadła wody; składu chemicznego; warunków meteorologicznych: temperatura powietrza, ciśnienie barometryczne, prędkość wiatru, kierunek wiatru, nasłonecznienie, wilgotność powietrza, opad atmosferyczny, kondensacja pary wodnej, strefy aeracji: wilgotność, temperatura i przewodność (Kazimierski, Przytuła, 1997; Kazimierski, 2000; Sadurski, 2002).

Publikowana literatura na temat powyższych projektów obejmuje jednak tylko ogólne informacje o zawartości repozytoriów, zasadach korzystania ze zgromadzonej tam informacji i o rodzajach technicznych w nich zastosowanych. Z tego powodu nie można porównać tych rozwiązań pod względem ich modeli pojęciowych z innymi systemami geoinformacyjnymi.

W dalszych częściach tego rozdziału przedstawiona jest analiza możliwości zastosowania nowych technologii w zakresie opracowywania własnych hydrogeologicznych (i geologicznych) modeli pojęciowych z uwzględnieniem możliwości ich technicznej realizacji.

13.2. TEKST STRUKTURALNY

Wszelkie opracowania hydrogeologiczne zawierają części podstawowe, jak jest opis tekstowy. Obecnie opis tekstowy jest tworzony prawie wyłącznie przy pomocy procesora tekstu, na

przykład edytora MS Word. Pomimo wielu zalet tego edytora (tak samo jest z innymi edytorami) uzyskiwany rezultat jest najczęściej tekstem niestrukturalnym pod względem treści. Główną zaletą tekstu opracowanego w ten sposób jest jego sformatowanie, czyli wyróżnienie przy pomocy wielkości i kroju czcionki różnych fragmentów tekstu, jednak sposoby formatowania w poszczególnych edytorach są różne, a przez to nie są standardowe. Tekst sformatowany w sposób standardowy to mierzony innymi zapisem w języku HTML — jest to zapis strukturalny, lecz również jedynie pod względem formy. HTML jest uniwersalnym językiem dla publikowania informacji za pośrednictwem WWW. HTML używa znaczników do określenia struktury tekstu w formie nagłówków, paragrafów, list, powiśla i innych elementów formy (W3C, 1999), podobnie jak to robi edytor tekstu, na przykład MS Word.

Tekst strukturalny pod względem treści z zastosowaniem schematu XML pozwala na przetwarzanie tego tekstu w systemach geoinformacyjnych, na przykład nawigacji pomiędzy poszczególnymi fragmentami i pozycjami takiego tekstu (i związanych z nim innych zapisach w XML) przy pomocy powiśla realizowanych w oparciu o standardową specyfikację XLink. W ten sposób można zrealizować integrację tekstu z innymi składnikami opracowania hydrogeologicznego.

Reguły organizacji tekstu z zastosowaniem XML Schema dla potrzeb hydrogeologicznych nie różni się od reguł dotyczących innych tekstów, jedynym wyjątkiem mogą stanowić specyficzne elementy dotyczące powiśla używanych tylko w tej dziedzinie, na przykład element `<hgeol:zwierciadło>` z przykładu przedstawionego w rozdziale 12.5.

Formatowanie tekstu w oparciu o strukturę zawartości nie stanowi istotnego problemu — standardowe specyfikacje XSL, XPath i CSS (przedstawione w rozdz. 12.1) pozwalają na różnorodne formatowanie tekstu w oparciu o jego strukturę. Przykładem języka przeznaczonego do strukturalnego zapisu tekstu z zastosowaniem XML jest system DocBook oparty na DTD (Walsh, Muellner, 1999).

13.3. KARTA OTWORU HYDROGEOLOGICZNEGO JAKO PRZYKŁAD FORMULARZA

Karta hydrogeologicznego otworu wiertniczego jest typowym przykładem tradycyjnego zapisu informacji w sposób strukturalny. Bez większego trudu można dla takiego formularza opracować schemat XML pozwalający na zapis odpowiedni dla przetwarzania. W tym przypadku jednak istotą problemu leży w braku uznanego standardu dla takiego formularza i w konsekwencji dla schematu opracowanego na podstawie tego formularza. Ponieważ struktura zapisywanej informacji jest specyficzna dla hydrogeologii (inne dyscypliny nie posługują się tymi formularzami), standaryzacja tej struktury należy do zagadnień, które mogą i powinny być rozwinięte w ramach samej hydrogeologii. Inne dziedziny mogą jedynie dostarczyć przykładów jak ten problem można rozwiązać.

Informacje uzyskane z otworów wiertniczych (w tym także hydrogeologicznych) zawarte w formularzach są przenoszone do baz danych i są tam zapisywane przy użyciu bardzo różnych modeli danych. Modele te są oparte na rozwiązaniach niestandardowych, ponieważ obecnie takich standardów jeszcze nie ma. Z tego względu prace prowadzone w australijskim CSIRO w oparciu o standardy ISO 19100 i specyfikację GML3 są bardzo potrzebne — pozwolą one na stworzenie ogólnogeologicznego standardu w zakresie modeli powiązanych informacji dotyczących otworów geologicznych. Taki standard będzie mógł stanowić podstawę dla modeli powiązanych dotyczących otworów hydrogeologicznych.

Karta kodowa bazy danych HYDRO (Mikuszewska, Skrzypczyk, 1995) jest przykładem zbioru formularzy służących do zapisania danych zorganizowanych w złożoną strukturę danych. Poszczególne formularze mogą występować dla jednego otworu w kilku egzemplarzach, na przy-

kład wyniki analiz wody mogą dotyczyć różnych odcinków zafiltrowania lub różnych terminów pobrania próby wody z jednego odcinka zafiltrowania. Pomimo poszczególnymi formularzami nie ma powiązań w sensie asocjacji języka UML. Powiązania pomiędzy formularzami mogą być ustalone jedynie przy pomocy niektórych atrybutów (pozycji w formularzu), na przykład numer odcinka filtrowanego. Niektóre dane są podawane dwukrotnie w różnych formach, co może być źródłem niejednoznaczności, a nawet błędów. Dane dotyczące głębokości nie mają określonego punktu odniesienia, można się jedynie domyślić, a tym punktem jest rzędna terenu, ale nie jest to punkt stabilizowany — przy pomiarach wykonywanych w innym terminie wyniki mogą być nieporównywalne. Kierunek osi pionowej przy określaniu wysokości położenia lub głębokości jest w różnych przypadkach różny — być może jest to wygodne do czytania, lecz w przypadku przetwarzania komputerowego przyczynia się do zawikłania algorytmu i może być źródłem błędów.

Pomimo drobnych mankamentów struktura tego modelu może być punktem wyjścia dla opracowania obiektowego modelu pojęciowego. W takim przypadku wszystkie elementy geoprzestrzenne — geometryczne i topologiczne, a także związane z układami odniesienia i odwzorowania (równie pionowego i czasowego) i jednostkami miar mogą i powinny być oparte na standardach międzynarodowych (ISO 19100 i GML3).

13.4. ZDJĘCIA FOTOGRAFICZNE JAKO WYRÓŻNIENIE PUNKTOWE

Typowym przykładem niecisłości w zapisie danych geoprzestrzennych jest przypisywanie zdjęć fotograficznych do obiektu lub wyróżnienia fotografowanego. O ile w zastosowaniach niegeoprzestrzennych takie podejście ma sens i jest uzasadnione, to jednak w sensie geomatyki zdjęć fotograficznych jest związane z punktem, w którym było wykonane i z atrybutami geometrycznymi i technicznymi urządzenia, przy którego pomocy je wykonano. W takim przypadku powiązanie zdjęć z obiektem, które przedstawia jest sprawą wtórną. Zdjęcie, poprzez jego interpretację, może dostarczyć informacji o obiekcie fotografowanym, lecz sposób tej interpretacji zależy od wielu czynników niepowiązanych bezpośrednio ze zdjęciem. Przy pomocy samego zdjęcia nie można określić wielkości obiektu. Zagadnienie to staje się bardziej wyraźne w przypadku serii zdjęć, na przykład lotniczych, gdy mają służyć analizie fotogrametrycznej. Z tego względu modele pojęciowe dotyczące zdjęć fotograficznych, a także szerokiej gamie podobnych rodzajów technicznych, w tym także działających w pułapie satelitarnym, traktuj je jako wyróżnienia punktowe o współrzędnych odpowiadających położeniu urządzenia technicznego w chwili rejestracji. Modele pojęciowe dla opisu zdjęć jako wyróżnienia punktowe są dostatecznie dokładnie zdefiniowane w standardach ISO 19100 i z tego powodu modele własne hydrogeologii mogą dotyczyć jedynie interpretacji ich treści.

13.5. OBSERWACJA I POMIAR HYDROGEOLOGICZNY

Hydrogeologia, podobnie jak cała geologia, ma znacznie utrudniony dostęp do zjawisk, które są przedmiotem jej badań, ponieważ w większości przypadków znajdują się one głęboko pod powierzchnią ziemi. Z tego powodu obserwacje i pomiary hydrogeologiczne wymagają często kosztownych urządzeń i prac. W konsekwencji zdobywana ta droga informacja hydrogeologiczna jest punktowa, nie tylko przestrzennie, ale także w ujęciu czasowym. Ciągłe, przestrzennie lub czasowo rozłożone obserwacje i pomiary hydrogeologiczne należą do rzadkości. Przykładami mogą być :

- obserwacje powierzchniowych przejawów wód podziemnych,
- obserwacje stacjonarne w otworach badawczych i piezometrach,
- badania geofizyczne wykonywane dla celów hydrogeologicznych.

Punktowy charakter obserwacji i pomiarów pociągają za sobą przyjęcie modelu pojęciowego opartego o wyróżnienie 0D (punkt) w przestrzeni o wymiarowość od 1D do 4D, zależnie od przyjętego układu odniesienia.

Ogólny model pojęciowy oparty na specyfikacji OpenGIS traktuje obserwacje i pomiary (Cox, 2002) jako szczególny przypadek wyróżnienia geoprzestrzennego posiadającego atrybut "wynik=wartość" (*resultOf=Value*). "Wartość" jest tu typem abstrakcyjnym, który w przypadku implementacji zostaje zamieniony na jakiś odpowiedni typ konkretny — zależny od zastosowanego przyrządu lub sensora, na przykład na ilość lub na przypisany klasyfikatora. W modelu tym pojęciowa różnicami między pomiarem a obserwacją polega na tym, że pomiar jest dokonywany pojedynczym urządzeniem i wynik jest ilościowy, a obserwacja jest procedurą mającą na celu ustalenie pewnych wartości, niekoniecznie ilościowych. Pomiar może być składnikiem obserwacji.

W hydrogeologii model ten może być przyjęty w całości bez potrzeby dostosowywania go do specyfiki tej dyscypliny, to również odnosi się do innych dyscyplin geologicznych. Na uwagę zasługuje także fakt, że model ten jest oparty na standardach grupy ISO 19100.

13.6. MAPA HYDROGEOLOGICZNA

Kartografia hydrogeologiczna należy do najbardziej złożonych zagadnień z zakresu zastosowania geomatyki w hydrogeologii. Przyczyną tego jest — z jednej strony — powiązanie z kartografią geologiczną, a z drugiej — konieczność przedstawiania na mapach przestrzennych rozkładów pól fizycznych dotyczących wody podziemnej. W pierwszym przypadku wymaga to operowania wyróżnieniami geoprzestrzennymi (0D – punkt, 1D – linia, 2D – obszar) o dokładnie określonym położeniu, przebiegu lub granicach. Dla zapisu takich wyróżnień najbardziej odpowiednią formą jest zapis wektorowy. W drugim przypadku, dla pól fizycznych najbardziej odpowiednią formą są pokrycia zachowujące się jak funkcje z parametrami określającymi położenie wybranego punktu i zwracające wartości liczbowe opisywanej wielkości fizycznej. Spośród wielu typów pokryć zdefiniowanych w standardach ISO 19121, 19123, 19124 i 19129 do takich celów najbardziej odpowiednimi są pokrycia siatkowe, nazywane również macierzowymi (*matrix coverage*), z regularnym siatką podziału na komórki, zgodnym z przyjętym systemem odniesienia lub odwzorowania.

Reprezentacja komputerowa mapy hydrogeologicznej różni się znacznie od jej tradycyjnego odpowiednika. Z tego powodu jej treść i sposób przedstawienia mogą i powinny być zupełnie inne niż w mapach tradycyjnych. Daje to możliwość posługiwania się takimi formami, jakich nie ma w mapach papierowych i możliwość mieszania tych form w zależności od wymagań opisywanej treści. Zastosowanie języka GML3 do kodowania map hydrogeologicznych może pozwolić na zapis zawartych w tych mapach informacji w sposób zgodny ze standardami ISO. Przykłady praktycznego zastosowania tego języka do zapisu map topograficznych wykazują, że dostosowanie go do treści hydrogeologicznej sprowadza się jedynie do opracowania schematu XML zawierającego rozszerzenia o atrybuty tematyczne — w tym przypadku dotyczyłoby to informacji zawartych w zbiorczej legendzie tych map. Jednak sam zapis mapy w języku XML nie jest wystarczający, aby mapa taka stała się praktycznie użyteczna — potrzebne są jeszcze programy aplikacyjne pozwalające na wizualizację jej treści, selekcję zawartych w niej informacji i dalsze ich przetwarzanie. Przykładem takiego rozwinięcia jest projekt brytyjskiego Ordnance Survey o nazwie Master Map (OS, 2002).

Fragment zapisu mapy oparty na schematach OS rozszerzających zastosowanie GML:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<osgb:FeatureCollection xmlns:osgb="http://www.ordnancesurvey.co.uk/xml/namespaces/osgb"
xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml" xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2000/10/XMLSchema-instance" xsi:schemaLocation="http://www.ordnancesurvey.co.uk/xml/namespaces/osgb http://www.ordnancesurvey.co.uk/xml/schema/OSDNFFeatures.xsd" fid="GDS2231">
  <gml:description>
    Ordnance Survey, (c) Crown Copyright. All rights reserved, 2001-12-10</gml:description>
  <gml:boundedBy>
    <gml:null>unknown</gml:null>
  </gml:boundedBy>
  <osgb:queryTime>2001-12-10T07:22:45</osgb:queryTime>
  <osgb:queryExtent>
    <gml:Polygon srsName="osgb:BNG">
      <gml:outerBoundaryIs>
        <gml:LinearRing>
          <gml:coordinates>277971.000,185990.000 280016.000,185990.000
            280028.000,188025.000 277964.000,188035.000
            277971.000,185990.000</gml:coordinates>
        </gml:LinearRing>
      </gml:outerBoundaryIs>
    </gml:Polygon>
  </osgb:queryExtent>
<!-- (...) -->
</osgb:FeatureCollection >
```

Fragment schematu (XML Schema) dla prostych elementów mapy rozszerzających zastosowanie GML:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<schema targetNamespace="http://www.ordnancesurvey.co.uk/xml/namespaces/osgb"
xmlns:osgb="http://www.ordnancesurvey.co.uk/xml/namespaces/osgb"
xmlns="http://www.w3.org/2001/XMLSchema" elementFormDefault="qualified" attributeFormDefault="unqualified" version="1.1">
  <annotation>
    <appinfo>OSSimpleTypes.xsd 1.1 2001/11</appinfo>
    <documentation xml:lang="en">Ordnance Survey, (c) Crown Copyright.
      All Rights Reserved November 2001.</documentation>
    <documentation xml:lang="en">See http://www.ordnancesurvey.co.uk/xml/schema for
      guidelines and related information</documentation>
    <documentation xml:lang="en">This schema defines the simple types used as
      properties on features.</documentation>
  </annotation>
  <!-- =====>
  Simple Type Definitions
  <!-- ===== -->
  <simpleType name="accuracyOfPositionType">
    <restriction base="string">
      <enumeration value="1.0m"/>
    </restriction>
  </simpleType>
```

```

    <enumeration value="2.5m"/>
    <enumeration value="6.0m"/>
    <enumeration value="8.0m"/>
    <enumeration value="Unknown"/>
  </restriction>
</simpleType>
<simpleType name="descriptiveGroupType">
  <restriction base="string">
    <enumeration value="Building"/>
    <enumeration value="Buildings Or Structure"/>
    <enumeration value="Built Environment"/>
    <enumeration value="General Feature"/>
    <enumeration value="General Surface"/>
    <enumeration value="Glasshouse"/>
    <enumeration value="Height Control"/>
    <enumeration value="Historic Interest"/>
    <enumeration value="Inland Water"/>
    <enumeration value="Landform"/>
    <enumeration value="Natural Environment"/>
    <enumeration value="Network Or Polygon Closing Geometry"/>
    <enumeration value="Path"/>
    <enumeration value="Political Or Administrative"/>
    <enumeration value="Rail"/>
    <enumeration value="Road Or Track"/>
    <enumeration value="Roadside"/>
    <enumeration value="Structure"/>
    <enumeration value="Terrain And Height"/>
  </restriction>
</simpleType>

```

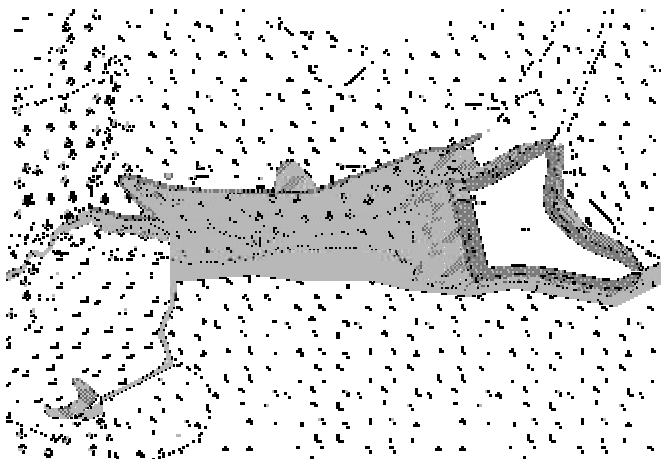


Fig. 38. Fragment mapy topograficznej jako wynik graficznego wektorowego zobrazowania wyró nie przestrzennych zapisanych przy pomocy j zyka GML (fragment obrazu ekranu komputera) (OS, 2002)

Fragment of topographical map as a result of graphic vector portrayal of spatial features encoded in GML language (fragment of picture on computer screen) (OS, 2002)

```

        <enumeration value="Tidal Water"/>
        <enumeration value="Unclassified"/>
    </restriction>
</simpleType>
<!-- (...) -->
</schema>

```

Zapis wyróżnień geoprzestrzennych w języku GML może być zobrazowany przy pomocy grafiki wektorowej, na przykład przez konwersję do zapisu w języku SVG. Przykład takiego zobrazowania jest przedstawiony na figurze 38.

13.7. PRZEKRÓJ HYDROGEOLOGICZNY

Zapis informacji zawartych w przekrojach hydrogeologicznych i geologicznych nie jest objęty standardami. Najczęściej, jeżeli jest to możliwe, przyjmuje się takie same zasady, jakie obowiązują w przypadku map. Odstępstwem od tych zasad jest tak zwane przewyśnienie, czyli przyjęcie znacznie większej skali pionowej niż poziomej, i sposób zdefiniowania poziomego układu współrzędnych. Przewyśnienie jest przyczyną braku zachowania zależności geometrycznych pomiędzy poszczególnymi wyróżnieniami występującymi na przekroju — dotyczy to zależności kątowych i odległości liniowych między tymi wyróżnieniami. Z tego względu metody (funkcje i operatory) odnoszące się do geometrii wyróżnień na przekrojach muszą być inne niż te, które stosowane do wyróżnień na mapach — muszą uwzględnić dwie różne skale dla dwóch kierunków (l, z). Jeżeli jednak, zgodnie z regułami określonymi przez geomatykę, odzieli się samą informację geoprzestrzenną przekroju od jej zobrazowania, to problem przewyśnienia dotyczy tylko zobrazowania tej informacji. Wewnątrz systemu przewyśnienia nie jest potrzebne i można przy zachowaniu proporcji między odległościami pionowymi i poziomymi stosować te same metody, które stosowane do map. W procesie zobrazowania, dla lepszej czytelności przekroju, można uwzględnić przewyśnienie poprzez zdefiniowanie odpowiednie-

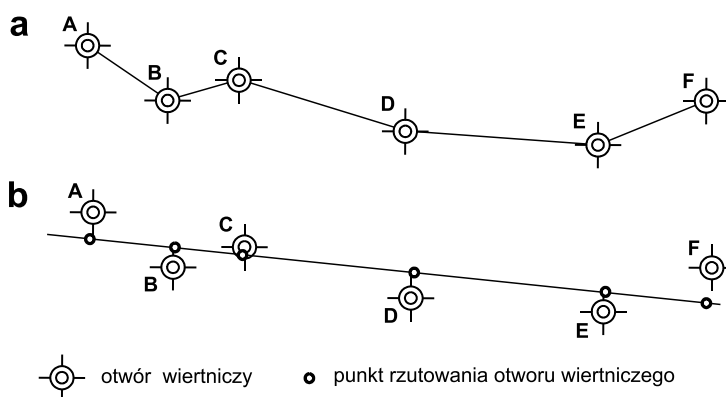


Fig. 39. Dwa sposoby określania odniesienia poziomego dla współrzędnych wyróżnień geoprzestrzennych na przekrojach

Two methods of specification of horizontal reference for coordinates of geospatial features on cross section

go układu odwzorowania, który przyjmie inn skal pionow ni poziom . Jest to kolejny przykład pokazuj cy ró nice mi dzy tradycyjnym zapisem geoinformacji na papierze i zapisem w formie elektronicznej.

Zdefiniowanie układu odniesienia poziomego na przekroju hydrogeologicznym mo e by dokonane na dwa ró ne sposoby. Pierwszy, najcz ciej stosowany, polega na poprowadzeniu linii wyznaczaj cej przebieg przekroju jako linii łamanej ł cz cej punkty lokalizacji otworów wiertniczych (fig. 39 a). Drugi sposób to poprowadzenie linii prostej tak, aby suma odległo ci poszczególnych otworów od tej linii była jak najmniejsza (fig. 39 b). W obu przypadkach napotyka si na trudno ci dotycz ce przeliczania współrz dnych i geometrycznych zale no ci pomi dzy wyró nieniami na przekroju i na profilach wierce . Przypadek linii łamanej poci ga za sob konieczno zdefiniowania lokalnych (niestandardowych) układów odniesienia poziomego oddzielnie dla ka dego segmentu przekroju z mo liwo ci przeliczania współrz dnych na standardowy układ odniesienia, na przykład na współrz dne geograficzne. Dla przekrojów złoż onych z wielu odcinków (opartych na wielu wierceniach) i maj cych przez to wiele lokalnych układów odniesienia problem przeliczania współrz dnych staje si bardzo uci liwy. Problem geometrii wyró nie na takich przekrojach polega mi dzy innymi na tym, e dla trzech kolejnych otworów: A, B i C rzeczywista odległo mi dzy A i C nie jest sum odległo ci A-B i B-C, a odległo na przekroju jest t sum .

Przypadek linii prostej zakłada konieczno "rzutowania" profili wierce odległych od tej linii na punkty nale ce do tej linii i jednocze nie najbli sze punktowi wiercenia. Wymaga to zało enia, e w kierunku prostopadłym do linii przekroju nie ma zmian geometrii wyró nie opisywanych przy pomocy przekroju. Takie zało enie nie zawsze mo e by przyj te. Jednak zalet tego sposobu jest to, e cały przekrój jest zdefiniowany przy pomocy jednego układu odniesienia poziomego.

Zarówno standardy grupy ISO 19100, jak i j zyk GML3 dostarczaj rozwi za , które mog by bardzo pomocne w zdefiniowaniu modelu poj ciowego dotycz ce go wyró nie okre lonych przy pomocy przekroju. Do tych rozwi za nale y mo liwo definiowania dowolnych lokalnych układów odniesienia i fakt, e poszczególne wyró nienia mog mie warto ci współrz dnych opisane w ró nych układach lokalnych z mo liwo ci przeliczenia na wybrany standardowy układ odniesienia przestrzennego.

13.8. DANE W SYMULACYJNYM MODELU PROCESU HYDROGEOLOGICZNEGO

W badaniach hydrogeologicznych, zarówno teoretycznych jak i praktycznych, bardzo cz sto wykorzystuje si metody modelowania badanych procesów. Dotyczy to głównie procesu przepływu wody podziemnej i transportu substancji rozpuszczonych. W wi kszo ci przypadków celem takich bada jest prognoza zmian warunków hydrogeologicznych spowodowanych obiektami in ynierskimi lub wyznaczenie zasobów (najcz ciej dyspozycyjnych) badanej jednostki hydrogeologicznej.

Systemy programowe przeznaczone do takich zada posługuj si specyficznymi rodzajami danych, które nie wyst puj w innych zastosowaniach hydrogeologicznych. Matematyczny opis procesu przepływu wody i transportu składników jest oparty na równaniach cz stkowych stopnia drugiego, w których poszczególne zmienne s wielko ciami przestrzennie rozło onymi. W zale no ci od przestrzennej wymiarowo ci rozwi zywanego zadania (1D, 2D lub 3D) zapis informacji geoprzestrzennej, stanowi cej dane wej ciowe i wyj ciowe takiego modelu, wymaga zastosowania odpowiednio złoż onego modelu poj ciowego dla tych danych (Michalak, 1997b).

Do wiadzenia wynikają ce 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 różny wymiarowość przestrzenną, co pozwala na dobranie modelu danych do wymiarowości symulatora. W przypadku zastosowania metod numerycznych opartych na różnicach skończonych szeregiem innych podtypów pokrycia mogłoby być również w tego rodzaju badaniach stosowane, lecz wymaga to konwersji modelu danych do postaci macierzowej, ponieważ ta jest ściśle związana z metodami symulacyjnymi, z punktu widzenia geomatyki opartymi na algebrze map (*map algebra*) (Tomlin, 1990; Michalak, 1997a; Pullar, 2002). Choć jest możliwe zastosowanie do takich zadań uniwersalnych narzędzi opartych na algebrze map jak na przykład program "r.mapcalc" w systemie GRASS (Larson, Shapiro, Tweddale, 1991), to jednak rozwiązania takie są mało efektywne. Przykład hydrologicznego modelu powierzchniowego spływu wody zapisanego w języku skryptowym C-shell dla iteracyjnych obliczeń programem "r.mapcalc" (Shapiro, Westervelt, 1992) jest następujący:

```

water = water + eval ( x = elev + water,          \
  if ( x > ( y = elev[-1,0] + water[-1,0] )      \
    -.15 * if ( elev > y, water, x - y ),        \
    .15 * if ( elev[-1,0] > x, water[-1,0], y - x ) ) + \
  if ( x > ( y = elev[1,0] + water[1,0] )        \
    -.15 * if ( elev > y, water, x - y ),        \
    .15 * if ( elev[1,0] > x, water[1,0], y - x ) ) + \
  if ( x > ( y = elev[0,-1] + water[0,-1] )      \
    .15 * if ( elev[0,-1] > x, water[0,-1], y - x ) ) + \
  if ( x > ( y = elev[0,1] + water[0,1] )        \
    -.15 * if ( elev > y, water, x - y ),        \
    .15 * if ( elev[0,1] > x, water[0,1], y - x ) ) + \
  if ( x > ( y = elev[-1,1] + water[-1,1] )      \
    -.10 * if ( elev > y, water, x - y ),        \
    .10 * if ( elev[-1,1] > x, water[-1,1], y - x ) ) + \
  if ( x > ( y = elev[1,1] + water[1,1] )        \
    -.10 * if ( elev > y, water, x - y ),        \
    .10 * if ( elev[1,1] > x, water[1,1], y - x ) ) + \
  if ( x > ( y = elev[1,-1] + water[1,-1] )      \
    -.10 * if ( elev > y, water, x - y ),        \
    .10 * if ( elev[1,-1] > x, water[1,-1], y - x ) ) + \
  if ( x > ( y = elev[-1,-1] + water[-1,-1] )   \
    -.10 * if ( elev > y, water, x - y ),        \
    .10 * if ( elev[-1,-1] > x, water[-1,-1], y - x ) ) )

```

Tego rodzaju obliczenia realizowane przez bardziej efektywny specjalistyczny program symulacyjny w środowisku systemu geoinformacyjnego z punktu widzenia geomatyki mogą być również traktowane jako obliczenia typu *map algebra*. W takim przypadku program symulacyjny zachowuje się jak funkcja pobierająca dane wejściowe do symulacji jako swoje parametry i zwracając wynik symulacji jako swoją wartość własną:

$$\text{wynik_symulacji} = f_{\text{symulator}}(\text{warunki_brzegowe}, \text{parametry_warstwy}, \dots).$$

Przykład zastosowania macierzowych (komórkowych) danych geoprzestrzennych w symulacyjnych badaniach hydrogeologicznych jest przedstawiony szczegółowo w publikacji monograficznej pt. *Obiektywne modele w hydrogeologii — system Aspar* (Michalak, 1997a). Opis modelu powstającego dotychczasowego struktury danych systemu Aspar jest przedmiotem oddzielnej, przygotowanej do druku publikacji i z tego względu jest poniżej przedstawiony jedynie w ogólnym zarysie.

System Aspar jest hierarchicznym biblioteką klas w języku C++ przeznaczoną do symulacyjnych badań modelowych dotyczących przepływu wód podziemnych. Jednak jego możliwości są szersze — może stanowić podstawę opracowania symulatorów do modelowania innych procesów

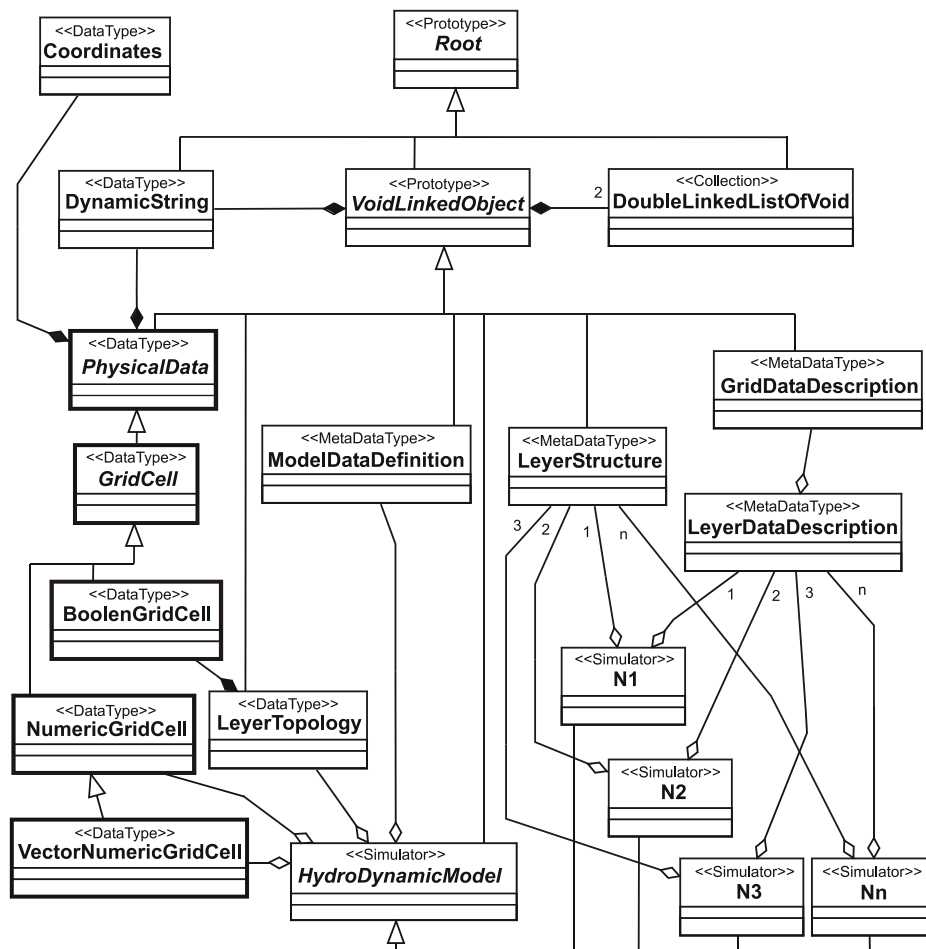


Fig. 40. Diagram klas UML przedstawiający hierarchiczną strukturę systemu Aspar. Klasy dotyczące danych przestrzennie rozdzielonych są zaznaczone grubszą linią. Dla lepszej czytelności nie wszystkie asocjacje pomiędzy klasami są tu przedstawione

UML class diagram presenting hierarchical structure of system Aspar. Classes concerning spatially distributed data are marked by tick lines. For better legibility not all associations between classes are presented here

(nie tylko hydrogeologicznych) opisywanych równaniami z przestrzennymi pochodnymi cząstkowymi. Ponieważ obecna wersja tego systemu funkcjonuje w środowisku programowym systemu GIS GRASS, model danych przestrzennie rozdzielonych systemu Aspar jest dostosowany do wymagań tego środowiska.

System Aspar ma 5 klas obiektów zawierających dane geoprzestrzenne (fig. 40):

- **PhysicalData**, *PD* – abstrakcyjna klasa bazowa dla klas obiektów zawierających dane. Typ danych i ich geoprzestrzenny charakter nie jest w tym miejscu określony. Czynniki atrybutów i metod tej klasy odnosi się do geoprzestrzennego położenia określonego przez punkt w przestrzeni i czasie. Dla zbioru punktów jest to położenie pierwszego punktu w zbiorze. Klasa ta zawiera także atrybuty i metody przeznaczone do określania wymiaru fizycznego danych zawartych w klasach od niej pochodnych. Jęli na danych dokonywane są obliczenia to metody tej klasy wyznaczają wymiar fizyczny wyniku tych obliczeń lub sygnalizują niezgodność fizycznych argumentów tych obliczeń. Mechanizm ten umożliwia innym nie pozwala na wykonywanie operacji dodawania lub odejmowania wartości o różnych wymiarach fizycznych. Na przykład:

$$q [T^{-1}L^3] + a [L^2] = v \text{ [invalid]} \quad \text{– operacja nie poprawna,}$$

$$q [T^{-1}L^3] / a [L^2] = v [T^{-1}L] \quad \text{– operacja poprawna.}$$

- **GridCell**, *GC* – abstrakcyjna klasa bazowa dla danych w postaci sieci komórek z liczbami nieokreślonego typu. Zawiera między innymi atrybuty określające wymiary siatki. Punkt zdefiniowany w klasie *PD* jest dla tej siatki początkiem jej układu.
- **NumericGridCell**, *NGC* – klasa pochodna od klasy *GC* i przeznaczona dla danych typu *integer*, *float* i *double*.
- **VectorNumericGridCell**, *NGCXY* – klasa pochodna od klasy *NGC* i przeznaczona dla takich samych danych jak *NGC*, ale rozdzielonych na dwa kierunki *x* i *y* (np. dla składowych pola wektorowego).
- **BooleanGridCell**, *BGC* – klasa podobna od klasy *NGC*, ale przeznaczona dla danych logicznych typu *logical* i *boolean*.

Przykłady zastosowania tych typów danych systemu Aspar w badaniach modelowych dotyczących przepływu wód podziemnych są przedstawione na figurach 41 i 42.

W pierwszym przykładzie był to test działania systemu i z tego względu wymiary tablic z danymi były bardzo małe — 18 kolumn na 17 wierszy (fig. 41). Przedstawiony poniżej algorytm przebiegu symulacji testowej napisany w języku C++ zawiera deklaracje obiektów klas dla danych i dla prostego modelu jednowarstwowego, a także wywołania zwołanych z nimi metod (funkcji i operatorów):

```
// Written by Janusz Michalak, Warsaw University, Dept. of Geology
// ( jwm@geo.uw.edu.pl ), February 12, 1996
// main.cxx - Module file containing main program for Aspar.
#include "ngcxy.hxx" // plik nagłwkowy definiujący klasy danych
#include "n1.hxx" // plik nagłwkowy definiujący model jednowarstwowo

int main() { // przekazanie sterowania do systemu Aspar
              // deklaracje zmiennych prostych:
    FILE *fd;
    int cond1;
    float w, t;
```

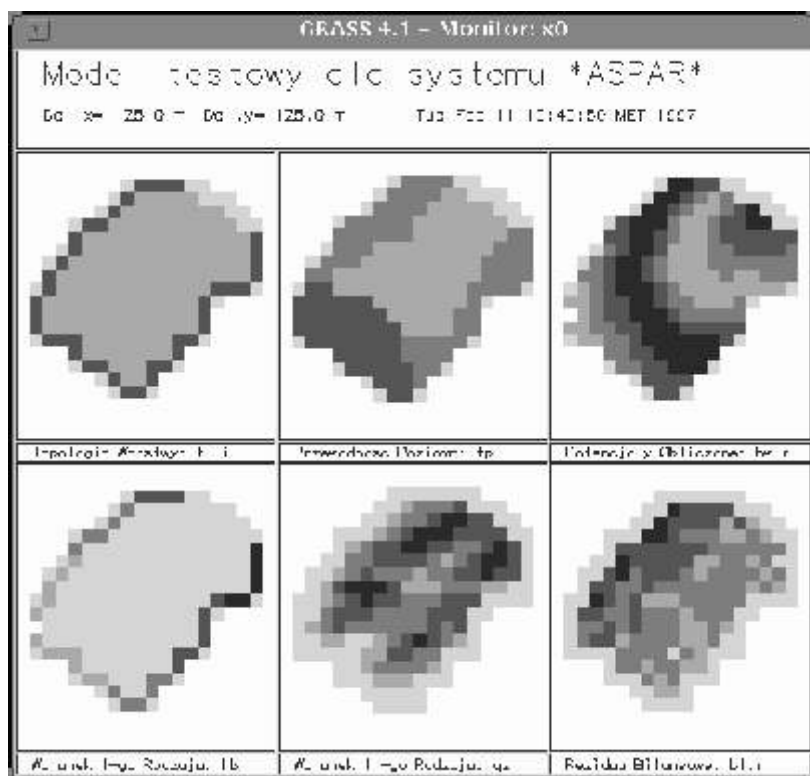


Fig. 41. Graficzne zobrazowanie wyników symulacji testowej dla modelu jednowarstwowego zrealizowanego przy pomocy systemu Aspar

Graphical portrayal of test simulation results for one-layer model realized aid of system Aspar

```

fd = AsparInit( "aspar.out"); // procedura inicjacji systemu Aspar

NGC qi, qz, gh, mq( 0.2); // deklaracje obiektów zawierających dane
// (występuje klasa NGC)

gh.Load( "gh", "test"); // wczytywanie danych: opad atmosferyczny
qi.Load( "qi", "test"); // wczytywanie danych: wskaźnik infiltracji

qz = qi * gh * mq; // obliczenie zasilania infiltracyjnego
// (zastosowanie operatorów klasy NGC)
qz.Store( "qz"); // zapisanie danych zasilania w bazie systemu Grass
// wizualizacja danych na ekranie:

DisplRst( D_FI, (DS)"fi.i"); // topologia modelu
DisplRst( D_TP, (DS)"tp"); // przewodność pozioma warstwy wodonośnej
DisplRst( D_H1, (DS)"hb"); // warunki brzegowe I rodzaju
DisplRst( D_Q2, (DS)"qz"); // zasilanie infiltracyjne

DS mod1( "mod1"); //nazwa modelu: mod1
MDD model1( mod1);

```

```

model1 = Define( mod1);           // definiowanie danych modelu
N1 test1;                         // deklaracja obiektu modelu (wyst pienia klasy N1)
cond1 = test1.InitM( model1);     // inicjowanie modelu

BGC ve;                            // deklaracja obiektu klasy BG dla danych logicznych
ve = test1.VerfM();                // weryfikacja modelu
w = test1.CalcW();                 // obliczenie współczynnika nadrelaksacji

LV lhw, lbl;
NGC *hwp, *blp;
lhw = test1.CalcH();               // symulacja i obliczenie zwierciadła wody przy pomocy
// procedury numerycznej rozwi zania układu równa
// liniowych opartej na metodzie nadrelaksacji

hwp = (NGC*) lhw.Examn();
hwp->Store( "hw.r");               // zapisanie wyników symulacji w bazie systemu
Grass
DisplRst( D_HW, "hw.r");           // wizualizacja wyników symulacji

lbl = test1.CalcB();               // weryfikacja wyników symulacji
blp = (NGC*) lbl.Examn();
blp->Store( "bl.r");               // zapisanie wyników weryfikacji
DisplRst( D_BL, (DS)"bl.r");       // wizualizacja wyników weryfikacji
t = test1.VerfO( 10. );
AsparExit( fd);                    // procedura zamkni cia systemu Aspar
return ( 0 ); }

```

W drugim przykładzie dotyczącym symulacji w duym zbiorniku artezyjskim oblicza się kształt i głębokość superpozycji lejów depresji wywołanej eksploatacją w wielu studniach. W tym przykładzie klasy zawierają dane przestrzennie rozdzielone zawierają odpowiednio duże zestawy danych — 120 kolumn na 120 wierszy, lecz różnica w stosunku do pierwszego przykładu jest jedynie ilościowa. W obu przypadkach klasy z danymi są jednakowe, a same wartości są umieszczone w dwuwymiarowych do nich blokach binarnych o odpowiednio dostosowanej wielkości. Zobrazowanie graficzne wyniku symulacji jest przedstawione na figurze 42.

Rezultat symulacji przedstawiony na figurze 42 jest wynikiem realizacji poniższego algorytmu zapisanego w języku C++:

```

#include "aspar.hxx"                // doł czenie pliku nagłówkowego systemu Aspar
int main() {
    AsparInit();                    // zainicjowanie systemu Aspar
    // wyświetlenie danych wejściowych z bazy systemu Grass:
    DisplRst( D_FI, (DS)"fi");       // topologia modelu [logical]: "fi"
    DisplRst( D_H1, (DS)"h1");       // warunki brzegowe I rodz. [m]: "h1"
    // (znane potencjały hydrodynamiczne)
    DisplRst( D_TP, (DS)"tp");       // przewodność pozioma warstwy [m**2/d]: "tp"
    DisplRst( D_Q2, (DS)"q2");       // warunki brzegowe II rodz. [m**3/d]: "q2"
    // (pobór wody w studniach)
    // deklaracja obiektu dla danych ogólnych modelu i inicjowanie
    // go danymi "example" z pliku "def":
    MDD globalData( (DS)"example", (DS)"def" );

    N1 aquifer( globalData);
}

```

```

// deklaracja i inicjowanie obiektu "aquifer" klasy "N1",
// do inicjowania u tyty jest obiekt "globalData"

// weryfikacja modelu "aquifer":
BGC v = aquifer.VerfM(); // weryfikacja konstrukcji modelu i danych
// wynik weryfikacji jest zapisany w obiekcie "v"
// klasy "BGC"
if( aquifer.GetVi() == -1.) // je eli zostały znalezione bł dy:
{
v.Store( "ve");
// zapisa wynik weryfikacji "v" w bazie systemu Grass
DisplRst( D_HW, "ve");
// wy wietli wynik weryfikacji dla pokazania bł dów
} // pój do AsparExit();
else // je eli model jest zbudowany poprawnie:
{ // symulacja przepływu wody podziemnej:
aquifer.CalcW(); // obliczenie współczynnika nadrelaksacji
NGC *pointerToResult = aquifer.CalcH( 1) // obliczenie (symulacja) zwierciadła
// wody podziemnej (w tym przypadku strumienia
// dodatkowego tworzy tego leje depresji)

pointerToResult->Store( "hl");// zapis wyników symulacji w bazie systemu Grass
DisplRst( D_HW, "hl"); // wy wietlenie wyników symulacji na ekranie monitora
}
AsparExit(); // zako czenie pracy systemu Aspar
return ( 0); // powrót do rodowiska systemu Grass

```

Modele poj ciowe danych hydrogeologicznych w obecnej wersji systemu Aspar nie s zgodne ze standardami ISO 19100 (ISO, 2002a) i specyfikacj OpenGIS, poniewa były opracowane wcze niej ni powstały te standardy i z uwzgl dnieniem wymaga rodowiska programowego systemu GRASS. Jednak ju w tym czasie brano pod uwag potrzeb dostosowania ich do tych standardów (Michalak, 1997a) i poni ej jest przedstawiony przykład strukturalnego zapisu tych danych w j zyku XML:

```

<aspar:dataSet aspar:type="coverageGrid">
  <aspar:dataName lang="pl">TP</aspar:dataName>
  <gml:description lang="pl">
    Przewodno pozioma warstwy wodono nej
  </gml:description>
  <aspar:gridDefinition>
    <boundingBox gml:SrsName="local-348" gml:uom="m">
      <north>10000</north>
      <south>500</south>
      <east>8500</east>
      <west>500</west>
    </boundingBox>
    <rows>19</rows>
    <cols>16</cols>
  </aspar:gridDefinition>
  <aspar:data aspar:type="float" aspar:multipier="1"
    aspar:null="" aspar:dataSeparator=" " gml:uom="m*m/d">

```

```

*****
* 600 550 550 550 600 *
* 600 550 550 520 520 580 730 *
* 550 500 510 500 650 780 850 *
* 600 550 480 480 480 700 800 850 900 *
* 550 550 510 480 480 780 1010 1010 950 *
* 500 490 450 550 800 950 1150 1100 950 *
* 450 400 400 450 550 750 800 1020 1150 950 900 *

```

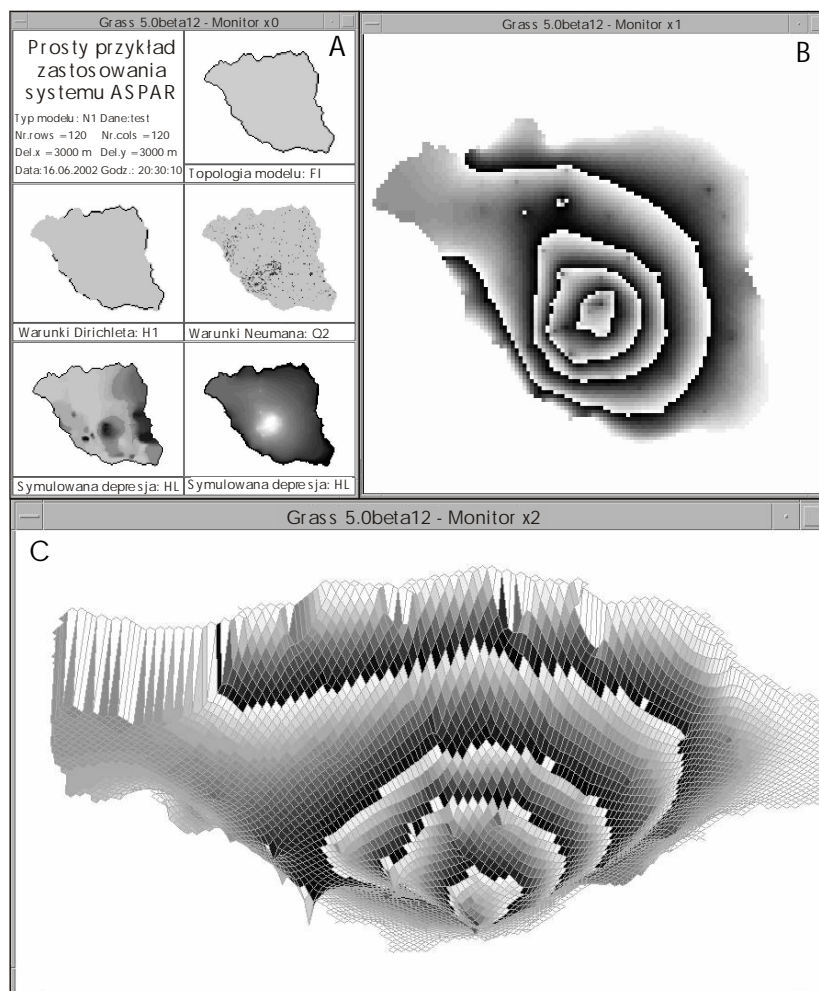


Fig. 42. Graficzne zobrazowanie wyników symulacji wyznaczającej kształty i głębokości superpozycji lejów depresji w dużym systemie hydrogeologicznym — zastosowanie systemu Aspar; A – wynik symulacji, B – wizualizacja dwuwymiarowa, C – wizualizacja trójwymiarowa

Graphical portrayal of results of simulation calculating shapes and depths of superposition of depression cones in large hydrogeological system, application of system Aspar; A – result of simulation, B – two-dimensional visualization, C – three-dimensional visualization

```

** 400 400 400 450 750 750 750 1100 1000 * * * * *
** 450 450 450 450 750 750 750 1050 * * * * *
** 550 550 550 510 700 800 750 1050 1100 * * * * *
* 550 600 600 700 780 750 950 1200 1100 1200 1200 1300 * * *
* 650 600 700 780 900 1250 1300 1200 1200 1350 1450 1450 * *
* * * 650 650 750 950 1350 1550 1350 1150 1200 1500 1500 * *
* * * * 700 850 1200 1350 1000 1000 900 850 1000 1000 1150 *
* * * * * 0 850 700 650 550 480 480 550 600 0 *
* * * * * 0 0 0 400 400 400 400 400 0 *
* * * * * 0 0 0 0 0 *
* * * * *

```

```

</aspar:data>
</aspar:dataSet>

```

Powyższy zapis w pełni definiuje dane potrzebne do symulacyjnych obliczeń hydrogeologicznych w przypadku liczebnie przypadkowych, w których najczęściej stosuje się modele dwuwymiarowe (2D) lub warstwowe (2.5D). Dla modeli trójwymiarowych powyższy schemat wymaga jedynie dodania danych specyfikujących dyskretyzację pionową na takich samych zasadach jak jest określona dyskretyzacja pozioma. Jednak praktyczne wykorzystanie takich zapisów wymaga dwóch rzeczy. Po pierwsze — opracowania schematu (XML Schema), który by definiował struktury takich zapisów, czyli wszystkie elementy wraz z typami danych, jakie mogą w nich wystąpić, listy atrybutów i wzajemnymi powiązaniami pomiędzy elementami prostymi i złożonymi. Po drugie — modułów aplikacyjnych (komponentów systemów), które by mogły tworzyć takie zapisy, weryfikować je w oparciu o schematy, czytać i interpretować dane w zależności od zmieniających się ich struktury.

14. MODEL PORZĄDKOWEGO SYSTEMU ODNIESIENIA CZASOWEGO W GEOLOGII

Podstawą określenia 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). Tego typu systemy odniesienia czasowego nie są stosowane w innych dziedzinach, z wyjątkiem archeologii, a potrzeba stosowania takiego systemu wynika ze złożoności struktury wydziałów chronostratygraficznych, z ich zmiennością regionalną i z problemów wyznaczania czasu bezwzględne. Standard ISO 19108 określa model pojęciowy takiego systemu odniesienia i jest on adresowany głównie do geologii (ISO, 2002b). 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 możliwości w tym przypadku operacje: "długość" — length(): TM_Duration i "odległość" — distance(other:TM_GeometricPrimitive):TM_Duration. Klasa interfejsowa TM_Separation jest związana asocjacyjnie stereotypem <<Uses>> z abstrakcyjną klasą "Geometryczny element czasu", co jest widoczne na figurze 8 (rozdz. 7.1). Ponieważ operacje te nie mogą być stosowane do systemu porządkowego, można przypuszczać, że jest to pomyłka i klasa interfejsowa powinna zawierać operacje zwracające wynik typu "Względne położenie" (TM_RelativePosi-

tion). Tak operację zawiera klasa interfejsowa "Porządek" (*TM_Order*) i operacja ta ma definicję: `relativePosition (other:TM_Primitive):TM_RelativePosition` (fig. 8). Z definicji tej wynika, że względne położenie jest określone pomiędzy dwoma "Elementami czasu" (*TM_Primitive*), co dobrze odpowiada zdarzeniom i okresom w znaczeniu geochronologicznym.

Obok systemu porządkowego w geologii używa się także układu odniesienia opartego na współrzędnych czasowych (*TM_CoordinateSystem*) z dwoma atrybutami: `origin:DateTime` i `interval:CharacterString`. Pierwszy atrybut w aplikacji geologicznej jest przyjęty jako rok 1950, a drugi dotyczy jednostki czasu równej jednemu milionowi lat – 1Ma. Przykład implementacji tego systemu w języku XML jest zawarta w specyfikacji GML 3.0 i ma postać:

```
<gml:TimeCoordinateSystem gml:id="geologyMa">
  <gml:name>Geological time system</gml:name>
  <gml:domainOfValidity>Earth</gml:domainOfValidity>
  <gml:origin>
    <gml:TimeInstant>
      <gml:description xlink:href="http://www.c14dating.com/agecalc.html">
        Conventional origin used for carbon dating. Equivalent to "present"
        for other radiometric dating techniques which have much lower precision.
      </gml:description>
      <gml:timePosition>1950</gml:timePosition>
    </gml:TimeInstant>
  </gml:origin>
  <gml:interval uom="http://my.big.org/units/time#Ma"/>
  <gml:incrementDirection>-</gml:incrementDirection>
</gml:TimeCoordinateSystem>
```

W przeciwieństwie do powyższego 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 trzeba go traktować, jako model topologiczny, czyli zawierający elementy topologiczne pochodzące od klasy abstrakcyjnej *TM_TopologicalPrimitive*: *TM_Edge* ("Odcinek czasu") i *TM_Node* ("Wzrost czasu") (fig. 9, rozdz. 7.1). Jak widać na przedstawionym tam diagramie, do tych elementów może być zastosowany interfejs *TM_Order*, ponieważ klasy "Wzrost czasu" i "Odcinek czasu" dziedziczą jego asocjacje ze stereotypem <<Uses>> od klasy abstrakcyjnej *TM_Primitive*.

Z powyższych względów model porządkowego układu odniesienia czasowego, aby mógł być praktycznie zastosowany w geologii, wymaga modyfikacji przez zastosowanie klas dotyczących topologii. Figura 43 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 i z tego względu tu jest przedstawiona bardzo ogólnie jego wstępna koncepcja.

Główne elementy tego modelu są podtypami (subklasami) elementów topologii czasu (*TM_Edge* i *TM_Node*) i w rezultacie niezależne od skali czasu opartej o współrzędnych wyrażonych w milionach lat (Ma). Wzrosty topologiczne (np. *P-end_Node[1]* lub *P-C_Node[1]*) określające granice między poszczególnymi odcinkami czasu są klasami asocjacyjnymi łączącymi te kolejne odcinki (na figurze 44 są to okresy geologiczne ery paleozoicznej). Wzrosty topologiczne mają atrybut `type`, który może przybierać wartości: *GSSP* (*Global Standard Stratotype Section and Point*), *GSSA* (*Global Standard Stratigraphic Age*) lub *NotDefined*.

Wzrosty topologiczne są powiązane z klasami geometrycznymi czasu (np. *P-end_Inst[1]* lub *P-C_Inst[1]*) asocjacja *Realization* (fig. 9, rozdz. 7.1), która jest odziedziczona od klas *TM_Node*

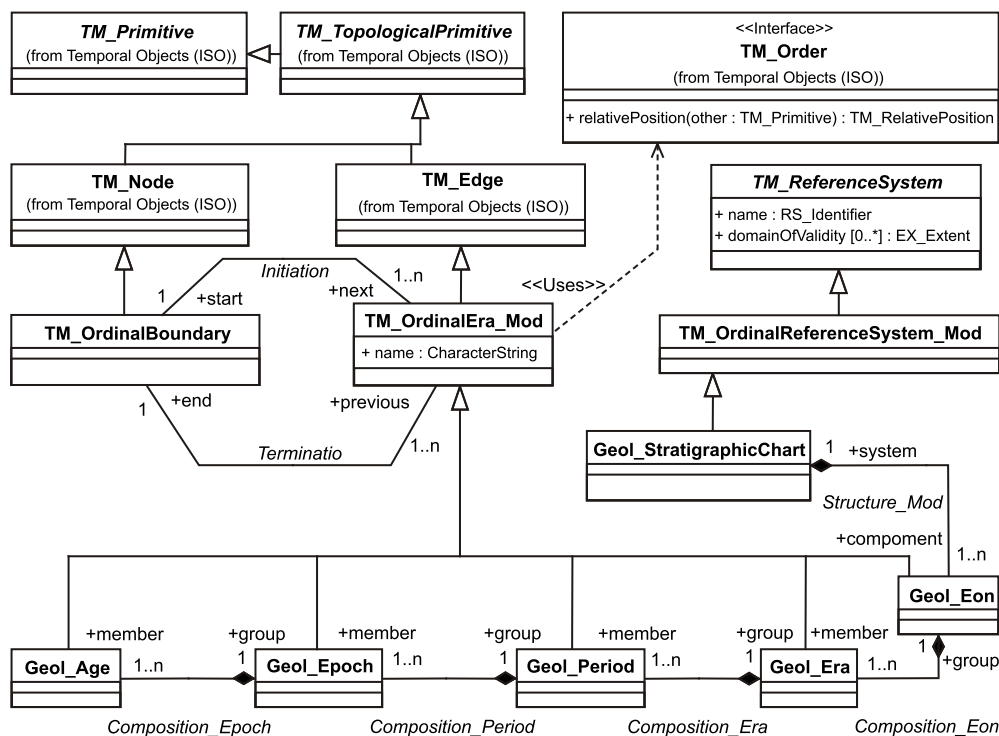


Fig. 43. Diagram klas UML zawierający główne elementy topologicznego modelu porządkowego systemu odniesienia czasowego przeznaczony dla zastosowań geologicznych (zmodyfikowane elementy modelu ISO mają końcówkę "_Mod"; część klas tego diagramu jest importowana z pakietów modelu ISO (fig. 8 i 9, rozdz. 7.1))

UML class diagram including main topological elements of the model of temporal ordinal reference system designed for geological application (modified elements of ISO model have postfix "_Mod"; some of the classes in this diagram are imported from packages of ISO model (fig. 8 i 9, chap. 7.1))

i `TM_Instant`. Zawarte w tym modelu klasy geometryczne, pochodne od klasy "Chwila" (`TM_Instant`), są jedynymi elementami geometrycznymi tego modelu i z tego względu mogą zawierać atrybuty dotyczące wieku bezwzględnego określonego w milionach lat przy pomocy systemu odniesienia opartego na współrzędnych.

Przedstawiona tu jako przykład sekwencja okresów geologicznych ery paleozoicznej rozpoczyna się i kończy (a ci lej — jest otoczona) nieokreślonymi odcinkami czasu (`Unknown_1` i `Unknown_2`) pochodnymi od klasy `TM_Edge`, ponieważ początkowy i końcowy w przedziale czasowy ery paleozoicznej nie jest jednocześnie początkiem ery poprzedniej i końcem ery następującej. W jednym przypadku różnica geometryczna wynosi 1.4 Ma przy tolerancji 4.8-3.6 Ma, a w drugim 5 Ma przy tolerancji nieokreślonej. Przyczyny tych rozbieżności pochodzą nie tylko z niedokładności pomiarów wieku bezwzględnego, lecz także z faktu, że mogą one odnosić się do różnych poziomów granicznych (Remane, 2000).

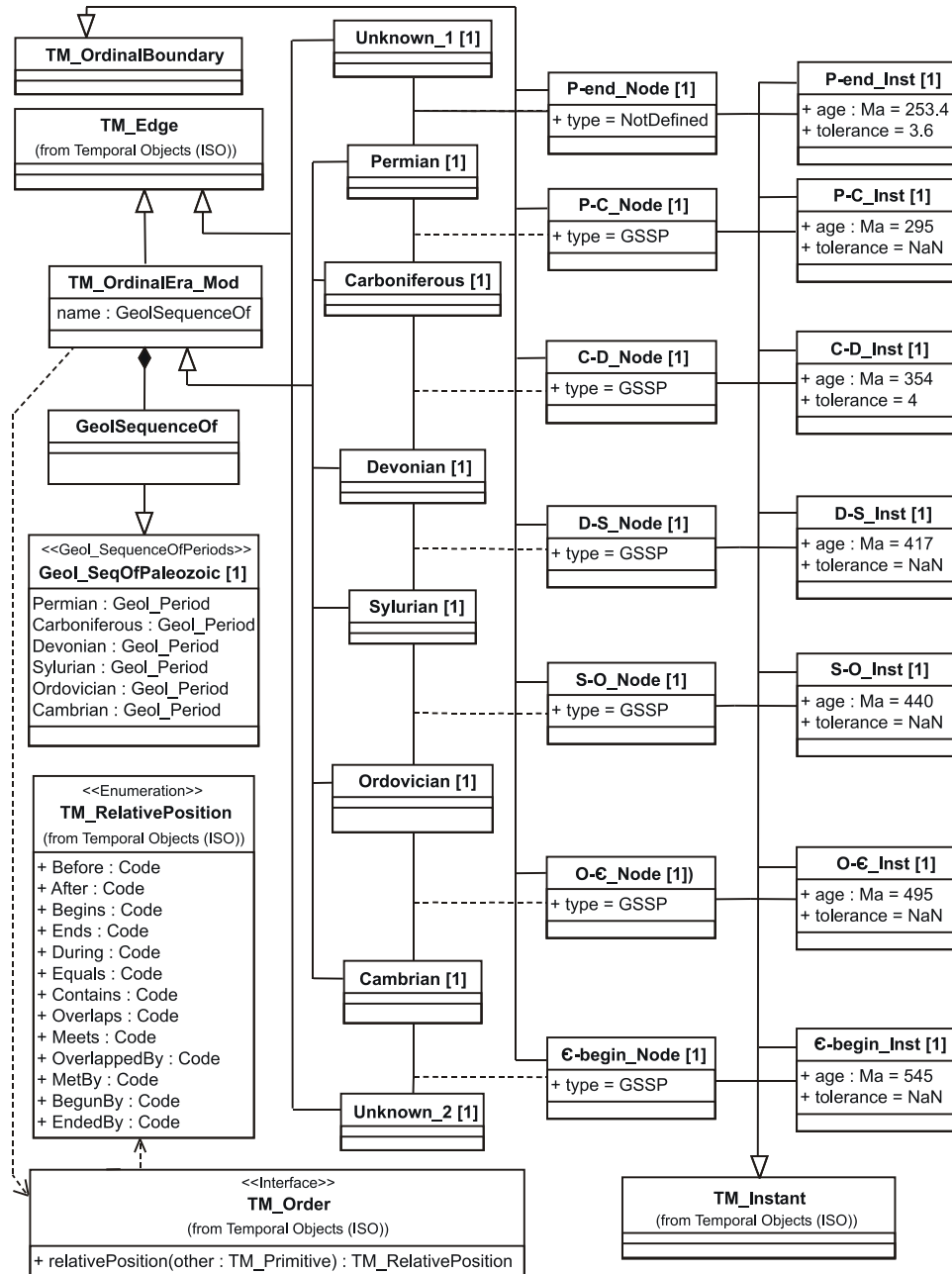


Fig. 44. Diagram klas UML przedstawiający szczegółowo fragment zmodyfikowanego modelu porządkowego systemu odniesienia czasowego z figury 43; czasy klas tego diagramu jest importowana z pakietów modelu ISO (fig. 8 i 9, rozdz. 7.1)

UML class diagram presenting detailed fragment of modified model of temporal ordinal reference system from figure 43; some of the classes in this diagram are imported from packages of ISO model (fig. 8 and 9, chap. 7.1)

Przedstawiony tu model topologiczny jest jedynie wstępną koncepcją modelu porządkowego dotyczącego systemów odniesienia czasowego dla określenia wieku geologicznego. Jego główną zaletą 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 węższej oddzielającej należącej do klasy "Granica porządkowa" (`TM_OrdinalBoundary`), czy odcinka czasu należącej do klasy "Era porządkowa" (`TM_OrdinalEra_Mod`), a także od wymiarowości czasowej (0D lub 1D) wyróżnienia czasowego dotyczącego rozpatrywanego zjawiska geologicznego, to znaczy czy odpowiada to geometrycznemu elementowi "Chwila" (`TM_Instant`), czy elementowi "Okres" (`TM_Period`).

15. MODELE INFORMACJI HYDROGEOLOGICZNEJ W INICJATYWACH UNII EUROPEJSKIEJ

Obecnie można obserwować wyraźny wzrost współpracy wśród krajów europejskich w zakresie infrastruktury geoinformacyjnej i wspólnych działań dotyczących zrównoważonego rozwoju, a także ochrony zasobów naturalnych, w tym wód podziemnych. Z tego względu przy opracowywaniu modeli porządkowych geoinformacji hydrogeologicznej można i trzeba uwzględnić przyjmowane w tych działaniach założenia, koncepcje i metodyki dotyczącej przedstawianych tu zagadnień. Wiele projektów badawczych zrealizowanych lub realizowanych w ośrodkach europejskich w ramach 4, 5, a obecnie 6 Ramowego Programu Badań i Rozwoju Technologicznego Unii Europejskiej zawiera elementy związane z tymi zagadnieniami. Jednak końcowe wyniki tych projektów mają zasięg ograniczony jedynie do konsorcjów, które je realizują, a zadaniem instytucji Unii jest w tym przypadku wspomaganie finansowe tych projektów. Zupełnie inny charakter mają inicjatywy Unii, w których jej instytucje uczestniczą bezpośrednio jako wykonawcy, a wyniki tych inicjatyw w znacznym stopniu służą dla krajów członkowskich lub mają charakter zaleceń. Realizacja tych inicjatyw w aspekcie badawczym jest najczęściej koordynowana przez Wspólnotowe Centrum Badawcze (JRC – *Joint Research Centre*) mające w Komisji Europejskiej status Dyrektoriatu Generalnego (DG). Dwie z tych inicjatyw — INSPIRE i WFD (przedstawione w skrócie w rozdziale 11.6) mają w tym przypadku szczególne znaczenie i z tego względu zawarte w ich dokumentach założenia dotyczącej modeli porządkowych geoinformacji wymagają bardziej szczegółowego przedstawienia.

Inicjatywa INSPIRE ma na celu określenie podstawowych założeń dotyczących ESDI – Europejskiej Infrastruktury Geoinformacyjnej, która wśród wielu zagadnień tematycznych obejmuje także problematykę hydrologiczną, geologiczną i w tym także hydrogeologiczną (INSPIRE, 2002b; Michalak, 2003d). Zagadnienia modeli porządkowych w ujęciu ogólnym — bez uwzględniania specyfiki poszczególnych aspektów tematycznych — są zawarte w opracowaniu opublikowanym w październiku 2002 roku dotyczącym architektury i standardów tej infrastruktury (INSPIRE, 2002a). Przyjęte tam założenia istotne dla przedstawianych tu zagadnień są następujące:

- Modele porządkowe geoinformacji powinny być oparte w pierwszej kolejności o standardy grupy ISO 19100, w przypadku modeli implementacyjnych lub nieobjętych standardami ISO powinny być oparte na specyfikacjach OpenGIS. W dalszej kolejności można brać pod

uwag inne rozwi zania standaryzacyjne, na przykład projektu DCMI (*Dublin Core Metadata Initiative*).

- Architektura infrastruktury powinna by oparta na modelu interfejsowym (w sensie przedstawionym w rozdziale 8.4), poniewa takie podej cie umo liwia realizacj interoperacyjno ci, ktora jest niezb dna dla prawidlowego funkcjonowania infrastruktury.
- W przypadku Europy szczegolnie istotny jest problem wieloj zyczno ci w zakresie geoinformacji — problem ten nie jest rozwi zywany w innych regionach, poniewa w glownych o rodkach pozaeuropejskich zajmuj cych si tymi zagadnieniami prawie wylnie u ywany jest j zyk angielski (USA, Kanada i Australia). W tej sytuacji modele poj ciowe (stanowi ce podstaw rozwi za technologicznych) powinny umo liwi jednoczesne stosowanie ró nych j zyków i zwi zanych z nimi ró nych zestawów znaków narodowych.
- Modele poj ciowe geoinformacji w infrastrukturach narodowych poszczególnych krajów członkowskich powinny by kompatybilne z modelem ogólnoeuropejskim. Poniewa w szeregu krajów ju przyj to ró ne rozwi zania w tym zakresie, proponuje si stopniowe przechodzenia na rozwi zania proponowane w inicjatywie INSPIRE.

Drug , istotn tu inicjatyw jest Ramowa Dyrektywa Wodna – WFD (*Water Framework Directive*) (EP, 2000) uchwalona przez Parlament Europejski w pa dzierniku 2000 roku. W ramach prac koordynowanych przez JRC nad wprowadzeniem jej w ycie (CIS – *Common Implementation Strategy*) w grudniu 2002 roku opublikowano dokument (Vogf, Ed. 2002) zawieraj cy wytyczne w zakresie systemów geoinformacyjnych zwi zanych z WFD i dotycz cych wód powierzchniowych i podziemnych. Dokument ten zawiera wiele szczególowych ustale obowi zuj cych kraje członkowskie do stosowania ich w ramach zobowi za wynikaj cych z WFD. Ustalenia te s ró ne, w zale no ci od tego, czy dotycz działa krótkoterminowych (do roku 2004), czy te dlugoterminowych (do roku 2009). Mo na stwierdzi , e podstawowe ró nice mi dzy tymi dwoma grupami ustale polegaj na technologicznym zaawansowaniu zalecanych rozwi za . W przypadku ustale krótkoterminowych zalecane technologie s oparte na rozwi zaniach tradycyjnych systemów GIS powi zanych z relacyjnymi bazami danych. Ustalenia dlugoterminowe s znacznie mniej konkretne i proponuj technologie oparte na interoperacyjno ci. Najistotniejsze dla przedstawianych tu zagadnie ustalenia krótkoterminowe to:

- Wymiana danych b dzie oparta na j zyku GML (rozd. 12.4 i 13.6).
- Dane geoprzestrzenne zapisane w innych standardach (formatach) powinny by przekonwertowane do tego j zyka.
- Dopuszcza si przej ciowo format "shape file" opracowany przez ESRI dla danych wektorowych w przypadkach, gdy zastosowanie j zyka GML jest niemo liwe ze wzgl du na ograniczenia systemów geoinformacyjnych stosowanych w danym kraju.
- Dopuszcza si zorganizowanie scentralizowanego systemu geoinformacyjnego w obr bie danego kraju członkowskiego.
- Planuje si zorganizowanie ogólnoeuropejskiego systemu, który by umo liwił nadawanie poszczególnym wyró nieniom geoprzestrzennym niepowtarzalnych identyfikatorów.
- Wyró nienia geoprzestrzenne dotycz ce wód podziemnych powinny by okre lone w postaci wektorowej jako wieloboki.

Ustalenia dlugoterminowe istotne dla przedstawianych tu zagadnie to:

- Wymiana danych b dzie oparta na interoperacyjnej technologii nazywanej "WebMapping" (fig. 14, rozdz. 9.1), co mo na przetumaczy na j zyk polski jako "mapowanie w WWW", opracowanej w OGC i b dziej przedmiotem projektu standardu ISO 19128.
- W przypadku braku mo liwo ci zastosowania powy szej technologii przez niektóre kraje członkowskie dopuszcza si b dzie stosowanie j zyka GML.

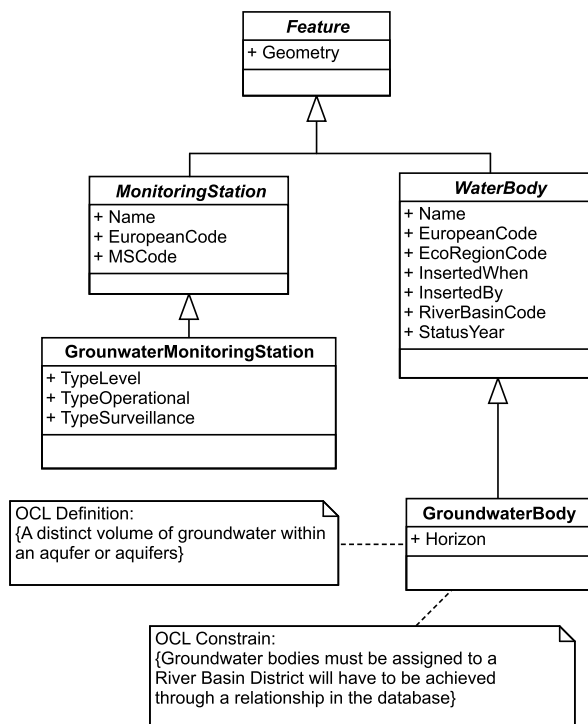


Fig. 45. Diagram klas UML przedstawiający prosty model pojęciowy wyróżnienie hydrogeologicznych oparty na wytycznych dotyczących geoinformacji w zakresie Ramowej Dyrektywy Wodnej (WFD) (Vogf, 2002)

UML class diagram presenting simple conceptual model hydrogeological features based on guidelines concerning geoinformation in scope of Water Framework Directive (WFD) (Vogf, 2002)

- Identyfikowanie zasobów geoinformacyjnych będzie się odbywać przy pomocy URL i URI (rozdz. 12.2).
- Systemy scentralizowane powinny być zastąpione systemami rozproszonymi, funkcjonującymi w ramach narodowej infrastruktury geoinformacyjnej (rozdz. 11.6).

Dokument ten zawiera również prosty model hierarchii klas w UML (fig. 45) określający typy wyróżnień i ich atrybuty dla wód powierzchniowych i podziemnych. W modelu tym klasa *GroundwaterBody* jest klasą pochodną od klasy abstrakcyjnej *WaterBody*, a ta z kolei jest klasą pochodną od innej klasy abstrakcyjnej *Feature*.

Zgodnie z zaleceniami tego dokumentu jednostka hydrogeologiczna, ze względu na formalnych wynikających z WFD, powinna być powiązana asocjacyjnie ze zlewnią, na obszarze której się znajduje. Warunek ten jest trudny do spełnienia w przypadku dużych regionalnych głębokich zbiorników wód podziemnych, takich jak na przykład niecka mazowiecka. Można przypuszczać, że wynika on z zawężonego do hydrologii ukierunkowania przyjętych tam rozwiązań.

Zalecane w tym dokumencie rozwiązania charakteryzują się cechami typowymi dla obecnego przejściowego okresu w zakresie koncepcji systemów geoinformacyjnych. Zalecenia odnoszące się do nowych technologii są określone bardzo ogólnie, czysto jedynie ze wskazaniem standardów

opracowywanych przez ISO i OGC. Zalecenia szczegółowe, na przykład nazwy kolumn w tabelach, oparte są o tradycyjny model dla baz relacyjnych i nie są zgodne z modelem języka GML zalecanym do przesyłania danych. Zgodny z tym językiem zapis atrybutów zawartych w modelu przedstawionym na figurze 45 wymaga opracowania schematu XML Schema definiującego elementy XML odpowiadające tym atrybutom. Zastosowanie tu metodyki przedstawionej w rozdziale 12 pozwoliłoby na spójny zapis wszystkich informacji — zarówno geometryczno-topologicznych, jak i tematycznych wynikających z dyrektywy WFD.

Traktowanie w tym dokumencie języka GML i technologii WebMapping (WM) jako rozwiązania przeciwstawne wprowadza pewne niecisłości. GML i WM nie są alternatywami, lecz przeciwnie — rozwój technologii WebMapping zmierza w kierunku związania jej z tym językiem. Przykładem może być opisany w rozdziale 13.6 projekt brytyjski OS MasterMap. Z tego względu zalecenie eliminowania języka GML w zamierzeniach długoterminowych nie jest uzasadnione metodycznie.

16. PODSUMOWANIE

Liczba zagadnień i problemów dotyczących pojęciowych modeli hydrogeologicznych danych geoprzestrzennych jest tak duża, że nie jest możliwe szczegółowe przedstawienie wszystkich ich aspektów w jednej publikacji. Z tego względu wiele zagadnień zostało tu przedstawione jedynie w zarysie — z pominięciem innych mniej istotnych w tych zagadnieniach aspektów. Jednak zestawienie w sposób usystematyzowany i w miarę możliwości całości analizy wszystkich form, typów i odniesień dotyczących geoinformacji hydrogeologicznej pozwala na sformułowanie szeregu wniosków — zarówno o charakterze ogólnym jak i dotyczących konkretnych przypadków. Cztery z tych wniosków dotyczy zagadnień czysto badawczych, inne natomiast mają istotne znaczenie praktyczne. Wskazanych wniosków jest sformułowana w poszczególnych rozdziałach tematycznie z nimi związanych. Tu można i trzeba przedstawić te wnioski, których znaczenie wykracza poza ramy poszczególnych rozdziałów i zwrócić uwagę na wzajemne ich powiązania.

16.1. WNIOSKI

1. Przejście z zapisu na papierze na zapis elektroniczny informacji hydrogeologicznej jest faktem i konsekwencją tego faktu jest konieczność zmiany sposobu zorganizowania tej informacji na bardziej odpowiedni dla systemów informatycznych. Pociągają to za sobą potrzeby opracowania nowych modeli pojęciowych, czynnikiem przyczyniającym się do tego procesu zmian w ontologii i semantyce tej informacji. Ten trudny i długotrwały proces pozwoli jednak na znacznie bardziej efektywne przetwarzanie i analizowanie danych hydrogeologicznych, co w konsekwencji prowadzi do istotnego wzbogacenia wiedzy o zjawiskach i procesach hydrogeologicznych.

2. Biorąc pod uwagę wniosek poprzedni (1) i fakt, że informacja hydrogeologiczna prawie zawsze ma odniesienie względem Ziemi — jest geoinformacją w sensie określonym przez geomatykę — zastosowanie metod geomatyki i związanych z nimi metod modelowania pojęciowego pozwoli na przetwarzanie i analizę tej informacji w sposób, jaki nie był dotychczas możliwy.

3. Geomatyka jest dziedziną nową i bardzo szybko się rozwijającą. W wyniku tego koncepcje dotyczące modeli pojęciowych geoinformacji mają stosunkowo krótki cykl rozwoju — najczęściej trwający zaledwie kilka lat — i są ciężej zastępowane nowszymi, formalnie bardziej poprawnymi i bardziej efektywnymi rozwiązaniami. Z tego względu w zastosowaniach dziedzinowych

z uwzględnieniem wniosku 2, takich jak zastosowania hydrogeologiczne, powinno się opierać na najnowszych rozwiązaniach z uwzględnieniem możliwości konwersji tych modeli do innych nowszych metod i związanych z nimi języków. Przyjęte w jakimś czasie rozwiązania nie mogą być traktowane jako zamknięte i przyjęte na stałe — na czas nieokreślony. Potrzebna jest ciągła praca nad metodycznymi aktualizacjami przyjętych rozwiązań.

4. Systemy geoinformacyjne (w przeciwieństwie do zapisu na papierze) wymagają formalizmu i precyzji, zarówno w zakresie samych danych, jak i w zakresie semantyki tych danych, a w konsekwencji także ich ontologicznego znaczenia. Bez precyzyjnie określonej ontologii i semantyki hydrogeologicznej modele pojęciowe geoinformacji nie mogą w tych zastosowaniach spełnić swojego zadania.

5. Modele pojęciowe informacji geoprzestrzennej w danej dziedzinie (w tym przypadku w hydrogeologii) wymagają gruntownej wiedzy z zakresu tej dziedziny i z tego powodu poprawne modele pojęciowe z zakresu hydrogeologii mogą opracować tylko hydrogeolodzy — wynika to z potrzeby uwzględnienia ontologii i semantyki hydrogeologicznej (wniosek 4). Przeprowadzona w tej pracy analiza szeregu przypadków, a także literatura dotycząca tego zagadnienia dostarcza wiele przykładów potwierdzających taki pogląd.

6. Hydrogeologia, podobnie jak inne dyscypliny z zakresu nauk o Ziemi, ma własne typy geoinformacji, a zatem i własne modele pojęciowe dotyczące tej informacji. Z tego względu hydrogeologia i dyscypliny jej pokrewne lub z nią powiązane mogą i powinny uzgadniać wzajemne relacje między modelami pojęciowymi geoinformacji. Takie uzgodnienia są możliwe jedynie poprzez publikowanie opracowanych modeli, ich kolejnych nowszych wersji i specyfikacji implementacyjnych. Przykłady takich publikacji (najczęściej w formie elektronicznej) były przedstawione w poszczególnych rozdziałach tej pracy.

7. Nawet w obrębie jednej dyscypliny, takiej jak hydrogeologia, poszczególne zagadnienia wymagają bardziej szczegółowej wiedzy niż wiedza ogólnohydrogeologiczna. Z tego względu podany jest szczegółowy podział na problemy, dla których powinny być opracowane oddzielne modele pojęciowe. Inny model ma zastosowanie w zagadnieniach hydrogeochemicznych i inny w modelowaniu przepływu wody podziemnej. Jednak modele te muszą się ze sobą łączyć w zagadnieniach transportu składników chemicznych rozpuszczonych w wodzie i poprawnie opracowane modele powinny dawać możliwość takiego połączenia.

8. Istotnym problemem hydrogeologicznych modeli pojęciowych jest oddzielenie informacji pierwotnej (z pomiarów, obserwacji i badań) od informacji zinterpretowanej i informacji opartej na hipotezach. Bez tego oddzielenia semantyka modeli pojęciowych nie może być poprawnie określona.

9. Informacja szczegółowa z określonego zakresu hydrogeologii zawiera w sobie komponenty różnych poziomów ogólności — od najbardziej ogólnych (bardzo ogólnych domen informatyki i teorii informacji), poprzez pośrednie (geomatyczne i ogólnogeologiczne), do specyficznych należących wyłącznie do hydrogeologii lub nawet tylko do wąskich jej obszarów tematycznych. Hierarchiczny układ informacji oparty na obiektowości pozwala na przejrzyste uporządkowanie geoinformacji zgodnie z tym podziałem.

10. Poprawny proces opracowania modelu pojęciowego dla wybranego zagadnienia z określonej dziedziny — w tym przypadku hydrogeologii — wymaga uwzględnienia podziału na trzy, powiązane ze sobą, rodzaje modeli: modelu mentalnym wiata rzeczywistego, abstrakcyjny model pojęciowy i model pojęciowy struktur danych. Poszczególne elementy tych modeli odpowiadają sobie ściśle, lecz ich znaczenie w każdym z tych trzech modeli jest inne. Ponieważ często stosowane są dla nich te same terminy, znaczenie tych terminów zależy od kontekstu. Przykładem

może być termin "obiekt". Używanie takich terminów bez odróżnienia kontekstu jest przyczyną wielu niecisłości, a nawet błędów.

11. Wiskazie geoinformacji hydrogeologicznej należy do typu "wyróżnienie" i może być kodowana w formie pokrycia, jako podtypu wyróżnienia. Bardzo czyste pokrycie jest najbardziej odpowiednią formą zapisu takiej informacji, ponieważ przestrzenne rozłożenie i cięgłość najczęściej występującymi cechami zjawisk hydrogeologicznych. Wybór odpowiedniego typu i formy dla określonego rodzaju geoinformacji hydrogeologicznej jest warunkiem poprawności jej modeli pojęciowych.

12. Dla zapisu geoinformacji niezwiązanej z określonym wyróżnieniem hydrogeologicznym można stosować ogólnogeomatemyczny model pojęciowy dotyczący obserwacji i pomiaru. W tym przypadku dane uzyskane drogami związanymi z położeniem czasoprzestrzennym i z metodami lub przyrządami pomiarowymi. W dalszym etapie przetwarzania dane te mogą być powiązane z wyróżnieniami hydrogeologicznymi, co pozwala na nieprzeszczepianie z góry czasoprzestrzennych granic tych wyróżnień.

13. Infrastruktury geoinformacyjne — także dotyczące informacji hydrogeologicznej — wymagają współdziałania (interoperacyjności) wielu systemów. Bez standardowych interfejsów opartych na powszechnie przyjętych heterogenicznych platformach przetwarzania rozproszonego nie można rozwiązać problemu interoperacyjności. Z tego powodu projekt infrastruktury geoinformacyjnej w zakresie hydrogeologii wymaga przyjęcia wstępnych założeń dotyczących wyboru najbardziej rozwojowej platformy, na której może być oparta interoperacyjność w zakresie informacji hydrogeologicznej.

14. Hydrogeologiczne modele pojęciowe geoinformacji nie mają charakteru narodowego — jedynie terminologia jest związana z określonym językiem i w pewnym stopniu także zależy od niej semantyka. Z tego względu opracowanie tych modeli może i powinno się odbywać poprzez współpracę na płaszczyźnie międzynarodowej i w oparciu o międzynarodowe standardy geomatemyczne. Pozwoli to na ich standaryzację — niezbędną dla interoperacyjności hydrogeologicznych systemów geoinformacyjnych.

LITERATURA

- ARCINIEGAS F., 2002 — C++ XML. Wyd. MIKOM, Warszawa.
- BABAIE H. A., BABAIE A., 2002 — SGeoML, an XML Markup Language for communication and processing of structural geological information. Geological Society of America, 2002 Denver Annual Meeting Proc. URL: http://gsa.confex.com/gsa/2002AM/finalprogram/abstract_46188.htm.
- BAUER F. L., GOOS G., 1977 — Informatyka. Wyd. NT, Warszawa.
- BECHHOFFER S., BROEKSTRA J., DECKER S., ERDMANN M., FENSEL D., GOBLE C., VANHARMELEN F., HORROCKS I., KLEIN M., MCGUINNESS D., MOTTA E., PATEL-SCHNEIDER P., STAAB S., STUDER R., 2000 — An informal description of Standard OIL and Instance OIL. OTK-Project Document Archive, Free University of Amsterdam. URL: <http://www.ontoknowledge.org/oil/download/oil-whitepaper.pdf>
- BOOCH G., RUMBAUGH J., JACOBSON I., 2002 — UML — przewodnik użytkownika. Wyd. Nauk.-Tech., Warszawa.
- BRAY T., PAOLI J., SPERBERG-McQUEEN C. M., 1998 — Extensible Markup Language (XML) 1.0, W3C Recommendation. URL: <http://www.w3.org/TR/1998/REC-xml-19980210>.
- BREUNIG M., 2001 — On the Way to Component-Based 3D/4D Geoinformation Systems. Springer, Berlin.
- 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-v0.91-28Oct02.pdf>

- BRODAIC B., JOURNEAY M., TALWAR S., and BOISVERT E., 1999 — CordLink Digital Library — Geologic Map Data Model Version 5.2. Geological Survey of Canada Arch., Toronto. URL: http://cordlink.gsc.nrcan.gc.ca/cordlink1/info_pages/English/dm52.pdf.
- BUEHLER K., McKEEL. (Ed.), 1996 — The OpenGIS Guide — Introduction to Interoperable Geoprocessing — Part I of the Open Geodata Interoperability Specification (OGIS). OGIS TC Document 96-001, Open GIS Consortium, Wayland.
- CA, FUJITSU, (Computer Associates International, Inc. and FUJITSU LIMITED) 2001 — Jasmine ODB — The Object Database, Database Design and Implementation, 2.02. Computer Associates International Arch., New York. URL: http://support.ca.com/techbases/jasmine/jas_ii/JasmineODBOption2.02Solaris/dbdesign.pdf
- CARLSON D., 2001 — Modeling XML Applications with UML: Practical e-Business Applications. Addison-Wesley, Boston.
- CATELL R. (Ed.), BARRY D., BERLER M., EASTMAN J., JORDAN D., RUSSELL C., SCHADOW O., STANIENDA T., VELEZ F., 2000 — Object Data Standard: ODMG 3.0. Elsevier Science, New York.
- COX S., 2001a — Geologic Data Transfer Using XML. *In: Proc. of Annual Conference of the International Association for Mathematical Geology*. Cancun. URL: <http://www.kgs.ukans.edu/Conferences/IAMG/Sessions/1/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>.
- COX S. (Ed.), 2002 — Observations and Measurements. OGC Interoperability Program Report — Engineering Specification, OpenGIS Project Document 02-027. OGC, Wayland. URL: <http://www.ned.dem.csiro.au/XMML/docs/ObservationsDIPR.pdf>.
- COX S., DAISEY P., LAKE R., PORTELE C., WHITESIDE A. (Eds.), 2002 — OpenGIS Geography Markup Language (GML) Implementation Specification, Version 3.00. OGC Arch., Wayland. URL: <http://member.opengis.org/tc/archive/arch02/02-023r4.pdf>.
- EP (European Parliament), 2000 — Directive 2000/60/EC of the European Parliament and of the Council: Establishing a framework for Community action in the field of water policy. *Official Journal of the E. L* 327: 1–72.
- ESRI (Environmental Systems Research Institute), 2001 — What is ArcGIS?. ESRI Press, Redlands. URL: http://www.esri.com/library/whitepapers/pdfs/what_is_arcgis.pdf.
- FERT M., 1998 — Korzystanie z komputerowej Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50 000. *Prz. Geol.*, **46**, 12: 1241–1246.
- FERT M., JAKUBICZ D., PIŁAT G., 1997 — Edycja komputerowej Mapy hydrogeologicznej Polski (MHP) w skali 1:50000 w Systemie Informacji Geograficznej (GIS). *Prz. Geol.*, **45**, 9: 914–919.
- FUJITSU LTD, 2000 — Jasmine 2000 — Object Database Management System. Fujitsu Ltd. Arch., Kawasaki. URL: <http://software.fujitsu.com/en/Jasmine/jasmineodb.pdf>.
- GA DZICKI J., 2001 — Leksykon geomatyczny — Lexicon of geomatics. Wyd. Pol. Tow. Info. Przestrzen., Warszawa.
- GEOSOFT, 2002 — GXF (Grid eXchange File) — Revision 3.0. GEOSOFT Inc. Arch., Toronto.
- GOGOŁEK W., MARKS L., 2000 — Zasoby i struktura geologicznej bazy danych. *Prz. Geol.*, **48**, 6: 492–494.
- GOTTIER B., BEDDOE D., DAVIDSON J., HERRING J. R., COSENTINO M., MUNTZ R., 1998 — OpenGIS Simple Features Specification for CORBA, Revision 1.0. OGC Arch., Wayland. URL: http://www.opengis.org/techno/sfr1/sfcorba_rev_1_0.pdf.
- GRAHAM I., 2001 — Object-Oriented Methods — Principles & Practice. 3rd Edition. Addison-Wesley, Boston.
- GRAVES M., 2002 — Projektowanie baz danych — XML — vademecum profesjonalisty. Wyd. Helion, Gliwice.
- GUARINO N., 1998 — Formal Ontology and Information Systems. *In: Proceedings of FOIS'98*: 3–15. Trento, Italy, 6–8 June 1998. Amsterdam, IOS Press.
- HEBERT J., LOGAN A., WANG F., RAVADA S., WEI R., SHARMA J., GERINGER D., 1999 — Oracle8i Spatial — User's Guide and Reference, Release 8.1.5. Doc. No. A67295-01, Oracle Corp. Arch., URL: http://technet.oracle.com/doc/oracle8i_816/inter.816/a77132.pdf.
- HENNING M., VINOSKI S., 1999 — Advanced CORBA Programming with C++. Addison-Wesley, Boston.
- HERBICH P., PACZY SKIB., PŁOCHNIEWSKI Z., 2000 — Koncepcja rozwoju i zastosowa komputerowej Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50000. *Prz. Geol.*, **48**, 6: 495–497.
- HERRING J., KOTTMAN C., 1997 — Features and Coverages for the Layman. *OpenGIS Newsletter*, **2**, 4: 6–7.
- INSPIRE (Architecture and Standards WG), 2002a — INSPIRE Architecture and Standards Position Paper. JRC — Institute for Environment and Sustainability, Ispra. EEA, European Environmental Agency. URL: http://inspire.jrc.it/reports/position_papers/inspire_ast_pp_v4_2_en.pdf

- INSPIRE (Environmental Thematic Coordination Group), 2002b — Environmental thematic user needs — Position Paper. JRC — Institute for Environment and Sustainability, Ispra. EEA, European Environmental Agency. URL: http://inspire.jrc.it/reports/position_papers/inspire_etc_pp_v2_3_en.pdf
- IRMI SKI W., 2002 — Geologia rodowiskowa. W: Sprawozdanie z działalno ci PIG w 2001 r. Centr. Arch. Geol. Pa - stw. Instyt. Geol., Warszawa. URL: http://www.pgi.waw.pl/onas/sprawozdanie_2001/sprawozdanie.pdf
- ISO, 1992 — ISO 10303-11 (DIS) Industrial automation systems and integration — Product data representation and exchange — Part 11: Description methods: The EXPRESS language reference manual. ISO Pub. Center, Geneva.
- ISO, 2002a — ISO 19123 (CD) — Geographic information — Schema for coverage geometry and function. ISO/TC211 Document. NTS, Oslo.
- ISO, 2002b — ISO 19108:2002 — Geographic information — Temporal Schema. ISO/TC211 Document. NTS, Oslo.
- ISO, 2002c — ISO 19104 (DIS) — Geographic information — Terminology. ISO/TC211 Document. NTS, Oslo.
- ISO, 2002d — ISO/TC 211 — Geographic information/Geomatics — Programme of Work. ISO/TC211 Document. NTS, Oslo.
- ISO, 2002e — ISO 19103 (TS) — Geographic information — Conceptual Schema Language. ISO/TC211 Document. NTS, Oslo.
- ISO, 2002f — ISO 19107 (DIS) — Geographic information — Spatial Schema. ISO/TC211 Document. NTS, Oslo.
- JOHNSON B. R., BRODAIC B., RAINES G. L., HASTINGS J. T., WAHL R., 1999 — Digital Geologic Map Data Model — Version 4.3. AASG/USGS Geologic Map Data Model Working Group Arch., URL: <http://geology.usgs.gov/dm/model/Model43a.pdf>.
- KAJAN E., 2002 — Information Technology Encyclopedia and Acronyms. Springer, Berlin.
- KAZIENKO P., GWIAZDA K., 2002 — XML na powa nie. Wyd. Helion, Gliwice.
- KAZIMIERSKI B., 2000 — Sie Stacjonarnych Obserwacji Wód Podziemnych na terenie Polski — zasady organizacji i współpraca z innymi systemami monitoringu. *Prz. Geol.*, **48**, 6: 508-513.
- KAZIMIERSKI B., PRZYTUŁA E., 1997 — System obserwacji hydrogeologicznych, SOH — program komputerowy i baza danych w wersji udost pnionej w sieci internet. W: INFOBAZY'97 — bazy danych dla nauki. Wyd. Centrum Informatycznego TASK, Gda sk.
- KLECZKOWSKI A. S., RÓ KOWSKI A. (red.), 1997 — Słownik hydrogeologiczny. Wyd. TRIO, Warszawa.
- KLEIN M., FANSEL D., VanHARMEL F., HORROCKS I., 2000 — The relation between ontologies and XML schemata. Proc. of 14th European Conference on Artificial Intelligence, Berlin. URL: <http://delicias.dia.fi.upm.es/-WORKSHOP/ECAI00/7.pdf>
- KOTLARCZYK J., 2000 — Jeszcze o geoinformatyce w Polsce (na marginesie art. J. Michalaka). *Prz. Geol.*, **48**, 12: 1096-1097.
- KUHN W., 1997 — Liaison contribution from OGC: Toward Implemented Geoprocessing Standards: Converging Standardization Tracks for ISO/TC 211 and OGC. OpenGIS Project Document. OGC, Wayland. URL: <http://www.statkart.no/isotc211/211n418.PDF>.
- LAKE R., 1999 — Introduction to GML — Geography Markup Language, Galdos Systems Inc. Arch. URL: <http://www.focalpoint.org/galdos/GMLIntroduction.html>
- LARMAN C., 2001 — Applying UML and Patterns: An Introduction to Object-Oriented Analysis and Design and the Unified Process (2nd Edition). Prentice Hall, New Jersey.
- LARSON M., SHAPIRO M., TWEDDALE S., 1991 — Performing Map Calculations on GRASS Data: r.mapcalc Program Tutorial. Army Construction Engineering Research Laboratory Arch. Champaign, URL: <http://grass.baylor.edu/gdp/raster/mapcalc.pdf>
- MARDAL T., 1999 — Centralna Baza Danych Geologicznych — nasze nowe narz dzie pracy. *Wiadomo ci PIG*, 12 (103). Pa stw. Instyt. Geol., Warszawa. URL: http://www.pgi.waw.pl/wiadomosci/12_1999/dodatek.php
- MARDAL T., SADURSKI A., PRZENIOSŁO S., 2002 — Bazy danych. W: Sprawozdanie z działalno ci PIG w 2001 r. Centr. Arch. Geol. PIG. Warszawa. URL: http://www.pgi.waw.pl/onas/sprawozdanie_2001/sprawozdanie.pdf
- MARK D. M., SKUPIN A., SMITH B., 2001 — Features, Objects, and other Things: Ontological Distinctions in the Geographic Domain. Spatial Information Theory, Proceedings of COSIT 2001, Springer. URL: <http://wings-buffalo.edu/philosophy/faculty/smith/articles/COSIT01MSS.pdf>
- MARK D. M., SMITH B., 2001 — A Science of Topography: Bridging the Qualitative-Quantitative Divide. Geographic Information Science and Mountain Geomorphology. Springer-Praxis. URL: <http://wings.buffalo.edu/-philosophy/faculty/smith/articles/topography.pdf>
- MARKS L., 2002 — Kartografia geologiczna i geologia czwartorz du. W: Sprawozdanie z działalno ci PIG w 2001 r. Cent. Arch. Geol. PIG, Warszawa. URL: http://www.pgi.waw.pl/onas/sprawozdanie_2001/sprawozdanie.pdf

- MASTERS G. (Ed.), 2000 — GeophysicalML — An XML Standard for Web-Based Exchange of Geophysical Data. Petrotechnical Open Software Corporation Arch., Houston.
- McKEE L., ØSTENSEN O., 1997 — ISO/TC 211 and OGC Collaborate on Geographic Processing Standards. Joint press release — TC 211 and OGC. URL: http://www.statkart.no/isotc211/press_fv.htm.
- MERCER D., 2001 — XML — kurs podstawowy. Wyd. Edition 2000, Kraków.
- MICHALAK J., 1997a — Obiektowe modele w hydrogeologii — system ASPAR. Wyd. UW, Warszawa.
- MICHALAK J., 1997b — Modelowanie procesów hydrogeologicznych w rodowisku GIS. Mat. XII Symp. nt. Modelowanie matematyczne w hydrogeologii i ochronie rodowiska: 9–15. Cz. stochowa.
- MICHALAK J., 1998 — OpenGIS — rozproszone obiekty w ujęciu praktycznym. Mat. IV Konf. GIS w praktyce: 5–14. Wyd. Centr. Promocji Informatyki, Warszawa.
- MICHALAK J., 2000a — Geomatyka (geoinformatyka) — czy nowa dyscyplina? *Prz. Geol.*, **48**, 8: 673–678.
- MICHALAK J., 2000b — GML — język zapisu geoinformacji. Mat. X Konf. Systemy Informacji Przestrzennej: 189–198. Wyd. Pol. Tow. Infor. Przestrzen., Warszawa.
- MICHALAK J., 2000c — Homologacja w systemach informacji przestrzennej. *Geodeta — magazyn geoinformacyjny*, **66**, 11: 32–34.
- MICHALAK J., 2001a — Geomatyka czy geoinformatyka — dodatkowe wyjaśnienia. *Prz. Geol.*, **49**, 6: 499–503.
- MICHALAK J., 2001b — Problemy standaryzacji w GIS. Mat. VIII Konf. GIS w praktyce: 30–35. Wyd. Centr. Promocji Informatyki, Warszawa.
- MICHALAK J., 2002 — Interoperacyjność w zakresie informacji geoprzestrzennej. Mat. XII Konf. Systemy Informacji Przestrzennej: 41–50. Wyd. Pol. Tow. Infor. Przestrzen., Warszawa.
- MICHALAK J., 2003a — Geomatics in hydrogeology. *Geological Quarterly*, **47**, 1: 69–76.
- MICHALAK J., 2003b — Standardy ISO 19100 i OpenGIS jako podstawa państwowej infrastruktury geoinformacyjnej w zakresie geologii. *Prz. Geol.*, **51**, 4: 311–315.
- MICHALAK J., 2003c — Studium przypadku użycia: próba zastosowania normy PN-N-12160 w praktyce. *Geodeta — magazyn geoinformacyjny*, **92**, 1: 27–31.
- MICHALAK J., 2003d — INSPIRE — inicjatywa Unii Europejskiej w zakresie infrastruktury geoinformacyjnej. *Prz. Geol.*, **51**, 5: 357–359.
- MICROSOFT (Press), 1998 — Słownik komputerowy. Wyd. PLJ/Microsoft Press, Warszawa.
- MICROSOFT, 2002 — MSN Learning & Research — Dictionary from Encarta. URL: <http://encarta.msn.com/encnet/features/home.aspx>
- MIKUSZEWSKA J., SKRZYPCZYK L., 1995 — Karta kodowa danych wierceń hydrogeologicznych banku HYDRO. Wyd. Oikos, Warszawa.
- MOZNIŁ, PIŁ, 1999a — Instrukcja opracowania i komputerowej edycji Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50000 — Cz. I: Opracowanie autorskie. Państw. Instytut Geol. Warszawa.
- MOZNIŁ, PIŁ, 1999b — Instrukcja opracowania i komputerowej edycji Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50000 — Cz. II: Opracowanie komputerowe. Państw. Instytut Geol., Warszawa.
- MULLER R. J., 2000 — Bazy danych — język UML w modelowaniu danych. Wyd. MIKOM, Warszawa.
- MURRY C. (Ed.), ABUGOV D., ALEXANDER N., BLACKWELL B., GERINGER D., GODFRIND A., KOTHURI R., OWENS D., PITTS R., RAVADA S., WANG J., XIE J., 2002 — Oracle Spatial User's Guide and Reference, Release 9.2. Doc. No. A96630-01, Oracle Corp. Arch., URL: http://download-east.oracle.com/docs/cd/B10501_01/appdev-920/a96630.pdf
- NOWICKI B., STANISZKIS W., 2002 — Inteligentny system zarządzania wiedzą — prezentacja projektu. W: Mat. Konferencji eDemocracy, VI Konf. Miasta w Internecie. Zakopane.
- NOWICKI Z., SADURSKI A., 1997 — Tekst objaśniający do arkusza Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50000. *Prz. Geol.*, **45**, 9: 920–23.
- OGC (Open GIS Consortium), 1999 — The OpenGIS Abstract Specification. Version 4, OGC Arch., Wayland. URL: <http://opengis.org/public/abstract/99-100r1.pdf>
- OGC, 2000 — OpenGIS Web Map Server Interface Implementation Specification Revision 1.0.0. OpenGIS Project Document 00-028, OGC Arch., Wayland. URL: <http://www.opengis.org/techno/specs/00-028.pdf>.
- OMG (Object Management Group), 2001 — OMG Unified Modeling Language Specification, version 1.4. OMG Document Repository. URL: <http://cgi.omg.org/docs/formal/01-09-67.pdf>
- OMG (Object Management Group), 2002a — Common Object Request Broker Architecture: Core Specification — CORBA, version 3.0. OMG Document Repository. URL: <http://cgi.omg.org/docs/formal/02-11-01.pdf>

- OMG (Object Management Group), 2002b — UML Profile for CORBA Specification, version 1.0. OMG Document Repository. URL: <http://cgi.omg.org/docs/formal/02-04-01.pdf>
- OMG (Object Management Group), 2002c — OMG XML Metadata Interchange (XMI) Specification, version 1.2. OMG Document Repository. URL: <http://cgi.omg.org/docs/formal/0201-01.pdf>
- OS (Ordnance Survey), 2002 — OS MasterMap user guide — v. 2.1. OS Arch., Southampton. URL: http://www.ordnancesurvey.co.uk/downloads/mm/OS_MasterMap_user_guide_v2.1.pdf
- STENSEN O., 1995 — Mapping the Future of Geomatics. ISO Bulletin, December 1995. URL: <http://www.statkart.no/isotc211/isobulen.htm>
- PACZY SKI B., PŁOCHNIEWSKI Z., SADURSKI A., 1997 — Stan i perspektywy realizacji Mapy hydrogeologicznej Polski 1:50000. *Prz. Geol.*, **45**, 9: 910–913.
- PAGE-JONES M., 1999 — Fundamentals of Object-Oriented Design in UML. Addison-Wesley, Boston.
- PAZDRO Z., 1977 — Hydrogeologia ogólna. Wyd. Geol. Warszawa.
- PIŁAT G., 1997 — System Intergraph w realizacji Mapy hydrogeologicznej Polski w skali 1:50000. *Prz. Geol.*, **45**, 9: 926–931.
- PKN (Polski Komitet Normalizacyjny), 1999 — Słownictwo znormalizowane — Technika Informatyczna. Wyd. PKN, Warszawa.
- PKN (Polski Komitet Normalizacyjny), 2002 — PN-N-12160, Informacja geograficzna, Opis danych, Schemat przestrzenny. Archiwum PKN, Warszawa.
- PŁOSKI Z., 1999 — Słownik Encyklopedyczny — Informatyka. Wyd. Europa. Warszawa.
- POSC (Petrotechnical Open Software Corporation), 2001 — POSC XML Related Projects. POSC Arch., Claygate. URL: <http://www.posc.org/ebiz/projectsIndex.shtml>
- PULLAR D., 2002 — A Modelling Framework Incorporating a Map Algebra Programming Language. Proc. of iEMSS 2002, Lugano, Switzerland. URL: <http://www.iemss.org/iemss2002/proceedings/pdf/>
- QUATRANI T., 2002 — Visual Modeling with Rational Rose 2002 and UML. Addison-Wesley, Boston.
- REMANE J., 2000 — Explanatory note to the international stratigraphic chart. International Commission on Stratigraphy Arch., Oslo.
- REMANE J., CITA M. B., DERCOURT J., BOUYASSE P., REPETTO F., FAURET-MURET A. (Eds.), 2002 — International Stratigraphic Chart. International Commission on Stratigraphy, URL: <http://www.micropress.org/stratigraphy/cheu.pdf>
- RICE P. (Ed.), The NGC Groundwater Data Standards Working Group, 1999 — The Australian National Groundwater Data Transfer Standard Release 1.0. National Groundwater Committee Arch., Canberra. URL: <http://www.brs.gov.au/land&water/groundwater/xcel/gw-std.doc>
- SADURSKI A., 2002 — Hydrogeologia i geologia inżynierska. W: Sprawozdanie z działalności PIG w 2001 r. Arch. PIG, Warszawa. URL: http://www.pgi.waw.pl/onas/sprawozdanie_2001/sprawozdanie.pdf
- SAWERWAIN M., 2002 — CORBA — programowanie w praktyce. Wyd. MIKOM, Warszawa.
- SHELL D., 1999 — About Open GIS Consortium. W: Open GIS Consortium — Spatial connectivity for a changing world. OGC Press, Wayland.
- SHAPIRO M., WESTERVELT J., 1992 — R.MAPCALC — An Algebra for GIS and Image Processing. US Army Construction Engineering Research Laboratory Arch. Champaign, URL: <http://grass.baylor.edu/gdp-raster/mapcalc-algebra.pdf>
- SKOGAN D., 1999 — UML as a Schema Language for XML based Data Interchange. URL: <http://www.ifi.uio.no/~davids/papers/Uml2Xml.pdf>
- SKONNARD A., GUDGIN M., 2001 — Essential XML Quick Reference. Addison-Wesley, Boston.
- SKRZYPCZYK L., 1997 — Zastosowanie banku danych hydrogeologicznych jako źródła informacji wyjściowych na potrzeby opracowań kartograficznych i dokumentacyjnych. *Prz. Geol.*, **45**, 9: 932–934.
- SMITH B., 2001 — Fiat Objects. Topoi. URL: <http://wings.buffalo.edu/philosophy/faculty/smith/articles/fatobjects.pdf>
- SMITH B., MARK D. M., 1998 — Ontology and Geographic Kinds. In: Proceedings, International Symposium on Spatial Data Handling (SDH'98), Vancouver, Canada. URL: <http://www.geog.buffalo.edu/ncgia/ontology/SDH98.html>
- SMITS P. C., 2002 — Liaison report from the Joint Research Centre (JRC) to the ISO/TC 211 plenary in Gyeongju, Korea, 2002-11-14/15. ISO/TC211 Document. NTS, Oslo.
- STANEK W. R., 2001 — Vademekum XML. Microsoft Press, Warszawa.
- STUCKENSCHMIDT H., VAN HARMELLEN F., FENSEL D., KLEIN M., HORROCKS I., 2000 — Catalogue integration: A case study in ontology-based semantic translation. Technical Report IR-474, Computer Science Department, Vrije Universiteit Amsterdam, 2000. URL: <http://www.ontoknowledge.org/oil/downl/CatIntegr.pdf>

- SUBIETA K., 1998 — Obiektowość w projektowaniu i bazach danych. Akademicka Oficyna Wyd., PLJ, Warszawa.
- SUBIETA K., 1999 — Słownik terminów z zakresu obiektowości. Akademicka Oficyna Wyd., PLJ, Warszawa.
- THERIOT J. (Ed.), 2002 — An XML Standard for Web-Based Exchange of Well Log Data. Petrotechnical Open Software Corporation Arch. Houston.
- TOMLIN D., 1990 — Geographic Information Systems and Cartographic Modeling, Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- TREZISE P. (Ed.), Corporate Information Management & Access Group, 2002 — Geoscience Data Dictionary for GIS Products — Version 2002.04. Geoscience Australia Arch., Canberra. URL: <http://www.ga.gov.au/pdf/RR0081.pdf>.
- UMN (University of Minnesota), 2002 — MapServer 3.6 Documentation. UMN arch., Minneapolis. URL: <http://mapserver.gis.umn.edu/dload.html>.
- VALENTA M., AMIRBEKYAN V., 1997 — OBD — potrzeba czy moda. Mat. Konferencji INFOBAZY'97, CITASK : 365–370. Gdańsk.
- VOGF J. (Ed.), 2002 — Guidance Document on Implementing the GIS Elements of the WFD. WFD — WG GIS Arch. URL: <http://forum.europa.eu.int/Public/irc/env/wfd/library>.
- W3C (World Wide Web Consortium), 1999 — HTML 4.01 Specification — W3C Recommendation, 24 December 1999. URL: <http://www.w3.org/TR/html401/>.
- WALSH N., MUELLNER L., 1999 — DocBook: The Definitive Guide. O'Reilly & Associates, Cambridge.
- WHITESIDE A., 1999 — UML Profile and Guidelines for OGC Abstract Models. OpenGIS Project Document 99-031. OGC, Wayland.
- 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.
- 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.
- WITKOWSKA B., SŁOWA SKA B., 1997 — Realizacja komputerowej Mapy hydrogeologicznej Polski 1:50000 na przykładzie arkuszy promocyjnych. *Prz. Geol.*, **45**, 9: 923–925.
- WOODSFORD P. A., 1995 — The Significance of Object-Orientation for GIS. Proc. of IUSM Conference, Hannover. Laser-Scan Ltd. Arch. URL: <http://www.laserscan.com/papers/ooforgis.htm>.

SUMMARY

In the recent years, we have witnessed a great breakthrough in the area of methods of management and transfer of information. We can call it the end of the period of paper domination, which lasted more than two thousand years. Paper as carrier of information is still going to play an important role, but in many cases, only auxiliary to electronic carriers, associated with computers and computer networks. This pertains to all areas of human activity, including science, also geology and its part — hydrogeology — both in their theoretical and practical aspect.

A change of the information carrier from paper to an electronic one results in many other significant changes. It is not only the speed and precision in data processing and transferring, but also many new methods, impossible to use previously. The new methods bring about new forms of information, these influence new modes of presentation, and thus perception of the description of reality. Our ideas of reality are based not only upon what we can observe, but also upon what we are provided by others in form of information. Therefore, the breakthrough, which can be observed presently, will change our way of perceiving reality much more than the mass-media, which use the traditional ways of presenting information.

All activity in the field of hydrogeology, as well as other fields of geology, both practical and scientific, leads to creation of information only. All advantages resulting from it, such as exploitation of groundwater or mining, are an effect of activity in other fields. Therefore, the breakthrough in the area of information is also significant for hydrogeology and it influences significantly hydrogeological research and observation methods, analysis of data gathered in this way, as well as ways of processing the results and rendering them accessible to other fields of activity.

An example of a change, caused by a shift from paper to electronic forms of recording information, are experiences associated with application of GIS systems for map designing. The paper form of map is a result of abilities associated with the technical means used to design and print the map. Therefore, a division has been introduced to separate sheets, map scale, map projection and graphical symbols of elements that make up the map content. Using geoinformation systems (GIS) to create a map, first it is necessary to enter all information, which is to make up the map content, into the system. Next, the data recorded in the system database, is processed to form corresponding with the paper map image, following all rules of cartography. After the map is designed, some data is left in the computer database, which may be described as "post-production remains." A very surprising discovery was made that the remains are much more valuable than the final product, printed on paper. Informational value and usefulness of data left in the computer system results from the fact that it is recorded electronically, thanks to which it is possible to further process the data, among other things, to correct the data, update it, transform the data to other formats, analyze it using new methods and many other complex operations which cannot be performed in case of paper records. Also surprising was the discovery that data located in the system database does not have to be divided into sheets, it does not require a scale, map projection (only a reference system) and graphical presentation. These elements are needed only to display information and they can be changed dynamically later as needed.

* * *

Elaborating conceptual models of hydrogeological geoinformation requires some specification of terminology, pertaining to these models, both with regard to general information and general geomatic concepts, as well as in the area of individual hydrogeological issues. The conceptual system of informatics is based upon an indefinable concept of information, but there is a specific relation between data and information: data are individual fragments of information, and information is data organized and presented in a systematized format in order to make its basic meaning understandable.

Fundamental concepts of geomatics are: geospatial object, feature and coverage. Feature as an abstraction of a phenomenon belonging to the real world is a broader concept than the object — not every feature has to be an object. Coverage is a special type of feature, and its basic characteristic is the function providing the result of a specific type for arguments defining position of a point.

All geospatial information has a geometric, topological and thematic aspect. The first two pertain not only to space, but also time. In conceptual models of hydrogeological information, as well as that of general geological information, the vertical and temporal dimension very often cannot be omitted, as it takes place in case of practical applications in many other fields.

Methodologies, languages and implementation environments influence greatly the format and content of conceptual models. Basing upon conclusions of international forums dealing with geospatial information (ISO/TC 211 and Open GIS Consortium), UML (Unified Modeling Language) language and methodology have been used in this work for elaboration and description of conceptual models. These international organizations also designed the basic general geoinformation models, upon which the hydrogeological conceptual models, presented here, are based.

Since conceptual models are to serve as a basis for models of data in computer systems, it is necessary to take into consideration the specific characteristics of implementation platforms and environments that are the potential technical means of realization, when designing such models. A review of the most often used implementation technologies allows to take into consideration their abilities and limitations, which makes the designed conceptual models more useful for practical applications. The basic types of implementation environments, such as geoinformation systems, relational databases and object-oriented databases, as well as scattered processing platforms have been analyzed here, using representative applications as an example.

In the face of new development tendencies, leading to creation of geoinformation infrastructures, particularly important is interoperability of systems used. Therefore, the CORBA platform (Common Object Request Broker Architecture) and XML language-based platform have also been taken into consideration in this analysis. As a result, it is possible to assume that the observed tendencies point to GML (Geographic Markup Language) as the most adequate basis for interoperability in the area of hydrogeological geoinformation.

* * *

There are so many issues and problems, regarding conceptual hydrogeological models of geospatial data, that it is not possible to present all their aspects in a single publication. Therefore, many issues are only outlined here. Many others are analyzed only partially or only with regard to a single aspect. However, a systematic presentation and analysis, as precise as it is possible, of all forms, types and relations regarding hydrogeological geoinformation, allow for formulation of a number of conclusions — both of general nature and pertaining to concrete cases. The most important or the most general ones are presented below:

- The shift from recording hydrogeological information on paper to electronic recording requires a change of organization of this information. This results in a necessity to design new conceptual models, often taking into consideration the resulting changes in ontology and semantics of hydrogeological information.

- Geomatics, as well as associated computer science, is a new field, which is quickly developing. Therefore, concepts pertaining to data models are characterized by a relatively short development cycle — usually only a few years — and they are constantly being replaced by newer, more effective and formally appropriate solutions. Therefore, in practical applications, such as hydrogeological applications, we should base upon the newest solutions, taking into consideration the possibility of converting models into other, most recent methodologies and associated languages. Solutions used at one point cannot be treated as closed and accepted permanently — for an indefinite period of time. It is necessary to work constantly on methodological update of the assumed solutions.

- Geoinformation systems (unlike records made on paper) require precision, both with regard to data itself and with regard to semantics of the data, and, as a result, also with regard to ontology of the subject area, to which the data pertains. Without precisely defined hydrogeological ontology and semantics, conceptual models cannot effectively play their role.

- Conceptual models of information and models of data structures in a given field (in this case, in hydrogeology) require thorough knowledge of the field, and therefore specialists of other fields cannot be entrusted with designing these models. Adequate conceptual models in hydrogeology can be designed only by hydrogeologists. Literature on the subject provides many examples that support this thesis.

- Hydrogeology has its own range and types of information, and thus its own conceptual models, regarding geoinformation. Therefore, fields that are related or linked to each other (mutually dependent) must resolve issues of mutual relations between conceptual models of information, pertaining to these fields. This objective can be reached only by publication of designed models, their subsequent new versions and implementation specifications.

- Even within a single field, such as hydrogeology, individual issues require more detailed knowledge than that of general hydrogeology. Therefore, it is necessary to introduce a detailed categorization of problems, for which separate conceptual models should be designed. A different model can be applied for hydrogeochemistry, and a different one — for modeling of groundwater flow. However, these models must be linked with regard to issues related to transport of substances dissolved in water, and adequately designed models should make it possible to create such links.

- A significant problem, related to hydrogeological conceptual models is separation of original information (obtained during measurements, observation and research) from information interpreted and based upon hypotheses. Without such separation, it is impossible to specify appropriately the semantics of conceptual models.

- Detailed information with regard to a specific area of hydrogeology includes components characterized by various levels of generality — from the most general ones (which are in the field of computer science and theory of information) through intermediate ones (geomatic and general geological components) up to specific components, belonging exclusively to hydrogeology or its limited, specific subject areas. A hierarchical information system, based upon objectivity, allows for a clear arrangement of geoinformation in accordance with this categorization.

- Correctness of the process of designing a conceptual model for an issue pertaining to a specific thematic field requires taking into consideration of a division into three interrelated types of models: a mental model of the real world, an abstract conceptual model and a model of data structures. Individual elements of these models strictly correspond with each other, but their meaning in all three models is different. Since often the same terms are used in them, their meaning depends upon the context. An example here may be the term "object". Using such terms without differentiating between the context often leads to ambiguity, inaccuracy and errors.

– Most hydrogeological geoinformation belongs to the "feature" type, and it can be encoded in form of coverage. Very often coverage is the most adequate method of encoding this information, since spatial distribution and continuity are the most often occurring characteristics of hydrogeological phenomena. Selection of an adequate type and form for a given kind of hydrogeological geoinformation is the condition of correctness of its conceptual models.

– For encoding information not related to a given hydrogeological feature, it is possible to apply a conceptual model, pertaining to observation and measurement. In this case, data obtained in this way is linked to position in time and space and the measurement device or method.

– Without standard interfaces, based upon a specific DCP (Distributed Computing Platform), it is not possible to solve the problem of interoperability. Therefore, the design of geoinformation infrastructure in hydrogeology requires some preliminary assumptions regarding selection of the most expandable platform, upon which interoperability with regard to hydrogeological information can be based.

– Conceptual models of information are not of national character — only terminology is associated with a given language, and to some extent with semantics, which depends upon it. Therefore, designing of such models perhaps should take place within the confines of international cooperation.

SŁOWNIK TERMINÓW UŻYWANYCH W TEKSTACH

Abstrakcyjny – obiekt, atrybut, typ, klasa (*abstract – object, attribute, type, class*) – określony ogólnie, bez szczegółów związanych z konkretną implementacją (uwarunkowaniami technologicznymi) lub z konkretną aplikacją (uwarunkowaniami wynikającymi z dziedziny zastosowania). Przykład: wynik pomiaru w znaczeniu ogólnym jako atrybut w modelu pojęciowym nie musi mieć określonego typu. Typ będzie zależał od fizycznego charakteru mierzonego elementu i od typu przyrządu pomiarowego.

Abstrakcyjny model pojęciowy (*abstract conceptual model*) – model pojęciowy niezależny od technicznych i technologicznych uwarunkowań, przy których pomocy będzie realizowane jego praktyczne zastosowanie. Model taki może być zapisany przy pomocy języka UML lub w inny sformalizowany sposób. Patrz: model pojęciowy.

Aplikacyjny model pojęciowy (*applicational conceptual model*) – model pojęciowy przeznaczony dla konkretnego systemu lub dla konkretnej dziedziny zastosowania. Z reguły jest bardziej szczegółowy niż model aplikacyjny. Patrz: model pojęciowy.

Atrybut (*attribute*) – właściwość wyróżnienia lub obiektu określona przez nazwę tej właściwości i zakres wartości, jakie mogą być przypisane tej nazwie dla określenia tej właściwości.

Atrybut geoprzestrzenny (*geospatial attribute*) – właściwość (cecha) wynikająca z faktu, że wyróżnienie zajmuje pewne miejsca w rzeczywistości w sensie geoprzestrzennym. Najczęściej przez domniemanie przyjmuje się, że określenie geoprzestrzenny obejmuje również czas, czyli jest równoznaczne z określeniem czaso-geoprzestrzenny. Przykładami takich atrybutów są: wielkość, kształt, położenie, przynależność geoprzestrzenna (np. leży w obrębie), relacje geoprzestrzenne względem innych wyróżnień (np. odległość lub rodzaj siedlstwa).

Atrybut niegeoprzestrzenny (*non-geospatial attribute*) – wszystkie pozostałe atrybuty niezwiązane z odniesieniem przestrzennym. Atrybuty te mogą należeć zarówno do wyróżnień geoprzestrzennych jak i do innych obiektów i wystąpień niegeoprzestrzennych.

Baza wiedzy – 1: repozytorium informacyjne (wraz z procedurami przechowywania, utrzymywania i udostępniania), które oprócz danych statycznych przechowuje także reguły logiczne, reguły aktywne, grafy wiedzy, sieci semantyczne, ograniczenia, perspektywy, zapamiętane procedury, itp. Podział na bazy wiedzy i bazy danych nie jest precyzyjny, gdyż współczesne bazy danych również posiadają niektóre z ww. własności (Subieta, 1999). **2:** trwała i ogólnodostępna reprezentacja

cja wiedzy istniejącej w organizacji służy podniesieniu efektywności pracy. Jej zadania to: gromadzenie i kodyfikacja wiedzy, zmiana kultury organizacji (Nowicki i Staniszkis, 2002).

Dane (*data*, w liczbie pojedynczej: *datum*) – **1**: jednostki informacji, czyli pojedyncze fragmenty informacji. Dane niezorganizowane nie stanowią informacji i czysto służyć nie mogą. Dane zorganizowane stanowią elementy informacji. Zorganizowanie danych może być jawne, na przykład w językach znacznikowych lub niejawnie, na przykład miejsce umieszczenia adresu na kopercie decyduje, czy jest to adres nadawcy czy odbiorcy. **2**: fakty, statystyki, opinie i przewidywania zabrane z różnych wewnętrznych i zewnętrznych źródeł. Dane bez kontekstu są szumem (Nowicki i Staniszkis, 2002).

Dane geoprzestrzenne (*geospatial data*) – **1**: dane w sensie zdefiniowanym przez informatykę, ale w odróżnieniu od innych rodzajów danych są one odniesione do określonego miejsca (fragmentu przestrzeni) i w rezultacie niezależnymi ich składnikami są dane określające położenie tego miejsca względem Ziemi. **2**: dane przestrzenne dotyczące Ziemi i wszystkich obiektów przestrzennych z nimi związanych (Gaździcki, 2001).

DPC (*Distributed Computing Platform*) – platforma przetwarzania rozproszonego. Przykładami są: DCE (*Distributed Computing Environment*), DCOM (*Distributed Common Object Model*), CORBA (*Common Object Request Broker Architecture*), a także w pewnym sensie Java i XML.

Encja (*entity*) – pojęcie z modelu encja-związek, oznaczające konkretny lub abstrakcyjny byt wyróżnialny w modelowanej rzeczywistości. W odróżnieniu od obiektu, encja nie jest kojarzona z metodami (Subieta, 1999).

Geomatyka (*geomatics*) – **1**: dziedzina wiedzy i technologii zajmująca się zagadnieniami pozyskiwania, zbierania, utrzymywania, analizy, interpretacji, przesyłania i wykorzystania informacji geoprzestrzennej, czyli związanej z miejscem, którego położenie jest określone względem Ziemi (Michalak, 2000a; 2001a). **2**: dyscyplina naukowo-techniczna zajmująca się pozyskiwaniem, analizowaniem, interpretowaniem, upowszechnianiem i praktycznym stosowaniem geoinformacji (Gaździcki, 2001).

Geometria wyróżnienia (*feature geometry*) – podzbiór atrybutów geoprzestrzennych wyróżnienia odnoszących się wyłącznie do tych cech, które zależą od przyjętego układu odniesienia lub odwzorowania. Przykład: na różnych mapach wiata kształt Antarktydy jest inny. Patrz: wyróżnienie.

GML (*Geography Markup Language*) – aplikacja języka (metajęzyka) XML przeznaczona do kodowania geoinformacji w celu przesyłania jej pomiędzy różnymi systemami — *on-line*, niezależnie od platformy sprzeczowo-systemowej i niezależnie od charakteru i technologii systemu GI. Obecna wersja 3.0 pozwala na zapis danych w wymiarowośći przestrzennej 4D, co czyni ten język bardzo atrakcyjnym w zastosowaniach geologicznych.

Implementacyjny model pojęciowy (*implementational conceptual model*) – model pojęciowy uwzględniający technologiczne środowisko, w którym będzie realizowana jego aplikacja. Na przykład zapisany w formie schematu XML. Model implementacyjny powinien spełniać wymagania określonego standardu lub bardziej ogólnej specyfikacji. Patrz: model pojęciowy.

Informacja (*information*) – **1**: dane komputerowe, które są zorganizowane i przedstawione w usystematyzowanej formie dla zrozumienia ich podstawowego znaczenia. Związki między informacją i danymi wyjątkowo definiują dane. **2**: dane interpretowane w kontekście określonego celu (Nowicki i Staniszkis, 2002).

Informacja geoprzestrzenna (*geospatial information*) – **1**: informacja w sensie zdefiniowanym przez informatykę, ale w odróżnieniu od innych rodzajów informacji jest ona odniesiona do określonego miejsca (fragmentu przestrzeni) i w rezultacie niezależnymi jej składnikami są dane

określa miejsce tego miejsca względem Ziemi. **2:** informacja uzyskiwana w drodze interpretacji danych geoprzestrzennych (Gardzicki, 2001).

Interoperacyjność (*interoperability*) – dziedzina badawcza i praktyczna zajmująca się współpracą niezależnie zbudowanych (heterogenicznych) systemów, szczególnie w sieciach komputerowych. Zagadnienia te obejmują między innymi: budowę systemów otwartych, łączenie starszego oprogramowania z nowymi systemami, budowę wspólnego obrazu danych i wspólnego języka dostępu do danych, dostęp do obcych baz, automatycznych translacji pomiędzy językami komunikacji, a także opracowywanie różnorodnych standardów w zakresie interoperacyjności. Synonim: współdziałanie (Subieta, 1999).

Klasa (*class*) – pojęcie klasy jest używane w trzech do bliskich znaczeniach: (1) zbiór obiektów o zbliżonych własnościach; (2) byt semantyczny rozumiany jako miejsce przechowywania takich cech grupy podobnych obiektów, które są dla nich niezmiennie (np. zestawu atrybutów, nazwy, metod, ograniczeń dostępu); (3) wyrażenie językowe specyfikujące budowę obiektów, dozwolone operacje na obiektach, ograniczenia dostępu, wyjątki, itd. Zwykle klasy wiążą się ze sobą poprzez hierarchie (lub inne struktury) dziedziczenia (Subieta, 1999).

Merologia (*merology*) – dział ontologii zajmujący się zagadnieniami związanymi z relacjami i całością. W modelach pojęciowych wyraża się to przy pomocy dwóch typów asocjacji: agregacji i kompozycji, między którymi granica nie zawsze jest jasno określona.

Merotopologia (*merotopology*) – powiązanie zagadnień merologii z zagadnieniami topologicznymi, czyli relacje między całością w aspekcie przestrzennym. Przykład: czy punkt początkowy i końcowy odcinka należą do tego odcinka na zasadzie agregacji, czy kompozycji.

Metadane (*metadata*) – **1:** dane o danych. **2:** dane na temat zawartości, jakości, warunków i innych cech charakterystycznych zbioru danych (ISO, 2002c). **3:** w odniesieniu do zbioru danych geoprzestrzennych, są to dane o położeniu i rodzaju obiektów oraz ich atrybutów, pochodzenia, dokładności, szczegółowości, aktualności, zastosowanych standardach, prawach własności i prawach autorskich (Gardzicki, 2001). **4:** wszelkie dane opisujące zawartość bazy danych: schemat, podschematy poszczególnych użytkowników, typy danych, opis semantyki danych, opis rozmieszczenia i organizacji fizycznej danych, liczniki i statystyki dotyczące danych i ich wykorzystania, prawa dostępu do danych, itd. (Subieta, 1999).

Metafora (*metaphor*) – w teorii informacji: zestaw pojęć, terminów, wyobrażeń, obiektów itd. dobrze rozumianych przez ludzi, który służy jako podstawowa koncepcja ułatwiająca zrozumienie złożonego układu, na przykład interfejsu użytkownika (Subieta, 1999). Przykładem takiej metafory jest "pulpit", czyli traktowanie ekranu komputera jak blatu stołu. Przykładem metafory w hydrogeologii jest "zwierciadło wody podziemnej".

Metamodel (*metamodel*) – w założeniu, model definiujący składnię, semantykę i pragmatykę wprowadzonego modelu, notacji lub diagramu. Metamodel proponowany przez autorów UML ustala pewne elementy składni diagramów, ograniczenia typologiczne, klasyfikacje pojęć oraz związki między pojęciami (Subieta, 1999).

Metoda (*method*) – procedura, funkcja lub operacja przypisana do klasy obiektów i dziedziczona przez jej podklasy (Subieta, 1999).

Metodyka (*methodology*) – zestaw pojęć, notacji, modeli formalnych, języków i sposobów postępowania służący do analizy rzeczywistości (stanowiącej przedmiot projektowanego systemu informatycznego) oraz do projektowania pojęciowego, logicznego i/lub fizycznego. Zwykle metodyka jest powiązana z odpowiednimi notacjami (diagramami) służącymi do zapisywania wyniku poszczególnych faz projektu, jako rodek wspomagający ludzkie pamięci i wyobraźnię i jako rodek komunikacji w zespołach oraz między projektantami i klientem (Subieta, 1999).

Model pojęciowy (*conceptual model*) – **1** (w informatyce): model procesów (funkcyjnych w systemie informatycznym) lub model struktury danych odwołujący się do ludzkiej percepcji i wyobraźni, mający za zadanie zrozumienie problemu, udokumentowanie wyniku analizy lub projektu w czytelnej i abstrakcyjnej formie językowej oraz ułatwienie komunikacji w zespołach ludzkich (Subieta, 1999). **2** (bardziej ogólnie): reprezentacja wybranych właściwości przestrzeni rozważań (*universe of discourse*) przy użyciu encji (klas lub typów wyróżnień) oraz zależności między nimi (Gardzicki, 2001). **3** (w geomatyce): model identyfikujący i definiujący typy zjawisk świata rzeczywistego (lub typy reprezentujących je wyróżnienia przestrzennych) i typy występujących pomiędzy nimi zależności i powiązań.

Model pojęciowy struktur danych (*conceptual model of data structures*) – model pojęciowy stanowiący podstawę programowania układu danych w określonym systemie z zastosowaniem wybranego języka programowania, np. C++ lub SQL.

Model semantyczny (*semantic model*) – zestaw pojęć, technik i notacji mający na celu odwzorowanie semantyki danych, czyli ich znaczenia w świecie zewnętrznym. Modele semantyczne wprowadzają w tym celu pojęcia, takie jak: generalizacja, specjalizacja, asocjacja, agregacja, klasyfikacja, własności temporalne, zdarzenia, własności behawioralne, itd. Przykładem prostego modelu semantycznego jest model encja-związek. Niekiedy terminem "model semantyczny" określa się również konkretny diagram (lub inną formę językowo-graficzną) odwzorowujący rzeczywistość opisywaną przez dane (Subieta, 1999).

Nieortogonalność (*non-orthogonality*) – brak ortogonalności, patrz: ortogonalność. Nieortogonalność występuje w przypadkach, gdy jedne cechy, związane z czynnikiem niezależnym, zależą od innych cech związanych z innym czynnikiem niezależnym. Przykładem nieortogonalności jest zależność położenia warstw od ich wieku w profilu geologicznym.

Obiekt (*object*) – **1**: w teorii informacji — konkretny lub abstrakcyjny byt (wystąpienie) wyróżnialny w modelowanej rzeczywistości, posiadający nazwę, jednoznaczny identyfikacyjny, wyraźnie określone granice, atrybuty i inne właściwości takie jak rodzaj struktury wewnętrznej lub struktury danych z nim związanych. Te składniki obiektu określają: jego stan (poprzez wartości atrybutów i powiązania) i jego zachowanie się (poprzez operatory i funkcje, czyli metody) (Subieta, 1999). **2**: w geomatyce przyjmuje się, że obiekt jest wystąpieniem klasy i jest to oparte na paradygmacie obiektowości wywodzącym się z języka UML, który jest tu przyjęty do opisu modeli pojęciowych (OMG, 2001). **3**: w kartografii — definicja obiektu jest inna i jest zbliżona do potocznego rozumienia tego słowa, np. obiekt wojskowy, sportowy, turystyczny i inne (Gardzicki, 2001).

OCL (*OCL – Object Constraint Language*) – język ograniczeń obiektowych. Przeznaczony do uzupełniania i uściślenia modelu zapisanego przy pomocy języka UML. W ramach tego języka, obok jego własnej notacji, można używać na przykład notacji języka C++ lub opisów tekstowych.

Ontologia (*ontology*) – **1**: w filozofii — dział filozofii zajmujący się teorią bytu i struktur rzeczywistości. **2**: w teorii informacji — formalna specyfikacja (przy użyciu logiki matematycznej) obiektów, pojęć i innych bytów, które istnieją w pewnej dziedzinie, oraz formalna specyfikacja związków, które pomiędzy tymi bytami zachodzą. Ontologia razem ze zbiorem poszczególnych występowających elementów tworzy bazę wiedzy w danej dziedzinie (Guarino, 1998). **3**: pojęciowy model dziedziny bazy wiedzy obejmujący klasy obiektów i klasy powiązań, klasyfikatory obiektów, definicje procesów oraz reguły wnioskowania (Nowicki i Staniszkis, 2002).

Ortogonalność (*orthogonality*) – wzajemna niezależność, dobre oddzielenie, możliwość dobrego łączenia. Termin ten pochodzi z matematyki, gdzie oznacza niezależność pewnych cech od innych cech (Subieta, 1999).

Pokrycie geoprzestrzenne (*geospatial coverage*) – dwu- (lub czasami więcej-) wymiarowa metafora dla zjawiska występującego na lub w pobliżu powierzchni ziemi. W podstawowym znaczeniu tego terminu pokrycie (i obrazy) pozwalają "zobaczyć" w n-wymiarach (gdzie n jest zwykle 2, a czasami 3 lub więcej) jak (zwykle bardziej złożone) przestrzenie wyróżnienia geoprzestrzennego. Cenną zaletą pokrycia jest możliwość modelowania i zobrazowania geoprzestrzennego rozłożenia zjawiska na Ziemi i geoprzestrzennych relacji między tymi zjawiskami. Pokrycie jest szczególnym przypadkiem (lub podtypem) wyróżnienia. W schemacie aplikacyjnym pokrycie jest funkcją, która dokonuje projekcji domeny geoprzestrzennej do domeny atrybutów. Przykładami pokrycia są: obraz rastrowy, powierzchnia zbudowana z wieloboków i macierzowy model powierzchni (terenu lub geologicznej). Pokrycia są często implementowane jako zbiór danych przypisanych do określonego atrybutu jako wartości związane z położeniem w ograniczonej przestrzeni (OGC, 1999).

Pomiar (*measurement*) – występuje procedura do wyznaczenia wartości elementu naturalnego zjawiska, najczęściej z zastosowaniem instrumentu lub czujnika. W modelach pojęciowych systemów informatycznym jest to specyfikowane jako typ wyróżnienia dynamicznego, które ma składnik zawierający wynik pomiaru. Wyróżnienie pomiarowe ma takie położenie, czas i odniesienie do metody zastosowanej dla uzyskania wartości. Wyróżnienie pomiarowe wiąże wartość z położeniem i metodą lub instrumentem.

Rozmyty – obiekt, wyróżnienie, granica lub atrybut (*fuzzy – object, feature, boundary or attribute*) – obiekt, wyróżnienie lub atrybut jest określany jako rozmyty w przypadku, gdy granice, atrybuty lub ich wartości nie są ostre, to znaczy istnieje wyrażenie na niejednoznaczność dotycząca granic, atrybutów lub ich wartości. Przykładami mogą być: granica góry lub synkliny, pole temperatury powietrza lub objętość rzeki, pole hydrodynamiczne lub hydrochemiczne, strefa waha zwierciadła wody lub wzniosu kapilarnego.

Schemat (*schema*) – **1:** opis logicznej struktury bazy danych lub innego systemu związanego z danymi, np. interfejsu wymiany danych (XML Schema). **2:** opis atrybutów wyróżnienia, lub bardziej dokładnie — specyficzny model atrybutów dla wyróżnienia określony przy pomocy elementarnych typów danych i ograniczeń dotyczących tych typów (Buehler, McKee, 1996).

Schemat aplikacyjny (*application schema*) – schemat przeznaczony dla konkretnego systemu lub dla konkretnej dziedziny zastosowania.

Schemat implementacyjny (*implementation schema*) – schemat uwzględniający technologiczne środowisko, w którym będzie realizowana jego aplikacja. Na przykład zapisany w formie schematu XML.

Semantyka (*semantics*) – **1:** w znaczeniu ogólnym — jest to dział lingwistyki zajmujący się badaniem znaczenia wyrazów, fraz i zdań. **2:** w informatyce — odnosi się do znaczenia przypisanego danym, fragmentowi programu lub strukturze zapisanej w formie diagramu. W nieformalnych modelach danych semantyka oznacza odwzorowanie danych lub schematów (diagramów, modeli) w obrazy pojęciowe (konceptyjne) dotyczące modelowanej rzeczywistości (Subieta, 1999).

Skalowalność (*scalability*) – **1:** zdolność oprogramowania lub systemu komputerowego do sprawnego działania w warunkach rosnącej liczby użytkowników, związanym z przetwarzaniem danych lub rozrostu ilości w sieci komputerowej (Subieta, 1999). **2:** cecha systemu umożliwiająca utrzymanie efektywnego działania systemu w sytuacji zwiększenia liczby użytkowników, liczby obiektów informacyjnych objętych działaniem systemu, liczby obsługiwanych procesów i złożoności świadczonych usług (Nowicki, Staniszkis, 2002).

Słownik (*dictionary*) – **1:** ogólnie — miejsce przechowywania lub baza danych terminów oraz ich wyjaśnień dotyczących pewnej dziedziny działalności np. z analizą i projektowaniem

systemu informatycznego (Subieta, 1999). **2:** klasa lub inna struktura przechowująca dane pochodzące w pary "hasło→znaczenie" (np. pl→Polska) i przeznaczona do przekodowywania informacji.

Specyfikacja (*specification*) – **1:** abstrakcyjny opis bytu programistycznego (procedury, modułu, klasy, obiektu, bazy danych, itp.) określający reguły użycia lub ustalający podstawowe założenia jego implementacji (Subieta, 1999). **2:** dokument lub opis, który określa w sposób kompletny, precyzyjny i sprawdzalny wymagania, projekt lub charakterystykę systemu lub jego fragmentu i często także procedury dla określenia czy te wymagania są spełnione.

Standard (*standard*) – inaczej norma. Wzorzec rozwiązania sprzeczności lub programowego zatwierdzonego przez instytucję standaryzacyjną lub przyjęty nieformalnie wskutek jego upowszechnienia, w przypadku standardów informatycznych najczęściej o zasięgu światowym. Do najważniejszych instytucji opracowujących standardy należą: ISO, IEEE, ANSI. Przykładami standardów są: RS-232-C (fabryczny standard interfejsu sprzeczności), ANSI C++ (oficjalny standard języka programowania), POSIX (standard IEEE przenośnego systemu unixowego), CORBA (standard obiektowych systemów rozproszonych) (Płoski, 1999).

Stereotyp (*stereotype*) – w terminologii UML, klasyfikacja elementu modelu posiadająca semantyczne konsekwencje. Stereotypy mogą być predefiniowane lub zdefiniowane przez użytkownika. Stereotypy (najczęściej) są pewnymi oznaczeniami graficznymi na diagramach wraz z przypisanym im znaczeniem (Subieta, 1999).

Struktura (*structure*) – termin w C++ (także w innych językach) na oznaczenie zestawu nazwanych wartości, w innych językach odpowiada jej zapis lub rekord (Subieta, 1999).

Studium przypadku użycia (*use case study*) – **1:** w terminologii Jacobson'a i UML – przypadek użycia to opis pojedynczego sposobu użycia systemu lub aplikacji; sekwencja transakcji lub scenariusz dotyczący pojedynczej funkcji systemu widzianej przez jego użytkownika (Subieta, 1999). **2:** w szerszym znaczeniu studium przypadków użycia to analiza możliwości realizacji czegoś z innych zrealizowanych z określonym daniem lub stanem. Przypadki użycia są często określone przy pomocy scenariuszy.

Tabela (*table*) – struktura danych implementowana w relacyjnych bazach danych, często nazywana relacją. Tabela składa się z wierszy lub inaczej krotek. Trzeba zwrócić uwagę, że między relacją (w sensie matematycznym) i tabelą występuje istotna różnica koncepcyjna. Tabela jest wyposażona w nazwy kolumn (które niosą informację semantyczną) (Subieta, 1999).

Tablica (*array*) – **1:** często synonim tabeli w systemach relacyjnych. **2:** w językach programowania termin ten oznacza strukturę danych tego samego typu, której elementy są indeksowane liczbami całkowitymi. Dostęp do elementu następuje poprzez podanie nazwy tablicy oraz indeksy elementu (Subieta, 1999).

Topologia (*topology*) – **1:** w matematyce – dział badający te własności figur, które nie ulegają zmianom przy różnego rodzaju przekształceniach, np. przy wyginaniu lub kurczeniu się. **2:** w geografii – naukowe wyjaśnienie relacji między połączonymi lub sąsiadującymi ze sobą punktami, liniami i obszarami, a szczególnie między właściwościami obiektów, które się nie zmieniają podczas transformacji wynikających ze zmian odwzorowania (ISO, 2002c).

Topologia wyróżnienia (*feature topology*) – podzbiór atrybutów geoprzestrzennych wyróżnienia odnoszących się wyłącznie do tych cech, które nie zależą od przyjętego układu odniesienia lub odwzorowania, np. fakt, że Warszawa leży nad Wisłą, a jej dzielnica Praga na prawym brzegu tej rzeki. Zagadnieniami przynależnymi do jednego wyróżnienia lub obiektu do innego jako części należącej do całości zajmuje się merologia (*merology*), a jeżeli ta przynależność ma sens przestrzenny to merotopologia (*merotopology*) (Smith, Mark, 1998).

To samo (*identity*) – to samo obiektu oznacza, a obiekt istnieje i jest odrębny niezależnie od jego aktualnego stanu (wartości atrybutów), który może się zmieniać; może być dwa różne obiekty o identycznych wartościach atrybutów. Praktycznie, to samo oznacza istnienie unikalnego wewnętrznego (nieczytelnego dla użytkownika) identyfikatora obiektu, który nie ulega zmianie podczas życia obiektu (Subieta, 1999).

Treść (*content*) – istotna (merytoryczna, dla danego odbiorcy) część informacji, ponieważ informacja może zawierać również część dotycząca formy przedstawianej treści. Z tego względu termin ten jest bardziej zrozumiały, jeżeli przeciwstawi się mu forma, jako mniej istotna część informacji. Określenie "przerost formy nad treścią" stosowane do niektórych stron WWW dobrze ilustruje relację pomiędzy treścią do jej formy informacji.

UML (*Unified Modeling Language*) – zuniifikowany język modelowania, a także — metodyka zawierająca zasady i notacje służące do obiektowej analizy, modelowania i projektowania, opracowana przez czołowych metodologów: G. Booch, I. Jacobson, J. Rumbaugh; rozpowszechniana przez firmę Rational Inc. UML jest następcą OMT, metodyki Booch'a oraz metodyki opartej na przypadkach użycia (*use cases*) Jacobson'a. UML jest lansowany jako standard notacyjny, również jako fragment standardu OMG (Subieta, 1999). Najnowsza wersja UML 1.4 ukazała się w roku 2001.

Ustanowiony – obiekt, wyodrębnienie, granica lub atrybut (*fiat – object, feature, boundary or attribute*) – Obiekt, wyodrębnienie lub atrybut jest określany jako ustanowiony w przypadku, gdy nie jest on naturalnie wyodrębnialny z otaczającego go rzeczywistości. W geomatyce najczęściej odnosi się to do wyznaczenia granic, które wyznacza się arbitralnie w oparciu o określone hipotezy lub bez uwzględnienia przesłanek wynikających z obserwacji (Smith, 2001). Przykładem może być terenowa jednostka administracyjna (gmina lub powiat), granica zatoki od strony morza lub granice jednostki geologicznej lub hydrogeologicznej o charakterze ciągłym, np. monokliny lub zbiornika wód podziemnych. Przeciwnieństwem ustanowionego jest autentyczny (rzeczywisty, *genuine*).

Wyodrębnienie geoprzestrzenne (*geospatial feature*) – **1**: podstawowy fragment (atom) informacji geoprzestrzennej. Posiada atrybuty geoprzestrzenne (geometryczne i topologiczne) np. kształt, rozciągłość, położenie, relacje z innymi wyodrębnieniami. Często pojęcie wyodrębnienie jest mylone z pojęciem obiekt, jednak wyodrębnienie może być obiektem, ale nie może nim być (Mark i in., 2001). Ponieważ w geomatyce wszystkie wyodrębnienia są geoprzestrzenne, przymiotnik geoprzestrzenny jest na ogół pomijany i używa się krótszego terminu wyodrębnienie. **2**: cyfrowa reprezentacja zjawiska (bytu) świata rzeczywistego lub jego abstrakcja w modelu pojęciowym. Wyodrębnienie ma określone miejsce w przestrzeni i czasie jako jego atrybuty (Buehler, McKee, 1996). Przykładem wyodrębnienia może być prawie wszystko, co może być umieszczone w przestrzeni i czasie: stół, budynek, miasto, drzewo, fragment lasu, ekosystem, trasa przejazdu lub wy atmosferyczny jako obszar wysokiego ciśnienia powietrza. **3**: Abstrakcja zjawiska świata rzeczywistego. Termin wyodrębnienie może odnosić się do typu zjawiska lub jego konkretnego wystąpienia (ISO, 2002c), np. "rzeka" i "Wisła".

XML (*eXtensible Markup Language*) – Język (metajęzyk) znacznikowy przeznaczony do strukturalnego zapisu informacji. Jest następcą języka SGML (*Standard Generalized Markup Language*) który w roku 1986 został przyjęty standardem ISO 8879 i do dziś jest szeroko stosowany do zapisu dokumentów i publikacji — między innymi w Bibliotece Kongresu Stanów Zjednoczonych i w Państwowych Wydawnictwach Naukowych.

Zbiór (*set*) – **1**: w terminologii obiektowych baz danych (np. ODMG) konstruktor typu/klasz nawiązujący do matematycznego pojęcia zbioru. Obiekt lub wartość typu zbiór może na dowolnie zwi kszać o nowe elementy oraz usuwać z niej elementy; nie może ona jednak zawierać dwóch

identycznych elementów. Porządek elementów w zbiorze nie ma znaczenia (Subieta, 1999). **2:** kolekcja obiektów lub wartości określonego typu lub bez reprezentacji typu (ISO, 2002c). **3:** skończona lub nieskończona liczba obiektów jakiego rodzaju, występuje (bytów) lub pojęć, które mają określone wspólne właściwości (atrybuty, cechy).

Pracę wykonano w ramach projektu badawczego Nr 9 T12B 025 18 finansowanego przez Komitet Badań Naukowych w latach 2000 - 2003.

Figury 32 i 33 pochodzą z publikacji "What is ArcGIS". Copyright (c) 2001 ESRI. All rights reserved.

Figury 13, 14, 31 i 34 pochodzą z publikacji Open GIS Consortium. Copyright (c) 1996 - 2002 OGC. All rights reserved.

Tabela 1

Przebieg modelowania pojęciowego w zakresie geoinformacji na poziomie ogólnym i dziedzinowym w odniesieniu do hydrogeologii z uwzględnieniem kierunków transferu wiedzy (\Downarrow , \Uparrow , \Leftrightarrow i/lub \Rightarrow)

Process of conceptual modeling in field of geoinformation on generic and domain level in reference to hydrogeology with regarding knowledge transfer direction (\Downarrow , \Uparrow , \Leftrightarrow and/or \Rightarrow)

Tabela 2

Relacje pomiędzy stopniem ogólności geoinformacji a aspektem semantycznym, geometrycznym i topologicznym

Relation between degree of abstraction of geoinformation and semantic, geometric and topological aspects

Tabela 3

Przykład zapisu topologii pokrycia macierzowego (objaśnienia w tekście)

Example of encoding of matrix coverage topology (explanation in text)

a. Informacja podstawowa:	b. Informacja topologiczna:
Primary information	Topological information

Tabela 4

Zestawienie projektów norm z grupy ISO 19100 opracowywanych w Komitecie Technicznym ISO/TC 211 (stan w grudniu 2002)

List of standardization projects of ISO 19100 set developed by Technical Committee ISO/TC211 (state in December 2002)

Objaśnienia elementów tabeli:

Kolumna pierwsza: Nr – numer projektu (normy lub raportu technicznego), status – aktualny stopień zaawansowania prac: IS – *International Standard* (norma międzynarodowa – ukończona), DIS – *Draft International Standard* (projekt normy międzynarodowej), FDIS – *Final Draft International Standard* (kończący projekt normy międzynarodowej), CD – *Committee Draft* (projekt komitetu – wewnętrzny), WD – *Working Draft* (projekt roboczy), TR – *Technical Report* (raport techniczny – ukończony), PDTS – *Proposed Draft Technical Specification*, PDTR – *Proposed Draft Technical Report*. Data – planowany termin ukończenia.

Kolumna ostatnia: symbole opracowane OGC (np. T-0) odnoszą się do pozycji w kolumnie pierwszej tabeli 5.

Explanation of table elements:

The first column: Nr – project number (of standard or technical report), status – current state of development works: IS – International Standard (completed), DIS – Draft International Standard, FDIS – Final Draft International Standard, CD – Committee Draft, WD – Working Draft, TR – Technical Report (completed), PDTS – Proposed Draft Technical Specification, PDTR – Proposed Draft Technical Report. „Data“ – planned deadline of completion.

The last column: denotation of OGC document (e.g. T-0) as a reference to the position in the first column of table 5.

Tabela 5

Zestawienie tematów specyfikacji i projektów opracowywanych w Open GIS Consortium (stan w listopadzie 2002)

List of specification topics and projects developed by Open GIS Consortium (state in November 2002)

Obja nienia elementów tabeli:

Kolumna pierwsza: symbol – symbol projektu (specyfikacji lub dokumentacji): T – temat specyfikacji abstrakcyjnej, SI – specyfikacja implementacyjna, D – dokument lub zbiór dokumentów; wersja – nr aktualnie uko czonej wersji, data – data uko czenia tej wersji.

Kolumna ostatnia: numery odnosz si do poszczególnych projektów ISO w tabeli 4.

Explanation of table elements:

The first column: „symbol“ – denotation of project (of specification or document): T – topic of abstract specification, SI – implementation specification, D – document or set of documents; „wersja“ – number of currently completed version, „data“ – date of completion of this version.

The last column: number of ISO standard as a reference to the position in the first column of table 4.

Tabela 6

Zestawienie atrybutów klasy obiekt hydrogeologiczny (`Groundwater_feature`) w modelu poj ciowym UML (fig. 24) w oparciu o australijski standard danych dotycz cych wód podziemnych

List of attributes of class `Groundwater_feature` in UML conceptual model (fig. 24) basing on Australian groundwater data standard

Tabela 7

Zapis zło onego poligonu z figury 28 w tablicach relacyjnej bazy Oracle 8i Spatial
Encoding of complex polygon from figure 28 in tables of relational database Oracle 8i Spatial

Tabela 8

Przykładowy zestaw danych dotycz cych stacjonarnych obserwacji zwierciadła wody w piezometrze

Exemplary data set relating to stationary observations of groundwater table in piezometer

Fig. 1. Sformalizowany graficzny zapis treści tabeli 4.0.1. przy pomocy notacji diagramu klas UML. Objasnienie symboli graficznych zawiera fig. 18 (rozdz. 9.3)

Formalistic graphical description of content of table 4.0.1 by using the UML class diagram notation. Explanation of graphical notation of UML diagrams are presented on fig. 18 (chap. 9.3)

Fig. 2. Okno programu Rational Rose pokazuj ce składniki klasy Topologia_hydrogeologiczna — własne i dziedziczone od klas z wy szego poziomu hierarchii

Rational Rose program window presenting members of HydrogeologicalTopology class, own and inherited from classes in higher level of hierarchy

Fig. 3. Okno programu Rational Rose pokazuj ce relacje (asocjacje i specjalizacje) klasy Topologia_hydrogeologiczna — własne i dziedziczone od klas z wy szego poziomu hierarchii

Rational Rose program window presenting relations (associations and specialization) of HydrogeologicalTopology class, own and inherited from classes in higher level of hierarchy

Fig. 4. Diagram klas w UML przedstawiaj cy hierarchiczn struktur podstawowych elementów geometrycznych: prostych, złożonych i agregatów (opracowano programem Rational Rose na podstawie normy ISO 19107) (ISO, 2002f) Objasnienie notacji graficznej diagramów UML s przedstawione na figurze 18 (rozdz. 9.3)

Hierarchical structure of basic geometric elements: primitive, complex and aggregates (class diagram in UML language elaborated by using the Rational Rose software on the basis of ISO 19107 standard) (ISO, 2002f). Explanation of graphical notation of UML diagrams are presented on figure 18 (chap. 9.3)

Fig. 5. Diagram UML przedstawiaj cy hierarchiczn struktur klas podtypów krzywej b d ych specjalizacjami abstrakcyjnego segmentu (opracowano programem Rational Rose na podstawie normy ISO 19107) (ISO, 2002f)

Hierarchical class structure of subtype of curve element as a specializations of abstract segment (class diagram in UML elaborated by using the Rational Rose software on the basis of ISO 19107 standard) (ISO, 2002f)

Fig. 6. Diagram UML przedstawiaj cy struktur klas elementów topologicznych (opracowano programem Rational Rose na podstawie normy ISO 19107) (ISO, 2002f)

Class structure of geospatial topological elements (class diagram in UML elaborated by using the Rational Rose software on the basis of ISO 19107 standard) (ISO, 2002f)

Fig. 7. Diagram UML przedstawiaj cy powiazania pomi dzy podstawowymi elementami geometrycznymi i topologicznymi (opracowano programem Rational Rose na podstawie normy ISO 19107) (ISO, 2002f)

Diagram describing associations between basic geometric and topological elements (class diagram in UML elaborated by using the Rational Rose software on the basis of ISO 19107 standard) (ISO, 2002f)

Fig. 8. Elementy geometryczne czasu — diagram UML (opracowano programem Rational Rose na podstawie normy ISO 19108) (ISO, 2002b)

Geometrical elements of time, diagram UML (elaborated by using the Rational Rose software on the basis of ISO 19108 standard) (ISO, 2002b)

Fig. 9. Elementy topologiczne czasu — diagram UML (opracowano programem Rational Rose na podstawie normy ISO 19108) (ISO, 2002b)

Topological elements of time (diagram UML elaborated by using the Rational Rose software on the basis of ISO 19108 standard) (ISO, 2002b)

Fig. 10. Schematyczna topologia czasoprzestrzenna powstawania profilu geologicznego
Schematic spatiotemporal topology of formation of geologic profile

Fig. 11. Uproszczony model topologii czasoprzestrzennej
Simplified model of spatiotemporal topology

Fig. 12. Diagram przypadków użycia (w języku UML) opisujący czynności związane z opracowaniem modelu symulującego przepływ wody podziemnej

Use case diagram in UML language describing actions related to elaboration of model simulating groundwater flow

Fig. 13. Rozwój systemów geoinformacyjnych w kierunku interoperacyjności opartej na interfejsach (reprodukowano za zgodą OGC) (Buechler, McKee, 1996)

Evolution of geoinformation systems towards interoperability basing on interfaces (reproduced with OGC permission) (Buechler, McKee, 1996)

Fig. 14. Schematy przesyłania geoinformacji w internecie pomiędzy serwerem (systemem udostępniającym dane) i klientem (systemem poszukującym danych i odbierającym wyniki) (reprodukowano za zgodą OGC) (OGC, 2000)

Schemes of geoinformation transfer by Internet between server (data provider system) and client (data seeker and receiver system) (reproduced with OGC permission) (OGC, 2000)

Fig. 15. Przykład diagramu sekwencji w języku UML dotyczący dostępu do banku HYDRO za pośrednictwem internetu

Example of sequence diagram in UML language concerning access to HYDRO database by the Internet

Fig. 16. Przykład diagramu stanów w języku UML dotyczący dostępu do banku HYDRO za pośrednictwem internetu

Example of state diagram in UML language concerning access to HYDRO database by the Internet

Fig. 17. Przykład diagramu pakietów w języku UML dotyczący geologicznego porządkowego systemu odniesienia czasowego wyrażonego w formie tablicy stratygraficznej

Example of package diagram in UML language concerning geologic time ordinal reference system expressed in stratigraphic chart form

Fig. 18. Notacja graficzna diagramów klas UML w zakresie profilu ISO dla modeli pojęciowych w geomatyce

Graphical notation of class diagrams in UML language in scope of ISO profile for conceptual models in geomatics

Fig. 19. Model pojęciowy słownika i listy kodowej z zastosowaniem klas parametryzowanych – parametrami są: `KeyType` i `ValueType`. Słowniki są często stosowane w hydrogeologicznych bazach danych (opracowano programem Rational Rose na podstawie normy ISO 19103) (ISO, 2002e)

Conceptual model of dictionary and code list with usage of parameterized class – the parameters are: `KeyType` and `ValueType`. Dictionaries are often used in hydrogeological databases (elaborated by using the Rational Rose software on the basis of ISO 19103 standard) (ISO, 2002e)

Fig. 20. Diagram UML przedstawiający schemat pojęciowy punktu i krzywej jako elementów geoinformacji (opracowany programem Rational Rose na podstawie normy PN-N-12160) (PKN, 2002)

Class diagram in UML language presenting conceptual schema of point and curve as elements of geoinformation defined in PN-N-12160 standard (PKN, 2002)

Fig. 21. Diagram klas w języku UML ściśle odpowiadający schematowi wyjściowemu w języku EXPRESS (nie wszystkie elementy modelu UML są na tym diagramie widoczne, ponieważ diagram jest tylko częścią modelu)

Class diagram in UML language for point and curve exactly conformable to initial schema in EXPRESS language (not all elements of UML model are visible due to this diagram is a part of model only)

Fig. 22. Diagram klas UML schematu pojęciowego dla punktu i krzywej ze wszystkimi niezbędnymi definicjami i z zachowaniem przyjętych w tym języku reguł

UML class diagram of conceptual schema for point and curve with all needed definitions and with consideration of rules established in this language

Fig. 23. Diagram encja-zwizek — ER (*Entity Relationship*) przedstawiający model pojęciowy dla australijskiego standardu danych dotyczących wód podziemnych. Opracowany na podstawie dokumentacji projektu (Rice i in., 1999) z zastosowaniem polskiej terminologii

Entity-Relationship (ER) diagram presenting conceptual model of Australian standard for data concerning groundwater. Elaborated on the basis of project documentation (Rice et al., 1999) with application of Polish terminology

Fig. 24. Diagram klas UML odpowiadający modelowi pojęciowemu (fig. 23) australijskiego standardu danych dotyczących wód podziemnych (z zastosowaniem polskiej terminologii)

UML class diagram corresponding with conceptual model (fig. 23) of Australian standard for data concerning groundwater (with application of Polish terminology)

Fig. 25. Diagram UML przedstawiający hierarchię klas związanych z klasą `GeologicConcept` w modelu pojęciowym danych geologicznych projektu NORTON (opracowano programem Rational Rose na podstawie materiałów projektu) (Brodaic, 2002)

UML diagram presenting class hierarchy related to class `GeologicConcept` in conceptual model for geological data of NORTON project (elaborated by using the Rational Rose software on the basis of project documentation) (Brodaic, 2002)

Fig. 26. Diagram XML Schema przedstawiający fragment specyfikacji schematu XML dla zapisu danych geochemicznych (na podstawie materiałów projektu XMML). Objasnienie elementów graficznych diagramów XML Schema zawiera figura 27

XML Schema diagram presenting fragment of XML Schema specification for encoding geochemical data (on the basis of XMML project documentation). Explanation of graphical notation of XML diagrams are presented on figure 27

Fig. 27. Objasnienie elementów graficznych diagramów XML Schema
Explanation of graphical elements of XML Schema diagrams

Fig. 28. Przykład złożonego poligonu zapisanego w relacyjnej bazie danych Oracle 8i Spatial. Opracowane na podstawie publikacji Oracle (Herbert i in., 1999)

Example of complex polygon stored in relational database Oracle 8i Spatial. Elaborated on the basis of Oracle publication (Herbert et al., 1999)

Fig. 29. Rozwinięte menu programu narzędziowego Rational Rose dla języka UML zawierającego rozszerzenie integrujące go z systemem Jasmine

Development of menu of Rational Rose software tool for UML language with extension integrating them to database system Jasmine

Fig. 30. Przykład złożonego wieloboku zapisanego w obiektowo-relacyjnej bazie danych Oracle 9i Spatial. Opracowane na podstawie publikacji Oracle (Murray i in., 2002)

Example of complex polygon stored in object-relational database Oracle 9i Spatial. Elaborated on the basis of Oracle publication (Murray et al., 2002)

Fig. 31. Schematyczne przedstawienie technologii komponentowej w środowisku opartym na specyfikacjach OpenGIS (reprodukowano za zgodą OGC)

Schematic presentation of component technology in system environment based on OpenGIS specification (figure courtesy of OGC)

Fig. 32. Główne moduły systemu ArcGIS wersji 8.1 (reprodukowano za zgodą ESRI) (ESRI, 2001)

Main modules of ArcGIS system version 8.1 (figure courtesy of ESRI) (ESRI, 2001)

Fig. 33. Schematyczne przedstawienie skalowalności systemu ArcGIS wersji 8.1 poprzez budowanie zestawów złożonych z różnych modułów (reprodukowano za zgodą ESRI) (ESRI, 2001)

Schematic presentation of scalability of ArcGIS system version 8.1 by construction of sets composed of different modules (figure courtesy of ESRI) (ESRI, 2001)

Fig. 34. Schemat struktury systemu geoinformacyjnego opartego na specyfikacji OpenGIS dla platformy CORBA (reprodukowano za zgodą OGC) (Gottier i in., 1998)

Schematic structure of geoinformation system based on OpenGIS specification for CORBA platform (figure courtesy of OGC) (Gottier et al., 1998)

Fig. 35. Rozwinięte menu programu narzędziowego Rational Rose dla języka UML zawierającego rozszerzenie integrujące go z platformą CORBA

Development of menu of Rational Rose software tool for UML language with extension integrating them to CORBA platform

Fig. 36. Generowanie różnych dokumentów HTML na podstawie jednego dokumentu XML w oparciu o różne arkusze stylu

Generating different HTML documents on the basis of the one XML document by application of different style sheets

Fig. 37. Przykład określenia położenia zwierciadła wody na profilu hydrogeologicznym

Example of groundwater table location specification in hydrogeological drillhole log

Fig. 38. Fragment mapy topograficznej jako wynik graficznego wektorowego z obrazowania wyróżnień przestrzennych zapisanych przy pomocy języka GML (fragment obrazu ekranu komputera) (OS, 2002)

Fragment of topographical map as a result of graphic vector portrayal of spatial features encoded in GML language (fragment of picture on computer screen) (OS, 2002)

Fig. 38. Dwa sposoby określenia odniesienia poziomego dla współrzędnych wyróżnień geoprzestrzennych na przekrojach

Two methods of specification of horizontal reference for coordinates of geospatial features on cross section

Fig. 40. Diagram klas UML przedstawiający hierarchiczną strukturę systemu Aspar. Klasy dotyczące danych przestrzennie rozdzielonych są zaznaczone grubszą linią. Dla lepszej czytelności nie wszystkie asocjacje pomiędzy klasami są tu przedstawione

UML class diagram presenting hierarchical structure of system Aspar. Classes concerning spatially distributed data are marked by tick lines. For better legibility not all associations between classes are presented here

Fig. 41. Graficzne zobrazowanie wyników symulacji testowej dla modelu jednowarstwowego zrealizowanego przy pomocy systemu Aspar

Graphical portrayal of test simulation results for one-layer model realized aid of system Aspar

Fig. 42. Graficzne zobrazowanie wyników symulacji wyznaczającej kształty i głębokości superpozycji lejów depresji w dużym systemie hydrogeologicznym — zastosowanie systemu Aspar. A – wynik symulacji, B – wizualizacja dwuwymiarowa, C – wizualizacja trójwymiarowa

Graphical portrayal of results of simulation calculating shapes and depths of superposition of depression cones in large hydrogeological system, application of system Aspar. A – result of simulation, B – two-dimensional visualization, C – three-dimensional visualization

Fig. 43. Diagram klas UML zawierający główne elementy topologicznego modelu porządkowego systemu odniesienia czasowego przeznaczonego dla zastosowań geologicznych (zmodyfikowane elementy modelu ISO mają końcówki „_Mod”. Część klas tego diagramu jest importowana z pakietów modelu ISO (fig. 8 i 9, rozdz. 7.1)

UML class diagram including main topological elements of the model of temporal ordinal reference system designed for geological application (modified elements of ISO model have postfix „_Mod”). Some of the classes in this diagram are imported from packages of ISO model (fig. 8 i 9, chap. 7.1)

Fig. 44. Diagram klas UML przedstawiający szczegółowo fragment zmodyfikowanego modelu porządkowego systemu odniesienia czasowego z figury poprzedniej (fig. 43). Część klas tego diagramu jest importowana z pakietów modelu ISO (fig. 8 i 9, rozdz. 7.1)

UML class diagram presenting detailed fragment of modified model of temporal ordinal reference system from previous figure (fig. 43). Some of the classes in this diagram are imported from packages of ISO model (fig. 8 i 9, chap. 7.1)

Fig. 45. Diagram klas UML przedstawiający prosty model pojęciowy wyróżnionych hydrogeologicznych oparty na wytycznych dotyczących geoinformacji w zakresie Ramowej Dyrektywy Wodnej (WFD) (Vogf, 2002)

UML class diagram presenting simple conceptual model hydrogeological features based on guidelines concerning geoinformation in scope of Water Framework Directive (WDF) (Vogf, 2002)

Tabela 2

	A: Semantyka	B: Geometria	C: Topologia
1: Informacja (ogólna)	A1 Semantyka ogólna informacji; dotyczy tego, co jest wspólne dla różnych dziedzin (praktycznych i teoretycznych)	B1 Aspekt geometryczny informacji: mo e nie wyst powa	C1 Aspekt topologiczny informacji: mo e nie wyst powa
2: Geoinformacja	A2 Semantyka ogólna informacji (jak w A1) i semantyka geomatyczna (geoprzestrzenna)	B2 Geometria ogólna: dotyczy tego, co jest wspólne dla różnych dziedzin w zakresie geometrii przestrzennej i czasowej	C2 Topologia ogólna: dotyczy tego, co jest wspólne dla różnych dziedzin w zakresie topologii przestrzennej i czasowej
3: Geoinformacja geologiczna	A3 Semantyka ogólna informacji, semantyka geomatyczna (jak w A2) i semantyka specyficzna: geologiczna (oparta na terminologii geologicznej)	B3 Geometria ogólna (jak w B2) i geometria specyficzna: geologiczna, np. zwi zana z profilem wiercenia lub przekrojem geologicznym	C3 Topologia ogólna (jak w C2) i topologia specyficzna: geologiczna, np. tablica stratygraficzna
4: Geoinformacja hydrogeologiczna	A4 Semantyka ogólna informacji, semantyka geomatyczna, semantyka geologiczna (jak w A3) i semantyka hydrogeologiczna (oparta na terminologii hydrogeologicznej)	B4 Geometria ogólna i geometria geologiczna (jak w B3) i geometria hydrogeologiczna, np. zwi zana z przestrzennymi rozłożenymi parametrami rowidowiska hydrogeologicznego i polami fizycznymi zjawisk dotyczących wody podziemnej	C4 Topologia ogólna i topologia geologiczna (jak w C3) i topologia hydrogeologiczna, czyli dotycząca powi z zjawisk hydrogeologicznych bez uwzgl dnienia odległości czasoprzestrzennej, np. lej depresji otaczającej wody podziemnej

Tabela 3

A	A	A	A	A	B	B	B
A	A	A	B	B	B	B	B
A	A	B	B	A	B	B	B
A	A	A	B	A	A	B	B
A	A	A	B	A	A	A	B
A	A	A	A	A	B	B	B
A	A	B	B	A	A	A	B
A	B	B	B	B	A	A	B

0	0	1	3	6	2	0	0
0	1	5	7	5	2	0	0
0	2	8	5	9	5	1	0
0	1	6	7	5	5	5	1
0	0	3	10	4	4	9	2
0	1	4	5	4	10	6	2
1	5	6	6	6	4	7	3
2	5	1	1	5	2	3	3

Tabela4

Nr, status i data:	Tytuł:	Opis zakresu:	Zwi izek ze specyfikacjami OpenGIS (OGC):
19101 IS 2002	Model ogólny (Reference model)	Norma okre la zakres norm grupy 19100 i podział tego zakresy na bardziej szczegółowe podzakresy, cele i rodki realizacji, podstawowe terminy, powi zania z innymi dokumentami normalizacyjnymi i specyfikacjami, reguły modelowania poj - ciowego, model domenowy i architektoniczny, typy serwisów dla informacji geograficznej. Mi dzy innymi okre la j zyk UML jako podstaw metamodelu dla modeli aplikacyjnych i jako j zyk opisu schematów poj ciowych.	Pełni analogiczn rol jak specyfikacja abstrakcyjna T-0
19103 PDTS 05.2003	J zyk schematów poj - ciowych (<i>Conceptual schema language</i>)	Specyfikacja techniczna opisuj ca UML jako przy - j ty przez ISO/TC211 j zyk schematów poj ciowych. Okre la te profil UML w odniesieniu do informacji geograficznej, zakres i reguły stosowa - nia go do modeli poszczególnych typów danych i serwisów.	Cz ciowo pełni analogiczn rol jak specyfikacja abstrakcyjna T-0
19104 DIS 08.2003	Terminologia (<i>Terminology</i>)	Norma okre la reguły definiowania terminów w zakresie informacji geograficznej. Jej dodatkiem jest słownik zawieraj cy 695 terminów i 793 odnosz cych si do nich definicji i 11 metaterminów. S tam równie symbole, skróty i akronimy.	Odpowiada opracowaniu OGC Glossary (D-3)
19105 IS 2000	Zgodno i testowanie (<i>Conformance and testing</i>)	Norma zawiera opis schematów, koncepcji i metod testowania, a tak e kryteriów zgodno ci systemów programowych, serwisów i danych z normami grupy ISO 19100.	Cz ciowo odpowiada dokumentowi D-1
19106 DIS 05.2003	Profile (<i>Profiles</i>)	Norma okre la sposób definiowania profili. W tym przypadku profilami s okrelone podzbiory standardów i składników tych standardów maj ce zastosowanie przy definiowaniu i opisie w okrelonych obszarach zastosowa .	Brak odpowiednika OpenGIS (cz ciowo odpowiada specyfikacji abstrakcyjnej T-14)
19107 DIS 01.2003	Schemat przestrzenny (<i>Spatial schema</i>)	Norma definiuje schemat poj ciowy okrelaj cy przestrzenne charakterystyki typów wyró nie . Ma to podstawowe znaczenie przy wymianie danych geoprzestrzennych w warunkach interoperacyjno ci.	Odpowiada specyfikacji abstrakcyjnej T-3 i cz - ciowo specyfikacjom abstrakcyjnym T-5, T-8 i T-10
19108 IS 2002	Schemat czasowy (<i>Temporal schema</i>)	Norma analogiczna do poprzedniego dokumentu, ale w odniesieniu do czasu, czyli definiuje schemat poj ciowy okrelaj cy czasowe charakterystyki typów wyró nie .	Brak odpowiednika OGC (opisy s rozproszone w ró nych specyfikacjach OpenGIS)
19109 DIS 05.2003	Reguły dla schematu aplikacyjnego (<i>Rules for application schema</i>)	Norma okre la reguły definiowania schematu dla zastosowa , a w tym podstawy klasyfikacji wyró - nie geograficznych i ich relacje do schematu aplikacyjnego.	Brak odpowiednika OpenGIS (cz ciowo odpowiada T-9)
19110 DIS 05.2003	Metodyka katalogowa - nia wyró nie (<i>Feature cataloguing methodology</i>)	Norma definiuje metodyk dla tworzenia wyró nie geograficznych, katalogów atrybutów i zale no - ci, a tak e okre la mo liwo utworzenia jednego wieloj zycznego katalogu mi dzynarodowego.	Odpowiada specyfikacji abstrakcyjnej T-13 i specyfikacji implementacyjnej SI-4

19111 FDIS 02.2003	Odniesienie przestrzenne poprzez współrzędne (<i>Spatial referencing by coordinates</i>)	Norma określa schemat pojęcia i wskazówki dla opisywania geodezyjnych układów odniesienia i odwzorowania.	Odpowiada specyfikacji abstrakcyjnej T-2 i specyfikacji implementacyjnej SI-6
19112 DIS 05.2003	Odniesienie przestrzenne poprzez identyfikatory geograficzne (<i>Spatial referencing by geographic identifiers</i>)	Zakres normy jest podobny do normy 19111, lecz dla płaskich układów odniesienia, na przykład poprzez nazwy geograficzne lub adresy pocztowe.	Brak odpowiednika OGC
19113 IS 2002	Podstawy jakości (<i>Quality principles</i>)	Norma definiuje schemat dla oceny jakości danych geoprzestrzennych.	Odpowiada specyfikacji abstrakcyjnej T-9
19114 DIS 05.2003	Procedury oceny jakości (<i>Quality evaluation procedures</i>)	Norma określa wskazówki dla rozwijania metod oceniania jakości.	Odpowiada specyfikacji abstrakcyjnej T-9
19115 DIS 05.2003	Metadane (<i>Metadata</i>)	Norma definiuje abstrakcyjny schemat pojęcia i serwisów w zakresie tej informacji. Metadane stanowią niezbędny element w środowiskach interoperacyjnych.	Odpowiada specyfikacji abstrakcyjnej T-11
19116 DIS 08.2003	Serwisy wyznaczania położenia (<i>Positioning services</i>)	Norma określa standardowy protokół interfejsowy dla wymiany informacji pomiędzy systemami określania położenia (np. GPS) a innymi systemami informacji geoprzestrzennej.	Projekt OLS (D-2) jest częściowo oparty na tej normie
19117 DIS 05.2003	Zobrazowanie (<i>Portrayal</i>)	Norma definiuje schemat pojęcia opisu czy zobrazowanie informacji geograficznej w formie zrozumiałej przez człowieka. Dokument ten jednak nie dotyczy standaryzacji symboli kartograficznych.	Projekt WMS (specyfikacja implementacyjna SI-7) jest częściowo oparty na tej normie
19118 DIS 08.2003	Kodowanie (<i>Encoding</i>)	Norma określa reguły zapisy geoinformacji zgodne ze schematami pojęciami stosowanymi do tej informacji w przypadkach składowania lub transmisji, a także definicje dotyczące odwzorowania pomiędzy językiem schematów pojęciowych i regułami zapisu.	Brak odpowiednika OGC (opisy są rozproszone w różnych specyfikacjach OpenGIS)
19119 DIS 02.2003	Serwisy (<i>Services</i>)	Norma definiuje interfejsy serwisowe stosowane do informacji geograficznej, a także definiuje powiązania z modelem OSE (<i>Open Systems Environment</i>).	Odpowiada specyfikacji abstrakcyjnej T-12
19120 TR 2001	Standardy funkcjonalne (<i>Functional standards</i>)	Raport techniczny dotyczący rozwoju taksonomii uznanych standardów funkcjonalnych dla informacji geograficznej rozwijanych przez inne międzynarodowe fora.	Brak odpowiednika OGC
19120/1 PDTR 04.2004	Standardy funkcjonalne – poprawka 1 (<i>Functional standards – Amendment 1</i>)	Raport techniczny dotyczący poszukiwań określania obszarów, w których rozwijanie bazowych standardów ISO powinno odbywać się pod wpływem dowodów zdobytych przez środowiska stosujące te standardy. Nie dotyczy to standardów narodowych.	Brak odpowiednika OGC
19121 TR 2000	Dane obrazowe i siatkowe (<i>Imagery and gridded data</i>)	Raport dotyczący sposobu traktowania obrazów i danych siatkowych (macierzowych) w kontekście zastosowania ich na polu informacji geograficznej i geomatyki. Dotyczy on opracowania wspólnego dla różnych dyscyplin (medycyna, technika telewizyjnej cyfrowej, geomatyka i inne) sposobu traktowania danych tego typu.	Częściowo odpowiada specyfikacji abstrakcyjnej T-6

19122 PDTR 09.2003	Kwalifikacje personelu i nadawanie uprawnień (<i>Qualifications and certification of personnel</i>)	Raport dotyczący organizacyjnego systemu określania kwalifikacji i nadawania certyfikatów personelowi w zakresie <i>Geographic Information Science / Geomatics</i> przez niezależne ciało centralne.	Brak odpowiednika OGC
19123 CD 03.2004	Schemat dla form geometrycznych i funkcji pokrycia (<i>Schema for coverage geometry and functions</i>)	Norma definiuje standardowy schemat pojęciowy dla opisu przestrzennej charakterystyki pokrycia.	Norma jest adaptacją specyfikacji abstrakcyjnej T-6 i częściowo odpowiada specyfikacji abstrakcyjnej T-4
19124 TR 01.2001	Składniki danych obrazowych i siatkowych (<i>Imagery and gridded data components</i>)	Dokument standaryzuje koncepcje opisu i reprezentacji obrazów i danych siatkowych w kontekście innych standardów tej grupy.	Częściowo odpowiada specyfikacji abstrakcyjnej T-6 i specyfikacji implementacyjnej SI-5
19125-1 DIS 05.2003	Dostęp do prostych wyrobów – Część 1: Wspólna architektura (<i>Simple feature access – Part 1: Common architecture</i>)	Norma określa niezbędne w tym przypadku wspólne dla różnych DCP (<i>Distributed Computing Platform</i>) elementy architektury i serwisu. Dokument ten jest adaptacją przez ISO części specyfikacji implementacyjnych OpenGIS dla prostych wyrobów.	Norma opracowana na podstawie specyfikacji abstrakcyjnej T-1 i specyfikacjach abstrakcyjnych SI-1, SI-2 i SI-3
19125-2 DIS 05.2003	Dostęp do prostych wyrobów – Część 2: Opcja SQL (<i>Simple feature access – Part 2: SQL option</i>)	Norma ta jest również adaptacją dokumentu OGC i dotyczy dostępu za pomocą języka SQL do tego rodzaju danych zawartych w systemach baz relacyjnych.	Norma jest adaptacją specyfikacji implementacyjnej SI-3
19125-3 CD 2002	Dostęp do prostych wyrobów – Część 3: Opcja COM/OLE (<i>Simple feature access – Part 3: COM/OLE option</i>)	Norma analogiczna do poprzedniego dokumentu, ale w odniesieniu do środowiska systemowego COM/OLE ograniczonego do MS Windows. Dokumentem rodzimym w tym przypadku jest Specyfikacja Implementacyjna OpenGIS dla COM/OLE.	Norma jest adaptacją specyfikacji implementacyjnej SI-1
19126 WD 11.2004	Profil – Słownik danych FACC (<i>Profile – FACC data dictionary</i>)	Norma definiuje profil oparty na słowniku wyrobów i atrybutów tych wyrobów zawartym w przyjętym przez NATO standardzie DIGEST.	Brak odpowiednika OGC
19127 PDTS 04.2003	Kody i parametry geodezyjne (<i>Geodetic codes and parameters</i>)	Techniczna specyfikacja definiująca reguły opracowania jednej międzynarodowej bazy danych dotyczących układów odniesienia i odwzorowania przestrzennego.	Częściowo odpowiada specyfikacji abstrakcyjnej T-2
19128 CD 01.2004	Interfejs serwera map WWW (<i>Web Map server interface</i>)	Norma standaryzuje udostępnianie map za pomocą Internetu, a w tym tworzenie na podstawie języka zapytań map w formie obrazu, zbioru graficznych elementów lub zestawu danych odnoszących się do wybranych wyrobów.	Norma oparta na dokumentach projektu WMS (specyfikacji implementacyjnej SI-7) i jednocześnie nie projekt WMS do niej się odwołuje
19129 WD 09.2003	Podstawy danych obrazowych, siatkowych i pokryciowych (<i>Imagery, gridded and coverage data framework</i>)	Specyfikacja techniczna standaryzująca koncepcje opisu i reprezentacji obrazów, danych siatkowych i pokrycia.	Częściowo odpowiada specyfikacjom abstrakcyjnym T-7, T-15 i T-16

19130 WD 11.2004	Modele danych i sensorów dla danych obrazowych i siatkowych (<i>Sensor and data models for imagery and gridded data</i>)	Norma definiuje model sensora opisujący jego fizyczne i geometryczne właściwości, a także precyzyjne modele danych dla sensorów służących do pozyskiwania informacji w formie obrazów i danych siatkowych.	Częściowo odpowiada specyfikacjom abstrakcyjnym T-7, T-15 i T-16
19131 WD 10.2004	Specyfikacje produktów danych (<i>Data product specifications</i>)	Norma bieżąca dotyczyła wymagań w zakresie określania poszczególnych rodzajów produktów danych geograficznych.	Brak odpowiednika OGC
19132 WD 01.2003	Dopuszczalne standardy serwisów opartych na lokalizacji (<i>Location based services possible standards</i>)	Norma bieżąca określa modele składników związanych z tymi serwisami, a także innymi położeń i orientacją, trasy, wskazówki dotyczące przemieszczania się i warunki ruchu.	Norma częściowo oparta na dokumentach projektu OLS (D-2)
19133 WD 10.2004	Serwisy wyznaczania trasy i nawigacji oparte na lokalizacji (<i>Location based services tracking and navigation</i>)	Norma bieżąca zawierała specyfikację serwisu optymalizacji drogi przemieszczania się pomiędzy zbiorami lokalizacji o określonej hierarchii.	Norma częściowo oparta na dokumentach projektu OLS (D-2)
19134 WD 10.2005	Serwisy wyznaczania trasy i nawigacji oparte na lokalizacji dla różnych rodzajów transportu (<i>Multimodal location based services for routing and navigation</i>)	Zakres podobny do normy 19133, ale z uwzględnieniem różnych rodzajów środków transportu, np. lądowego, powietrznego i morskiego.	Norma częściowo oparta na dokumentach projektu OLS (D-2)
19135 WD 11.2004	Procedury rejestracji składników informacji geograficznej (<i>Procedures for registration of geographical information items</i>)	Procedury opracowywania, utrzymywania i udostępniania rejestrów niepowtarzalnych, jednoznacznych i trwałych identyfikatorów dla poszczególnych składników informacji geograficznej.	Częściowo odpowiada specyfikacji abstrakcyjnej T-13
19136 WD 11.2004	Geograficzny Język Znacznikowy GML (<i>Geography Markup Language</i>)	Norma bieżąca określa język znacznikowy oparty na XML dla strukturalnego zapisu informacji geograficznej, zarówno w aspekcie geoprzestrzennym jak i niegeoprzestrzennym (tematycznym).	Norma jest adaptacją specyfikacji implementacyjnej SI-8 GML (<i>Geography Markup Language</i>)
19137 WD 06.2005	Ogólnie używane profile schematów przestrzennych i inne podobne ważne schematy (<i>Generally used profiles of the spatial schema and of similar important other schemas</i>)	Norma zdefiniuje zbiór profili dla schematów przestrzennych udostępniających minimalny zbiór geometrycznych elementów potrzebnych do skutecznego tworzenia schematów aplikacyjnych.	Brak odpowiednika OGC (opisy są rozproszone w różnych specyfikacjach OpenGIS)
19138 WD 12.2004	Miary jakości danych (<i>Data quality measures</i>)	Specyfikacja techniczna definiująca zbiór miar jakości elementów jakości danych określonych w normie ISO 19113.	Częściowo odpowiada specyfikacji abstrakcyjnej T-9

19139 WD 2003	Metadane – Specyfikacja implementacyjna (<i>Metadata – Implementation specification</i>)	Specyfikacja techniczna definiująca implementacyjny model metadanych w UML oparty na abstrakcyjnym modelu zawartym w normie ISO 19115.	Brak odpowiednika OGC
19140 WD 10.2003	Techniczne uzupełnienie do serii standardów ISO 191** dla harmonizacji i ulepszenia (<i>Technical amendment to the ISO 191** series of standards for harmonization and enhancements</i>)	Uzupełnienia do wszystkich norm serii 19100 mające na celu ich harmonizację, szczególnie pod względem wewnętrzną zgodnie z wzajemnymi odwołaniami, terminologią, modelami danych i sposobu przedstawienia.	Brak odpowiednika OGC

tabela 5

Symbol, wersja i data:	Tytuł:	Opis zakresu:	Związek z projektami ISO/TC 211:
T-0 v. 4 06.1999	Opis ogólny specyfikacji abstrakcyjnej (<i>Abstract Specification Overview</i>)	Wstęp do specyfikacji abstrakcyjnej, który określa ogólne zasady dotyczące całej Specyfikacji OpenGIS, określa język UML jako podstawowe narzędzie opisu i zasady jego stosowania w tej specyfikacji. Definiuje podstawowe typy danych, jednostki miar i reguły określania dokładności.	Pełni analogiczny rolę jak normy 19101 i 19103
T-1 v. 4 03.1999	Geometria wyróżnień (<i>Feature Geometry</i>)	Specyfikacja ta definiuje elementarne i złożone formy geometryczne i topologiczne, a także topologiczne operatory stosowane do wyróżnień.	Stanowi podstawę normy 19125-1
T-2 v. 4 05.1999	Układy odniesienia przestrzennego (<i>Spatial Reference Systems</i>)	Określa wszystkie zagadnienia związane z bezpoziomym odniesieniem przestrzennym, a w tym: zasadniczy model dla tych układów, reguły notacji, konwersji i transformacji współrzędnych i parametrów odniesienia i/lub odwzorowania.	Odpowiada normie 19111 i częściowo normie 19127
T-3 v. 4 03.1999	Struktury dla danych geometrycznych dotyczących położenia (<i>Locational Geometry Structures</i>)	Definiuje struktury, które określają związki między transformacją jednego układu bezpoziomego odniesienia przestrzennego w drugi, a transformacją odpowiadających im wartości współrzędnych. Dotyczy to między innymi problemów związanych z „osadzaniem” danych rastrowych w danym układzie odniesienia lub odwzorowania.	Odpowiada normie 19107
T-4 v. 4 03.1999	Funkcje składowe i interpolacja (<i>Stored Functions and Interpolation</i>)	Specyfikacja ta określa reguły stosowane do funkcji budowanych z składnikami wyróżnień w sensie przyjętym przez paradygmat obiektowy i wywodzących się z przyjętego tu języka UML. W takim ujęciu funkcje mogą być pokrycie (<i>coverage</i>), ale także zbiór prostych wyróżnień stanowiących map lub układ odniesienia przestrzennego.	Częściowo odpowiada normie 19123

T-5 v. 4 03.1999	Wyró nienia (<i>Features</i>)	Definiuje najważniejsze pojęcia z zakresu informacji geoprzestrzennej: "wyró nienie jest podstawową jednostką geoinformacji" i szereg zagadnień z nim związanych. Do tych zagadnień należą: relacje pomiędzy wyró nieniem w świecie rzeczywistym, w modelu pojęciowym i w modelu geoprzestrzennym; podstawowe typy wyró nienia, zbiory wyró nienia; a także problemy identyfikacji wyró nienia, między innymi trwałe i niepowtarzalne identyfikatory, zakres tych identyfikatorów, rejestry zmian identyfikatorów, repozytoria i kolekcje wyró nienia.	Czciowo odpowiada normie 19107
T-6 v. 4 03.1999	Typ pokrycia i jego podtypy (<i>The Coverage Type and its Subtypes</i>)	Specyfikacja definiuje pokrycie jako podtyp wyró nienia, jego model zasadniczy i szereg podtypów pokrycia, między innymi: siatki ortogonalne, siatki nieregularnych trójkątów, siatki wielokątów Thiessena, najbliższego siedziwa, segmentowanych linii i obrazów.	Czciowo odpowiada normom 19121, 19124 i stanowi podstawę projektu normy 19123
T-7 v. 4 03.1999	Przypadek zobrażenia Ziemi (<i>The Earth Imagery Case</i>)	Określa obrazy Ziemi (np. zdjęcia lotnicze i satelitarne) jako specjalny podtyp pokrycia posiadający skład funkcji generowania obrazu, dzięki której elementy obrazu (np. piksele) są odwzorowywane na odpowiadające im współrzędne określonego układu odniesienia.	Czciowo odpowiada normom 19129 i 19130
T-8 v. 4 03.1999	Zależności pomiędzy wyró nieniami (<i>Relationships Between Features</i>)	Określa typy zależności, rolę poszczególnych wyró nienia w tych zależnościach, typy tych ról, ograniczenia i integralność zależności, a także atrybuty i poziom (stopień) zależności.	Czciowo odpowiada normie 19107
T-9 v. 4 03.1999	Jakość (<i>Quality</i>)	Definiuje zasadniczy model jakości w odniesieniu do geoinformacji, a w tym: rodzaje dokładności i błędów, powiązanie dokładności z innymi metadany.	Odpowiada normom 19113, 19114 i w niewielkim stopniu normie 19109
T-10 v. 4 04.1999	Zbiory wyró nienia (<i>Feature Collections</i>)	Specyfikacja definiuje zbiór wyró nienia jako abstrakcyjny obiekt zawierający występujące wyró nienia, łącznie z odnośnikami do nich schematem i projektem.	Czciowo odpowiada normie 19107
T-11 v. 4 03.1999	Metadane (<i>Metadata</i>)	Definiuje metadane jako dane odnoszące się do zbioru wyró nienia lub określonych wyró nienia będących składnikami takiego zbioru. Wprowadza pojęcia encji metadanych i zbiór metadanych stanowiency kolekcję encji, a także pojęcia podklas metadanych (rozumianych jako klasy pochodne od bazowej klasy metadanych).	Odpowiada normie 19115
T-12 v. 4 02.1999	Architektura serwisów OpenGIS (<i>OpenGIS Service Architecture</i>)	Specyfikacja definiuje podstawowe serwisy, jakie mogą być stosowane w środowisku systemowym zgodnym ze Specyfikacją OpenGIS. Między innymi należą do nich: informacja o dostępie do danych, katalog informacji o dostępie, generalizacja wyró nienia, wydobywanie informacji geoprzestrzennej, transformacje współrzędnych geoprzestrzennych, przypisania geoprzestrzenne, wykorzystywanie wyró nienia i obrazów, manipulowanie nimi, generowanie i synteza obrazów, a także wyszukiwanie wyró nienia.	Odpowiada normie 19119
T-13 v. 4 03.1999	Serwisy katalogowe (<i>Catalog Services</i>)	Specyfikacja ta jest rozszerzeniem specyfikacji serwisu dostępu do informacji geoprzestrzennej drogą uszczegółowienia usług z nim związanych poprzez zdefiniowanie katalogu, wejścia do katalogu, bibliotekarza, encji metadanych w katalogu, zbioru danych geoprzestrzennych i kolekcji zbiorów tych danych.	Odpowiada normie 19110 i czciowo normie 19135

T-14 v. 4 04.1999	Zagadnienia semantyczne i społeczno informacyjne (<i>Semantics and Information Communities</i>)	Określa pojęcie społeczno informacyjnej w odniesieniu do geoinformacji. W kontekście Specyfikacji OpenGIS społeczno informacyjnymi są najczęściej określone grupy zawodowe mające do czynienia z geoinformacją i wymieniające się między sobą informacją. W sytuacji istnienia wielu terminologii odnoszących się do tych samych zagadnień dla jednoznacznego i efektywnego przekazywania informacji pomiędzy tymi społeczno informacyjnymi potrzebne są między innymi tłumaczenia semantyczne.	Brak odpowiednika (w niewielkim stopniu odpowiada normie 19106)
T-15 v. 4 06.1999	Serwisy wykorzystywania obrazów (<i>Image Exploitation Services</i>)	Specyfikacja abstrakcyjna dotycząca serwisów związanych z obrazami. Do tych serwisów należą między innymi: transformacja współrzędnych naziemnych i współrzędnych na obrazie, lokalizacja czasowa obrazu, modyfikacje i przekształcenia obrazu, a także przetwarzanie informacji zawartej w obrazach i dostęp do metadanych obrazów.	Częściowo odpowiada normom 19129 i 19130
T-16 v. 4 06.1999	Serwisy transformacji współrzędnych obrazów (<i>Image Coordinate Transformation Services</i>)	Specyfikacja dotycząca całego zagadnienia związanych z przestrzennymi i czasowymi przekształceniami obrazów, a w tym ortorektyfikacji tych obrazów, czyli tworzenie ortobrazów.	Częściowo odpowiada normom 19129 i 19130
SI-1 v. 1.1 05.1999	Specyfikacja prostych wyróń dla OLE/COM (<i>Simple Feature Specification for OLE/COM</i>)	Specyfikacja implementacyjna dotycząca całego zagadnienia specyfikacji abstrakcyjnej w zakresie prostych wyróń nie przeznaczona dla (i ograniczonych do) środowiska DCP systemów opartych na rozwiązaniach firmy Microsoft – OLE/COM (<i>Object Linking and Embedding/Common Object Model</i>).	Jest adaptowana w normie 19125-3 i jej częściowo jest adaptowana w normie 19125-1
SI-2 v. 1.0 03.1998	Specyfikacja prostych wyróń dla CORBA (<i>Simple Feature Specification for CORBA</i>)	Specyfikacja implementacyjna dotycząca całego zagadnienia specyfikacji abstrakcyjnej w zakresie prostych wyróń nie przeznaczona dla heterogenicznego obiektowego środowiska DCP CORBA (<i>Common Object Request Broker Architecture</i>) opracowanego przez OMG (<i>Object Management Group</i>).	Jej częściowo jest adaptowana w normie 19125-1
SI-3 v. 1.1 05.1999	Specyfikacja prostych wyróń dla SQL (<i>Simple Feature Specification for SQL</i>)	Specyfikacja implementacyjna całego zagadnienia specyfikacji abstrakcyjnej w zakresie prostych wyróń nie przeznaczona dla (i ograniczonych do) środowiska DCP systemów opartych na języku SQL (<i>Structured Query Language</i>) przeznaczonym do komunikowania się z relacyjnymi bazami danych.	Jest adaptowana w normie 19125-2 i jej częściowo jest adaptowana w normie 19125-1
SI-4 v. 1.0 08.1999	Implementacyjna specyfikacja interfejsu katalogu (<i>Catalog Interface Implementation Specification</i>)	Specyfikacja oparta na temacie T-13 i dotycząca zagadnienia wyszukiwania geoinformacji w oparciu o metadane i katalogi. Określa model obiektu katalogowego, interfejs katalogu z funkcjami dostępu i język zapytań OCCQL (<i>OGC Common Catalog Query Language</i>). Dotyczy DCP: CORBA, OLEDB i WWW.	Odpowiada normie 19110
SI-5 v. 1.1 01.2001	Implementacyjna specyfikacja – pokrycie siatkowe (<i>Implementation Specification – Grid Coverage</i>)	Specyfikacja oparta na tematach T-6 T-15 i T-16 specyfikacji abstrakcyjnej. Jej zadaniem jest określić reguły przesyłania obrazów i danych siatkowych w warunkach interoperacyjności w oparciu o standardy OLE/COM, CORBA i język Java.	Częściowo odpowiada normie 19124

SI-6 v.1.0 01.2001	Implementacyjna specyfikacja – serwis transformacji współrzędnych (<i>Implementation Specification – Coordinate Transformation Services</i>)	Specyfikacja dotyczy zagadnień określania położenia, systemów współrzędnych i transformacji współrzędnych. Jest oparta na tematach T-2 i T-16 i jest przeznaczona dla środowisk OLE/COM, CORBA i Java.	Odpowiada normie 19111
SI-7 v. 1.1.1 06.2001	Implementacyjna specyfikacja serwisu WWW dla map (<i>Web Map Service Implementation Specification</i>)	Określa sposoby przesyłania geoinformacji za pośrednictwem WWW. Definiuje operacje: <i>GetCapabilities</i> , <i>GetMap</i> i <i>GetFeatureInfo</i> , a także procesy, jakie są niezbędne dla ich zrealizowania.	Czciowo oparta na normie 19117 i stanowi podstawę projektu normy 19128
SI-8 v. 2.0 02.2001	Geograficzny język znacznikowy – GML (<i>Geography Markup Language – GML</i>)	Specyfikacja definiuje język dla zapisu geoinformacji oparty na specyfikacji języka XML Schema. Obecnie jest już ukończona wersja 3.0 o znacznie rozszerzonym możliwościach w stosunku do poprzednich, między innymi wielowymiarowość i zapis topologii.	Jest adaptowana jako norma 19136
D-1 v. 1 06.2001	Dokumenty programu testowania zgodności (<i>Conformance Testing Program Documents</i>)	Dokument określa sposoby testowania oprogramowania pod względem zgodności ze specyfikacjami OpenGIS, a także procedury i testy z tym związane.	Czciowo odpowiada normie 19105
D-2 v. 1 09.2002	Dokumenty inicjatywy OpenLS – otwarte serwisy dotyczące położenia (<i>Open Location Services Initiative – OpenLS Documents</i>)	Serwisy dotyczące położenia związane z lokalizacją przy pomocy GPS i z bezprzewodowym przesyłaniem geoinformacji określonej przy pomocy tej lokalizacji. Ten nurt prac rozwija się niezwykle dynamicznie i znajduje wiele nowych zastosowań.	Czciowo oparte na normie 19116 i stanowi podstawę projektów norm 19132, 19133 i 19134
D-3 v. 1 06.1998	Słownik terminów OGC (<i>OGC Glossary</i>)	Terminologia w zakresie geoinformacji nie jest jeszcze dostatecznie ukształtowana i wymaga to czystego podawania definicji używanego terminu. Słownik ten porządkuje zagadnienia terminologiczne i przez to zwalnia od tego obowiązku.	Czciowo odpowiada normie 19104

Tabela 6

Nazwa polska	Nazwa angielska	Typ danych	Opis
identyfikator obiektu	<i>feature_identifier</i>	character	niepowtarzalny identyfikator obiektu hydrogeologicznego
nazwa	<i>name</i>	character	nazwa obiektu hydrogeologicznego
typ	<i>type</i>	code	typ obiektu hydrogeologicznego, np. wiercenie, ródło
właściciel	<i>owner</i>	character	nazwisko osoby lub nazwa instytucji będącej właścicielem obiektu hydrogeologicznego
rodzaj Właściciela	<i>owner_type</i>	code	rodzaj właściciela, np. osoba prywatna, instytucja państwowa
data Własności	<i>owner_date</i>	date	data uzyskania prawa własności
wiarygodność Daty Własności	<i>owner_date_reliability</i>	code	wiarygodność daty uzyskania prawa własności
lokalizator	<i>locator</i>	code	kto wybrał lokalizację obiektu hydrogeologicznego, np. hydrogeolog, ródlnik

ogólna Długo	<i>total_lenght</i>	number	maksymalna długość obiektu hydrogeologicznego w metrach
identyfikator-Nadrzeczny	<i>host_identifier</i>	character	niepowtarzalny identyfikator obiektu hydrogeologicznego, do którego przestrzennie należy ten obiekt
identyfikatorPoprzednika	<i>precursor_identifier</i>	character	niepowtarzalny identyfikator obiektu hydrogeologicznego, który był zastąpiony tym obiektem
komentarze	<i>comments</i>	character	komentarze na temat obiektu hydrogeologicznego

Tabela 7

a: <nazwawarstwy>_SDOLAYER

SDO_ORDCNT (number)
4

b: <nazwawarstwy>_SDODIM

SDO_DIMNUM (number)	SDO_LB (number)	SDO_UB (number)	SDO_TOLERANCE (number)	SDO_DIMNAME (varchar)
1	0	100	.05	X axis
2	0	100	.05	Y axis

c: <nazwawarstwy>_SDOGEOM

SDO_GID (number)	SDO_ESEQ (number)	SDO_ETYPE (number)	SDO_SEQ (number)	SDO_X1 (number)	SDO_Y1 (number)	SDO_X2 (number)	SDO_Y2 (number)
1013	0	3	0	P1(X)	P1(Y)	P2(X)	P2(Y)
1013	0	3	1	P2(X)	P2(Y)	P3(X)	P3(Y)
1013	0	3	2	P3(X)	P3(Y)	P4(X)	P4(Y)
1013	0	3	3	P4(X)	P4(Y)	P5(X)	P5(Y)
1013	0	3	4	P5(X)	P5(Y)	P6(X)	P6(Y)
1013	0	3	5	P6(X)	P6(Y)	P1(X)	P1(Y)
1013	1	3	0	G1(X)	G1(Y)	G2(X)	G2(Y)

1013	1	3	1	G2(X)	G2(Y)	G3(X)	G3(Y)
1013	1	3	2	G3(X)	G3(Y)	G1(X)	G1(Y)

Tabela 8

Ogólne metadane o piezometrze:				Metadane o pomiarach:			
Nazwa piezometru: Wola-24 Identyfikator: W24 Miejscowo : Warszawa Rz dna terenu: 112.56 m Rz dna kryzy: 113.04 m Współrz dne geograficzne: Szeroko : 53.46721° Długo : 20.73928°				Układ odniesienia: pocz tek układu: kryza kierunek: gł boko Termin pierwszego pomiaru: Data: 25.11.2002 Godzina: 12.00.00 Cz stotliwo : 24 h Liczba pomiarów: 16 Jednostka: m			
Wyniki pomiarów:							
3.12	3.25	3.31	3.48	3.42	3.37	3.24	3.18
3.07	3.01	2.89	2.82	2.69	2.74	2.86	2.95

Tabela 1

Przebieg modelowania pojęciowego w zakresie geoinformacji na poziomie ogólnym i dziedzinowym w odniesieniu do hydrogeologii z uwzględnieniem kierunków transferu wiedzy (↓, ↑, ⇐ i/lub ⇒)

Process of conceptual modeling in field of geoinformation on generic and domain level in reference to hydrogeology with regarding knowledge transfer direction (↓, ↑, ⇐ and/or ⇒)

	Model mentalny świata rzeczywistego	Sformalizowany model pojęciowy	Model struktur danych systemu
	Transfer wiedzy ⇒	⇐ Transfer wiedzy ⇒	⇐ Transfer wiedzy
Geoinformacja w ujęciu ogólnym	Określenie: Niesformalizowana wiedza ogólna o zależnościach przestrzennych zjawisk	Określenie: Zapis wiedzy ogólnej przy pomocy sformalizowanej notacji, np. w formie diagramów klas UML	Określenie: Zapis struktur danych w języku implementacyjnym odpowiadający modelowi pojęciowemu
	Przykład: Wiedza ogólna z zakresu geomatyki	Przykład: Standardy ogólne: normy z grupy ISO 19100 i specyfikacja abstrakcyjna OpenGIS	Przykład: Język GML jako aplikacja języka XML
Transfer wiedzy: ↓ ↑	Transfer wiedzy: ⇐ ↓ ↑	Transfer wiedzy: ⇐ ↓ ↑	Transfer wiedzy: ⇐ ↓ ↑
Geoinformacja w określonej dziedzinie (na przykład w hydrogeologii)	Określenie: Jak wyżej i niesformalizowana wiedza ogólna z zakresu określonej dziedziny	Określenie: Jak wyżej i modele pojęciowe dotyczące wyróżnionej dziedziny	Określenie: Jak wyżej i struktury danych hydrogeologicznych zapisane w języku implementacyjnym
	Przykład: Wiedza ogólna z zakresu geomatyki i hydrogeologii	Przykład: Standardy ogólne i geoinformacyjne standardy hydrogeologiczne	Przykład: Język GML i jego rozszerzenia i uzupełnienia dla potrzeb hydrogeologii

