



**POLSKIE
TOWARZYSTWO
INFORMACJI
PRZESTRZENNEJ**

ROCZNIKI **2003** **GEOMATYKI**

**Podstawy metodyczne i technologiczne
infrastruktur geoinformacyjnych**

Janusz Michalak

**Tom I
Zeszyt 2
Warszawa**

JANUSZ MICHALAK
Wydział Geologii Uniwersytetu Warszawskiego
Al. Żwirki i Wigury 93, 02-089 Warszawa
e-mail: J.Michalak@geo.uw.edu.pl
tel. (022) 55-40-529 fax (022) 55-40-001
<http://netgis.geo.uw.edu.pl>

Spis treści

1. Wstęp	11
2. Podstawowe założenia INSPIRE	12
2.1. Inicjatywa INSPIRE	12
2.1.1. Cele i zadania INSPIRE	14
2.1.2. Podstawowe pojęcia dotyczące INSPIRE	14
2.1.3. Sytuacja w okresie poprzedzającym	16
2.1.4. Koncepcja i model pojęciowy ESDI	17
2.2. Główne problemy metodyczne i technologiczne infrastruktury geoinformacyjnej	19
2.2.1. Rozwój systemów geoinformacyjnych	20
2.2.2. Interoperacyjność systemów jako podstawa infrastruktury	21
2.2.3. Interdyscyplinarność i wielopoziomowość zagadnień geomatyki	21
2.2.4. Ontologia, semantyka i obiektowość geoinformacji	23
2.2.5. Problemy geomatyki specyficzne dla poszczególnych dyscyplin	29
3. Modele pojęciowe danych, usług i interfejsów	35
3.1. Rola standardów w projektowaniu i budowie infrastruktury	35
3.2. Podstawowe pojęcia – struktura danych, interfejs i usługa	36
3.3. Modele pojęciowe dotyczące geoinformacji	38
3.3.1. Język UML i jego profil dla geomatyki	38
3.3.2. Programy narzędziowe dla UML (Rational Rose)	40
3.3.3. Modele abstrakcyjne i implementacyjne	42
3.3.4. Konwersja modeli abstrakcyjnych do modeli implementacyjnych	47
3.3.5. Modele ogólne i aplikacyjne (dziedzinowe lub tematyczne)	49
3.3.6. Stopień złożoności modeli i harmonizacja diagramów	50
3.4. Zapis modelu UML z zastosowaniem języka XML	51
3.4.1. XMI – XML dla wymiany metadanych o modelach pojęciowych	51
3.4.2. Program narzędziowy HyperModel	52
3.5. Technologie komponentowe w geomatyce	52
3.6. Rola języka XML w interoperacyjności infrastruktury geoinformacyjnej	54
4. Mapy w sieci WWW (<i>WebMapping</i>)	55
4.1. Podstawy technologiczne	56
4.2. Standard OpenGIS-WMS: interfejs i protokół (HTTP-GET)	57
4.3. Trzy podstawowe tryby komunikacji	58
4.4. Serwery kaskadowe	59
4.5. Rozbudowane przeglądarki map	61
4.6. Przykłady serwerów zgodnych z WMS	62
4.6.1. Minnesota WebMapServer	63
4.6.2. Polska aplikacja serwera Minnesota – Telkonet	66
4.6.3. Deegree WebMapServer	67
4.6.4. Oprogramowanie firmy Cubewerx	69
4.6.5. Oprogramowanie firmy Ionic Software	70

5. Język GML (<i>Geography Markup Language</i>)	73
5.1. Podstawy języka XML	73
5.2. Oprogramowanie narzędziowe XML Spy	78
5.2.1. Diagramy XML Spy	79
5.3. GML jako aplikacja XML dla geoinformacji	81
5.4. MasterMap jako przykład zastosowania GML	83
5.4.1. Projekt systemu obsługi MasterMap	92
5.5. Deegree GML Viewer/Converter	95
5.6. Lista oprogramowania implementującego GML	96
5.7. Reguły opracowywania aplikacji GML	96
5.7.1. Konwersja modeli aplikacyjnych UML do GML 3	101
5.8. Transformowanie dokumentów GML do innych języków XML	101
5.9. Zobrazowanie geoinformacji zapisanej w GML	102
6. Rozwijane i planowane technologie geoinformacyjne	103
6.1. Integracja usług geoinformacyjnych	103
6.2. CICE – środowisko współdziałania w sytuacjach krytycznych	105
6.2.1. Lista projektów specyfikacji usług w ramach CICE	106
6.2.2. Problemy technologiczne integracji usług geoinformacyjnych	107
6.2.3. Przykłady rozwiązań – GNS serwer nazw geograficznych	111
6.3. Systemy programowe OpenSource dla geoinformacji	113
6.3.1. OpenMap firmy BBN	114
6.3.2. Deegree – Uniwersytet w Bonn	115
6.4. Harmonizacja i konwersja do XML modeli standardu ISO 19100	118
6.4.1. Projekt NIMA dotyczący standardu ISO 19115 – Metadane	119
6.4.2. Projekty Grupy Nordyckiej	125
6.5. Technologie gridowe	126
6.5.1. MeteoGRID – zastosowanie UNICORE do geoinformacji	127
6.5.2. Przykłady zastosowania DataGRID do geoinformacji	128
Słownik terminów używanych w tekście	131
Literatura	137

2. PODSTAWOWE ZAŁOŻENIA INSPIRE

Rozdział ten jest wprowadzeniem do poruszanych tu zagadnień metodycznych i technologicznych infrastruktury geoinformacyjnej. Technologia to tylko jeden z kilku aspektów tej inicjatywy i właściwe zrozumienie tego aspektu wymaga szerszego spojrzenia na całą problematykę INSPIRE (rys.1). Z tego względu potrzebne jest tu przynajmniej ogólne przedstawienie innych, równie ważnych jej aspektów. Wstępna koncepcja ESDI (European Spatial Data Infrastructure) zawarta jest w opracowanych przez zespoły ekspertów raportach nazywanych „position papers” (rozdz. 2.1.2, rys. 2). Poznanie tych dokumentów pozwala zrozumieć wagę i zakres tego przedsięwzięcia, a także złożoność wielu problemów, które będzie trzeba rozwiązać, aby wielopoziomowa hierarchiczna struktura (organizacyjna i techniczna) mogła prawidłowo i sprawnie funkcjonować.

Rozdział ten składa się z dwóch części – pierwsza jest poświęcona ogólnym informacjom na temat INSPIRE, a druga wprowadza w złożoność zagadnień związanych z infrastrukturą geoinformacyjną w ujęciu ogólnym. W pierwszej części rozdziału będą przedstawione w dużym skrócie zagadnienia:

- Inicjatywa INSPIRE, jej cele i zadania, podstawowe pojęcia, koncepcja i model pojęciowy ESDI, a także sytuacja panująca w Europie w okresie poprzedzającym.
 - Różne aspekty inicjatywy INSPIRE: organizacyjny, prawny, finansowy, technologiczny i tematyczny.
 - Hierarchiczny układ infrastruktury – poziomy: lokalny, regionalny, narodowy i europejski.
- Dru ga część rozdziału stanowi wprowadzenie do problematyki technologicznej i przedstawia:
- Rozwój systemów geoinformacyjnych i ich interoperacyjności jako podstawy infrastruktury.
 - Interdyscyplinarność i wielopoziomowość zagadnień geomatyki, a także problemy ontologii, semantyki i obiektowości geoinformacji.
 - Problemy geomatyki specyficzne dla poszczególnych dyscyplin.

2.1. Inicjatywa inicjatywa INSPIRE

INSPIRE to inicjatywa Unii Europejskiej w zakresie wspólnej infrastruktury geoinformacyjnej.

INSPIRE to program budowy **ESDI – European Spatial Data Infrastructure (Europejska Infrastruktura Geoinformacyjna)**.

Co nie jest infrastrukturą geoinformacyjną?

- Nie jest nią pojedynczy portal udostępniający mapy (także kilka takich portali niepowiązanych ze sobą).
- Nie jest nią sieć portali informujących, gdzie można kupić w sklepach papierowe mapy lub inne dane geoprzestrzenne (także w postaci cyfrowej).
- Nie jest nią struktura organizacyjna nie posiadająca środków technicznych (serwerów z sieciowymi interfejsami) i cyfrowych zasobów geoinformacyjnych przeznaczonych do udostępniania za pośrednictwem internetu (także w przypadku, gdy w jej nazwie jest termin „infrastruktura geoinformacyjna”).



Logo inicjatywy INSPIRE

INSPIRE: The INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe

INSPIRE: INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe

INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe) is a recent initiative launched by the European Commission and developed in collaboration with Member States and accession countries. It aims at making available relevant, harmonised and quality geographic information to support formulation, implementation, monitoring and evaluation of Community policies with a territorial dimension or impact.

INSPIRE Information Flow

Data resources

Local data, National and Sub-national SDI, European Data, National and Sub-national SDI, Local data

INSPIRE specifications

request for information services

Discovery Service, Technical Integration/ harmonisation, Harmonised Data policy, Collaborative agreements

Users

Government & Administrations, Utility & Public Services, Commercial & Professional Users, Research, NGOs and not-for-profit orgs, Citizens

delivery of information services

ISO

SDI – Spatial Data Infrastructure

INSPIRE is a legal initiative of the EU that will address technical standards and protocols, organisational and co-ordination issues, data policy issues including data access and the creation and maintenance of spatial information.

INSPIRE is the first step of a broad multi-sectoral initiative, that will initially focus on spatial information needed for environmental policies and that will be open for needs of other policy areas, such as agriculture and transport.

The three Commissioners responsible for Environmental policy, for Statistics and for Research have signed a Memorandum of Understanding on the development of the INSPIRE initiative.

Rys. 1. Witryna internetowa inicjatywy INSPIRE prowadzona przez JRC – Wspólnotowe Centrum Badawcze Unii Europejskiej. [Źródło: <http://inspire.jrc.it>]

Co nią jest? – Definicja terminu *infrastruktura geoinformacyjna*:

Zespół odpowiednich środków technicznych i technologii, środków politycznych i ekonomicznych oraz przedsięwzięć instytucjonalnych, które ułatwiają dostęp do danych przestrzennych oraz korzystanie z nich. Infrastruktura geoinformacyjna służy zatem do wyszukiwania, oceny, transferu i stosowania danych przez ich użytkowników i producentów na wszystkich poziomach administracji publicznej, sektora gospodarczego, sektora społecznego (nonprofit) i środowiska akademickiego, a także przez obywateli w ogólności.

[Źródło: (Gaździcki, 2003a)]

Koncepcja ESDI jest dopiero we wstępnej fazie opracowywania, a regulacje prawne (dyrektywy Parlamentu Europejskiego) są w planach. Wiele aspektów infrastruktury (tematyczny, organizacyjny, strukturalny, prawny, finansowy) jest obecnie przedmiotem szerokiej dyskusji w europejskich środowiskach zajmujących się geoinformacją. Z tego względu obraz planowa-

nego przedsięwzięcia jest na razie bardzo mglisty. Czy nie jest za wcześnie mówić o założeniach technologicznych, jakie będą przyjęte w ESDI? – W tym przypadku nie ma takiej obawy. Wykazują to fakty:

- W zakresie technologii (architektury i standardów) panuje zgoda (w 95%, jak wykazały to konsultacje internetowe), że podstawą powinny być nowe międzynarodowe standardy i z tego względu tematyka ta nie jest przedmiotem dyskusji.
- Podejmowane w wielu krajach w pierwszej połowie lat 90. prace nad własnymi standardami w tym zakresie doprowadziły do sytuacji bliskiej chaosu i wielkich trudności w zakresie interoperacyjności systemów geoinformacyjnych. Obecnie już rozumiano, że był to czas stracony.
- Teraz jedynym dyskusyjnym, bo jednocześnie trudnym problemem jest budowanie powiązań pomiędzy rozwiązaniami opartymi na dawnych standardach a systemami pracującymi w nowych technologiach proponowanych przez nowe standardy międzynarodowe.

2.1.1. Cele i zadania INSPIRE

W dokumentach inicjatywy INSPIRE można znaleźć następujące określenie celów:

Uczynić odpowiednie i zharmonizowane dane geoprzestrzenne dostępnymi dla wspólnotowej polityki środowiskowej (opracowywanie, stosowanie, monitorowanie i ocena) oraz dla obywateli ...

... poprzez ustanowienie zintegrowanych usług w zakresie informacji geoprzestrzennej, opartych na sieciowo rozproszonych bazach danych, powiązanych wspólnymi standardami i protokołami dla zapewnienia zgodności.

[Źródło: archiwum INSPIRE]

Termin „usługa” (*service*) wymaga tu wyjaśnienia – nie można go mylić z potocznym rozumieniem tego słowa. Normy grupy ISO 19100 termin ten definiują następująco.

Są to możliwości, jaką daje jednostka udostępniająca (serwer – przyp. autora) dla jednostki użytkownika (klienta – przyp. autora) poprzez *interfejs usługi* istniejący pomiędzy tymi dwoma jednostkami. Z tym, że *interfejs usługi* jest definiowany tam jako wspólna granica pomiędzy systemem zautomatyzowanym lub człowiekiem a innym systemem zautomatyzowanym.

2.1.2. Podstawowe pojęcia dotyczące INSPIRE


Wiedząc, czym jest INSPIRE i znając jej cele i zadania, można się zastanowić nad sposobami ich realizacji. Jednak na początku trzeba ustalić, co ma być realizowane. Obok podstawowego, ale jednocześnie bardzo ogólnego pojęcia „infrastruktura geoinformacyjna” w raportach grup ekspertów występuje wiele pojęć bardziej konkretnych, jak na przykład:

- Architektura infrastruktury – modele, standardy, technologie, specyfikacje i procedury stosowane do przedstawienia, przekształcenia i powszechnego stosowania rozwiązań w zakresie integracji, utrzymywania i używania geoinformacji w postaci cyfrowej.
- Producenci i użytkownicy geoinformacji – wszyscy, którzy mają do czynienia z geoin-

formacją (urzędy państwowe, instytucje gospodarcze i badawcze, organizacje, poszczególni obywatele), którzy są z tego powodu przyszłymi aktywnymi uczestnikami działań i użytkownikami infrastruktury.

- Komponenty infrastruktury – wszystkie składniki organizacyjne i techniczne, których zadaniem jest współdziałanie i które mają w infrastrukturze sprecyzowane zadania.
- Dane podstawowe, referencyjne i tematyczne – składniki geoinformacji będącej zawartością repozytoriów i podlegającej przetwarzaniu i przesyłaniu. Dane podstawowe to te, bez których infrastruktura nie mogłaby spełnić swojego zadania. Dane referencyjne to w dużym uproszczeniu „podkłady topograficzne”, a dane geodezyjne stanowią kanwę dla innych danych. Dane tematyczne to dane geoprzestrzenne należące do poszczególnych dziedzin, np. środowiskowe, administracyjne, gospodarcze lub demograficzne.
- Struktura realizacyjna i finansowa – aby środki techniczne mogły spełniać swoje zadania potrzebna jest struktura organizacyjna i decyzyjna, a także sposób finansowania wszystkich działań.
- Organizacja i koordynacja działań – funkcje struktury realizacyjnej. Mają one inne znaczenie na etapie budowy infrastruktury i inne w czasie jej funkcjonowania i stałego rozwoju.

Bardziej szczegółowe wyjaśnienie tych pojęć, a także wielu innych można znaleźć we wspomnianych raportach (rys. 2). Dla zagadnień tu poruszanych podstawowe znaczenie ma raport: *INSPIRE Architecture and Standards Position Paper – v.4.2.*



Reports & Background Information

Last Modified 21 April 2003

HOME

WHY INSPIRE?

INSPIRE PRINCIPLES

data de en es fi fr it nl pt sv

STEPWISE APPROACH

INSPIRE ORGANISATION

WHAT'S NEW

KEEP INFORMED

INTERNET CONSULTATION

POSITION PAPERS

INSPIRE 2003

EVENTS


DOCUMENT ARCHIVE

CONTACTS

SDI INITIATIVES

SDI BENEFITS

USEFUL LINKS



@Contact Webmaster

Position Papers			
Title	Date	Language	Format
Architecture & Standards Position Paper	03/10/2002	EN	PDF ZIP
Implementing Structures & Funding Position Paper	03/10/2002	EN	PDF ZIP
Reference Data and Metadata Position Paper	03/10/2002	EN	PDF ZIP
Data Policy & Legal Issues Position Paper	03/10/2002	EN	PDF ZIP
Environmental Thematic Coordination Position Paper	03/10/2002	EN	PDF ZIP

Memorandum of Understanding			
Title	Date	Language	Format
Memorandum of Understanding between Commissioners Wallström, Solbes, Busquin on INSPIRE	14/05/2002	EN	PDF
Annex to MoU between Commissioners Wallström, Solbes, Busquin on INSPIRE	14/05/2002	EN	PDF

PowerPoint Presentations			
Title	Date	Language	Format
Inspire Overview		EN	PPT
EUROSION: A base of experience for INSPIRE		EN	PDF

Rys. 2. Internetowe archiwum dokumentów INSPIRE. [Źródło: <http://inspire.jrc.it>]

2.1.3. Sytuacja w okresie poprzedzającym

W środowiskach europejskich przez wiele lat podejmowano próby znalezienia wspólnej koncepcji budowy ESDI, lecz kończyły się one niepowodzeniami. Można dopatrzeć się wielu przyczyn tej sytuacji. Jedną z ważniejszych były trudności z zaakceptowaniem nowych standardów (OpenGIS i ISO 19100):

- Środowiska europejskie pierwsze rozpoczęły prace nad standaryzacją:

„Dlaczego mamy rezygnować z naszych, już opracowanych norm CEN/TC287 na rzecz niedokończonych obcych specyfikacji?”

- Standardy informacyjne mają istotne znaczenie w konkurencyjnej grze ekonomicznej na polu informatyki. To samo dotyczy geoinformacji:

„OpenGIS jest ekonomiczną agresją kapitału amerykańskiego na europejski rynek geoinformacji (GI)”

- W połowie lat 90. normy CEN były jedyną formalną standaryzacyjną podstawą do projektowania systemów GI w Europie. W tym okresie w krajach europejskich rozpoczęto wiele projektów związanych z NSDI. Konieczność przejścia na ISO i OpenGIS spotyka się ze zrozumiałym oporem ze strony realizatorów tych projektów.
- Europejskie środowiska GI są znacznie mniej zintegrowane niż analogiczne środowiska w innych regionach świata. Z tego względu jest tu znacznie trudniej uzyskać konsensus dotyczący ogólnie zaakceptowanego standardu GI.

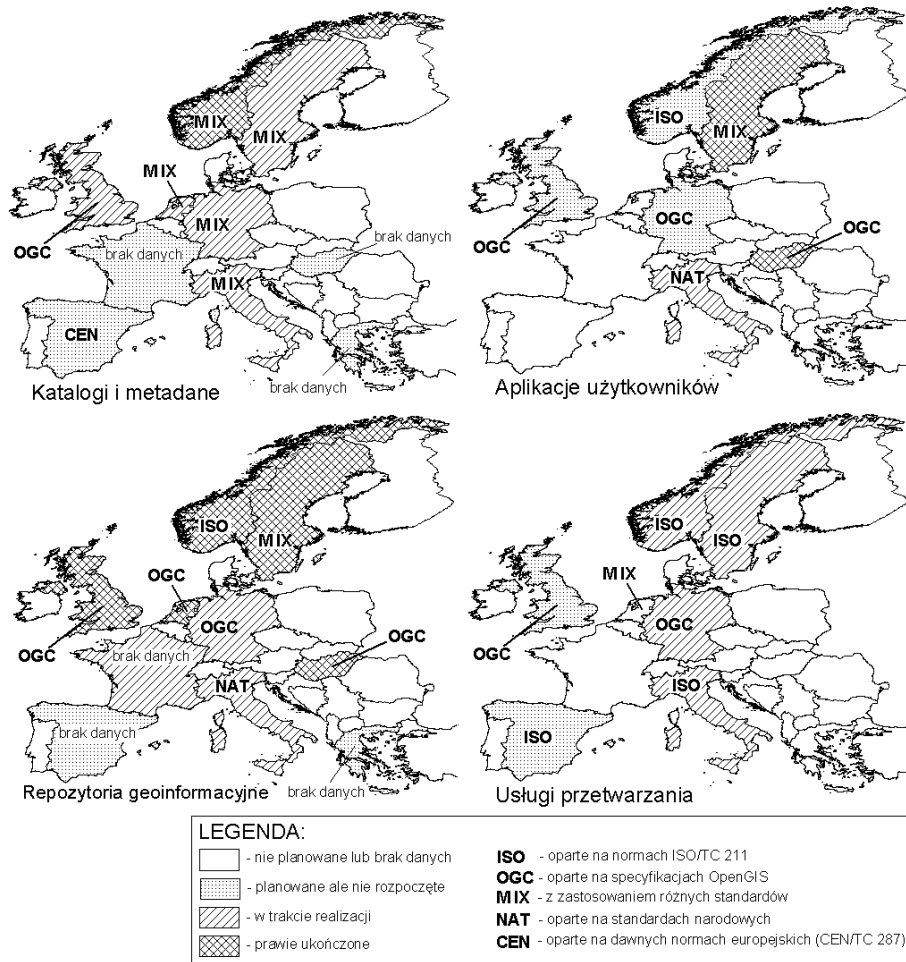
Przełom w dotychczasowej sytuacji panującej w Europie:

- Po wielu latach dreptania w miejscu i wielu dyskusjach, które nie przynosiły żadnych rezultatów, w środowiskach decyzyjnych Unii Europejskiej powstała koncepcja wspólnego budowania infrastruktury geoinformacyjnej, której założenia technologiczne będą oparte na nowych standardach międzynarodowych: specyfikacjach OpenGIS (OGC – *Open GIS Consortium*) i standardach ISO 19100 (Komitet Techniczny ISO/TC 211).
- Ponieważ w części europejskich środowisk zajmujących się geoinformacją OGC w dalszym ciągu jest widziane niezbyt przychylnie, w niektórych dokumentach UE dotyczących ESDI jest mowa tylko o standardach ISO 19100.
- W obecnej sytuacji jednak można postawić znak równości pomiędzy tymi dwoma grupami standardów:
 - specyfikacje OpenGIS stają się normami ISO,
 - różnice w dotychczasowych opracowaniach i dokumentach standaryzacyjnych są niewielkie i są systematycznie eliminowane.

Główne przeszkody w budowie ESDI wynikające z obecnej sytuacji panującej w większości krajów europejskich (na podstawie raportów ekspertów INSPIRE):

- wielka różnorodność modeli i formatów danych,
- niekompletność pokrycia obszarów,
- niezharmonizowane układy odniesienia,
- wiele danych źródłowych jest ze sobą wzajemnie niezgodnych,
- szczegółowość danych w tych samych skalach jest różna,
- trudności z dostępem do danych i wysoki ich koszt.

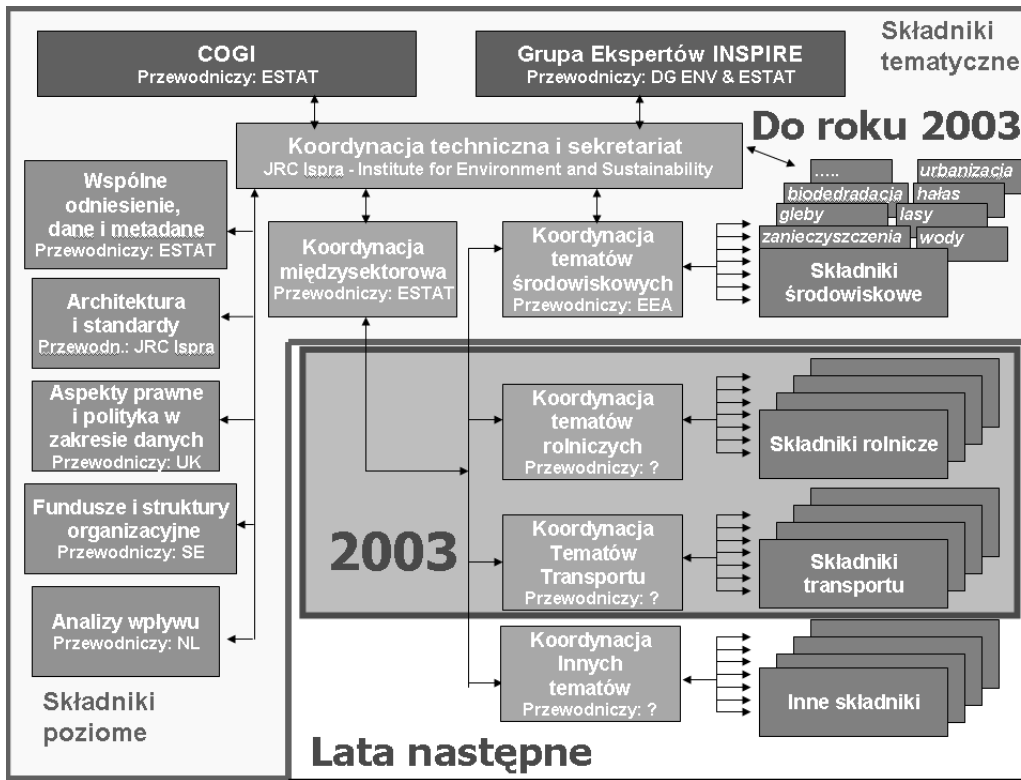
Jednak główną przyczyną przeszkód jest różnorodność standardów dotyczących geoinformacji. Sytuację panującą w Europie w tym zakresie przedstawia rys. 3.



Rys. 3. Standardy geoinformacyjne w różnych krajach europejskich przyjęte jako podstawa budowy elementów infrastruktury. Dane te są niepełne i z tego względu przedstawiają bardziej optymistyczny obraz, niż jest w rzeczywistości. [Źródło: Archiwum INSPIRE]

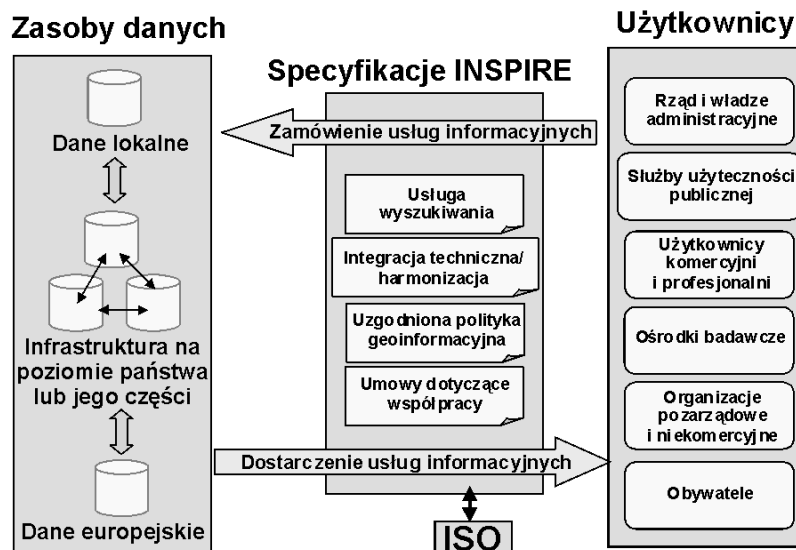
2.1.4. Koncepcja i model pojęciowy ESDI

Budowa infrastruktury o takim zasięgu geograficznym i takiej złożoności tematycznej i technologicznej jest zadaniem wymagającym wielu lat realizacji. Obecny plan organizowania i planowania infrastruktury przedstawia rysunek 4. Rysunki 5 i 6 przedstawiają różne aspekty ogólnej koncepcji ESDI.

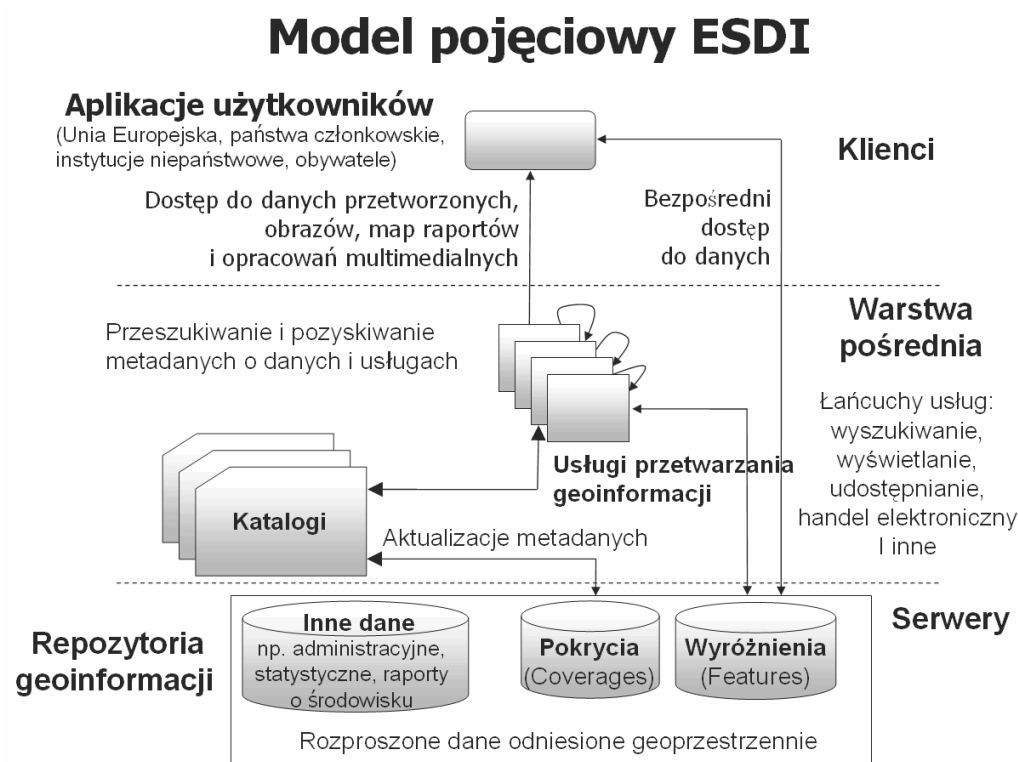


Rys. 4. Etapy organizowania podstaw i planowania ESDI. [Źródło: Archiwum INSPIRE]

Przeływ informacji w INSPIRE



Rys. 5. Schematyczny model przepływu informacji w infrastrukturze geoinformacyjnej ESDI. [Źródło: Archiwum INSPIRE]



Rys. 6. Model pojęciowy Europejskiej Infrastruktury Geoinformacyjnej (ESDI) proponowany w dokumentach INSPIRE. [Źródło: Archiwum INSPIRE]

Bardziej szczegółowe informacje na temat wizji i proponowanych konkretnych rozwiązań można znaleźć w dokumentach i raportach (position papers) znajdujących się w internetowym archiwum INSPIRE (rys. 2).

2.2. Główne problemy metodyczne i technologiczne infrastruktury geoinformacyjnej

Infrastruktura to kolejny etap rozwoju systemów geoinformacyjnych polegający na wprowadzeniu zupełnie nowych koncepcji operowania informacją geoprzestrzenną. Należą do nich między innymi interoperacyjność, rozproszenie, obiektowość i technologie komponentowe. Wymaga to innego spojrzenia na zagadnienia geoinformacji i jej przetwarzania, niż to, jakie było wystarczające w tradycyjnych, monolitycznych systemach GIS. Ciągle jeszcze w tych zagadnieniach nie możemy się wyzwolić od myślenia opartego na stereotypie (metaforze) „mapy papierowej”, chociaż w ostatnich latach w tym zakresie zmieniło się bardzo wiele:

- przejście z zapisu na papierze na zapis elektroniczny – w systemach komputerowych,
- koniec okresu dominacji papieru (początek: około roku 105 – Chiny),
- pierwszy wielki przełom w technice zapisu informacji od czasu Gutenberga,
- forma zapisu informacji zmienia sposób widzenia rzeczywistości.

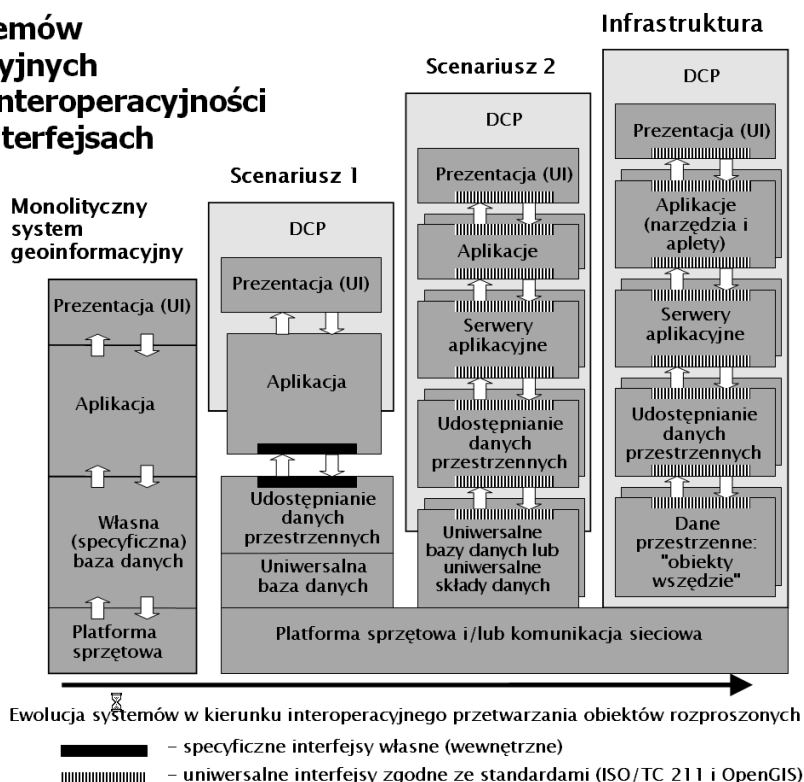
Ewolucję koncepcji systemów geoinformacyjnych (GIS) można przedstawić na przykładzie komputerowej redakcji tradycyjnej mapy papierowej w sposób następujący:

- wprowadzenie danych stanowiących treść mapy do komputera,
- celem jest uzyskanie mapy wiernie odpowiadającej mapie papierowej,
- „pozostałość poprodukcyjna” okazała się bardziej cenna niż końcowy rezultat,
- można to aktualizować, poprawiać, transformować i przysyłać,
- nie jest potrzebny podział na arkusze, skala i odwzorowanie – jedynie układ (system) odniesienia i dokładność (szczegółowość),
- wizualizacja (zobrazowanie) geoinformacji staje się oddzielnym zagadnieniem.

2.2.1. Rozwój systemów geoinformacyjnych

Projektowane i budowane w latach 80. systemy GIS były zamkniętymi monolitami i wymiana danych pomiędzy nimi odbywała się wyłącznie przy pomocy operacji eksportu i importu w oparciu o ich wewnętrzne lub „pseudostandardowe” formaty danych. W ostatnich latach postęp w technologiach ogólnoinformatycznych stworzył warunki do stopniowego rozwoju systemów geoinformacyjnych w kierunku interoperacyjności opartej na interfejsach. Proces ten jest przedstawiony na rys. 7.

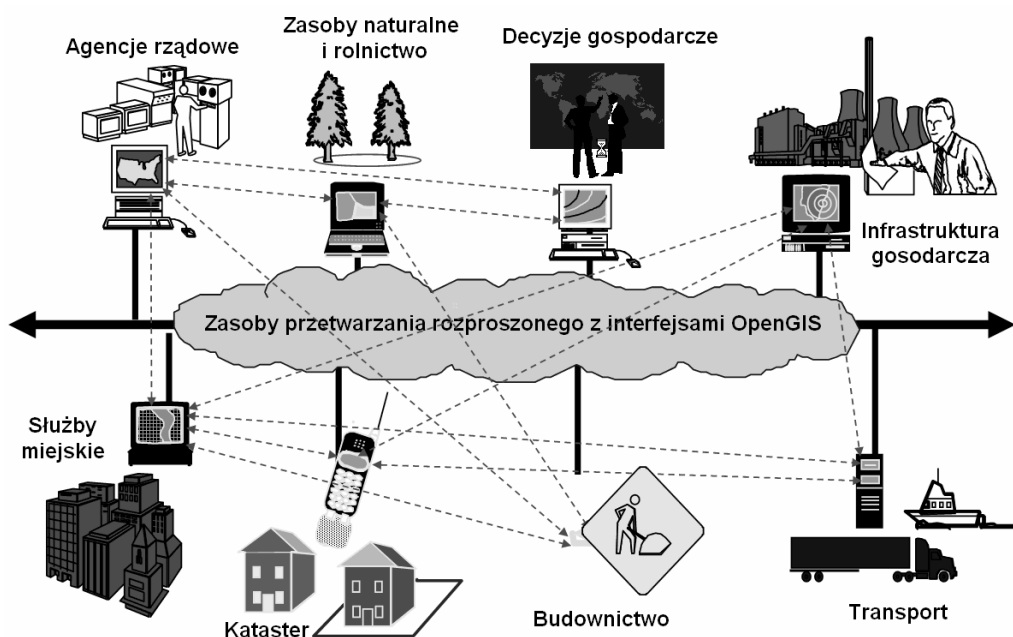
Rozwój systemów geoinformacyjnych w kierunku interoperacyjności opartej na interfejsach



Rys. 7. Schematyczne przedstawienie przejścia od monolitycznych systemów GIS do infrastruktury geoinformacyjnej. [Źródło: Archiwum OGC]

2.2.2. Interoperacyjność systemów jako podstawa infrastruktury

Interoperacyjność jest niezbędnym elementem infrastruktury geoinformacyjnej, ponieważ dzięki niej poszczególne systemy mogą współpracować ze sobą bez stałego pośrednictwa człowieka. Interoperacyjność jest ściśle związana z rozproszeniem systemów i siecią komputerową, która je łączy. Interoperacyjność w odniesieniu do określonych dziedzin zastosowań (w tym przypadku do geoinformacji) wymaga posługiwania się standardowymi interfejsami (rys. 8).



Rys. 8. Interoperacyjna wymiana geoinformacji pomiędzy różnymi systemami w oparciu o standardowe interfejsy OpenGIS. [Źródło: Archiwum OGC]

2.2.3. Interdyscyplinarność i wielopoziomowość zagadnień geomatyki

Według raportów INSPIRE informacja geoprzestrzenna jest tworzona w wielu dziedzinach działalności – zarówno w sferze praktycznej jak i badawczej – jest to zagadnienie interdyscyplinarne.

Problematyka informacji geoprzestrzennej może być rozpatrywana na różnych poziomach – od produkcji standardowych zestawów danych (np. topograficzne mapy cyfrowe) do precyzowania zagadnień ontologicznych, semantycznych i terminologicznych.

Zawężanie i spłaszczenie problematyki geoinformacji prowadzi do ubóstwa dorobku tej dziedziny – staje się tylko rzemiosłem – dotyczy to także zagadnień infrastruktury geoinformacyjnej.

Interdyscyplinarność geomatyki

Według danych OGC około 80 % wszelkiej informacji ma aspekt przestrzenny i dotyczy to wszelkich dziedzin, chociaż w różnym stopniu. Wynika z tego, że nie jest to domena wąskiej grupy specjalistów od geoinformacji. Geoinformacja tworzona i wykorzystywana w różnych dzie-

dzinach ma pewne elementy wspólne – elementy geometryczne, lokalizacyjne i topologiczne. Tymi wspólnymi elementami zajmuje się geomatyka:

Geomatyka = „aspekt przestrzenny, lokalizacyjny i topologiczny geoinformacji” = „wspólny mianownik”

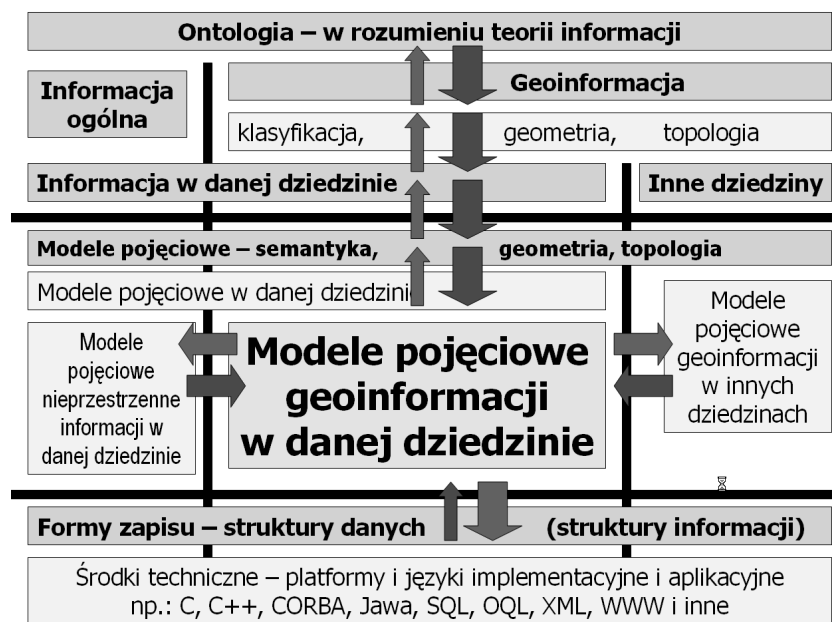
W uproszczeniu „wspólny mianownik” to geoinformacja bez części specyficznej dla danej dziedziny zastosowań. Część tematyczną każda dziedzina ma inną. Z tego powodu można mówić o geomatyce dziedzinowej – związanej z określoną tematyką, na przykład: geomatyka morska, geomatyka ekologiczna, geomatyka geologiczna.

Geoinformacja tworzona przez różne dziedziny i środowiska musi pomiędzy nimi „przepląwać”. Z tego wynikają pojęcia: społeczności geoinformacyjne, translatory semantyczne i inne pojęcia z nimi powiązane.

Wielopoziomowość geomatyki

W geomatyce, jak w każdej innej dyscyplinie, mamy do czynienia z różnymi poziomami problemów – od praktycznych trudności przy wykonywaniu rutynowych operacji na danych przy pomocy standardowego oprogramowania do zagadnień ontologicznych i semantycznych dotyczących sensu i znaczenia danych geoprzestrzennych. Jedynie na pozór wszystko w tym zakresie jest sklasyfikowane, nazwane i logicznie poukładane. Wiemy, co to jest góra i dolina, lecz konieczność poprowadzenia granicy pomiędzy tymi dwoma „obiektami” stwarza sytuację, w której zaczynamy mieć obawy, czy rzeczywiście wszystko już jest jasno i dokładnie określone.

Podział problematyki geoinformacji w ujęciu pionowym i poziomym przedstawia rysunek 9.



Rys. 9. Schemat podziału problematyki geoinformacji. Strzałki symbolizują przepływ wiedzy pomiędzy poszczególnymi obszarami problemowymi.

2.2.4. Ontologia, semantyka i obiektowość geoinformacji

W dyskusjach nad postacią i funkcjami infrastruktury geoinformacyjnej, bardziej niż w przypadku innych zagadnień geomatyki, ujawniają się problemy z terminologią. Często zdarza się, że dyskusja traci sens lub grzęźnie w wyjaśnieniach, ponieważ różne strony posługują się różnymi pojęciami i różnie te pojęcia nazywają.

Infrastruktura geoinformacyjna to środek pozwalający na wymianę informacji pomiędzy różnymi środowiskami – aby informacja mogła być użyteczna dla odbiorcy z innej dziedziny, musi mieć jednoznacznie określoną semantykę opartą na podstawach ontologicznych. W takim przypadku nie wystarczy terminologia opracowana i uzgodniona w wąskim gronie związanym z jednym rodzajem systemów programowych lub z jednym obszarem zastosowań. Uporządkowanie semantyki i terminologii jest pilną koniecznością i wymaga udziału wszystkich, którzy będą z tego korzystali. Lista zagadnień jest długa i tu można dać tylko kilka przykładów:

- terminy ogólnoinformatyczne: informacja, dane, treść bywają różnie rozumiane;
- w publikacjach można spotkać wiele różnych definicji nazwy dyscypliny geomatyka (także: „geoinformatyki”);
- często termin *geoinformacja* (*informacja geograficzna*, *informacja przestrzenna*) jest używany w bardzo zawężonym znaczeniu;
- podstawowe w geomatyce pojęcie w języku angielskim „*feature* – abstrakcja zjawiska świata rzeczywistego” nie jest w zasadzie w Polsce używane;
- z tego powodu termin ten nie ma ogólnie przyjętego polskiego odpowiednika, spotyka się tłumaczenia cecha, obiekt, wyróżnienie;
- termin *obiekt* ma w polskiej geomatyce wiele znaczeń;
- tłumaczenie cecha może powodować niewłaściwą interpretację;
- nie zawsze bierzemy pod uwagę to, że model pojęciowy ogólny to nie to samo, co *abstrakcyjny*;
- inne terminy: pokrycie, geometria, topologia, semantyka są także różnie rozumiane;
- nie uwzględnia się podziału wyróżnień (*features*) na rzeczywiste i ustanowione oraz podziału granic wyróżnień na rozmyte lub ostre, a także na rzeczywiste i ustanowione.

W tej sytuacji przedstawiając zagadnienia dotyczące geoinformacji trzeba w każdym przypadku określać znaczenie używanych terminów. Z tego powodu na końcu tej publikacji zamieszczony jest krótki słownik używanych tu terminów. Najważniejsze z nich wymagają jednak dokładniejszego przedstawienia i jest to zrobione poniżej.

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

$$\alpha$$

$$W \rightarrow I$$

gdzie: W – wiadomość, I – informacja, α – sposób interpretacji.

Związki pomiędzy 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 zrozumiałości 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><objętość
jednostka="cm3"> 37.1</objętość></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 stają się informacją, która może być użyta do wzbogacenia wiedzy stanowiącej postawę mądrości (Gaździcki, 2001). Inni dodają, że mądrość jest podstawą 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 dotycząca na przykład formy przedstawianej treści.

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 ścisłej 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”. Pomocnymi narzędziami do rozwiązywania zagadnień z zakresu ontologii i semantyki są języki opisu ontologii i programy przeznaczone do edycji tego opisu.

Jednym z tych języków jest OIL (*Ontology Interface Layer*). OIL jest rozszerzeniem języka RDF Schema (*Resource Description Framework – Schema*) dla zastosowań ontologicznych i jego użyteczność w odniesieniu do geoinformacji w głównej mierze polega na możliwości precyzyjnego określenia aparatu pojęciowego. Jest to konieczny warunek do poprawnego i przejrzystego zapisu geoinformacji w postaci strukturalnej bez względu czy informacja ta ma aspekt geoprzestrzenny. Możliwość konwersji modeli ontologicznych z języka OIL do języka XML Schema (Klein i in., 2000) ma istotne znaczenie w sytuacji, gdy zakres zastosowań XML ciągle rośnie.

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, często nazywanych aksjomatami (pewnikami) lub ograniczeniami globalnymi.
- class-definition – łączy nazwę klasy (pojęcie, termin) z jej opisem i zawiera składniki: type (primitive lub defined), subclass-of, slot-constraint i każdy z nich może zawierać szereg innych, bardziej szczegółowych elementów: class-expression, name, has-value, value-type, max-cardinality i min-cardinality.

- slot-definition – łączy nazwę slotu (atrybutu, cechy, właściwości) z jego opisem i może zawierać elementy: subset-of, domain, range, inverse i property (transitive lub symmetric).

Fragment zapisu ontologii przy pomocy tego języka:

Przykład 1.

```

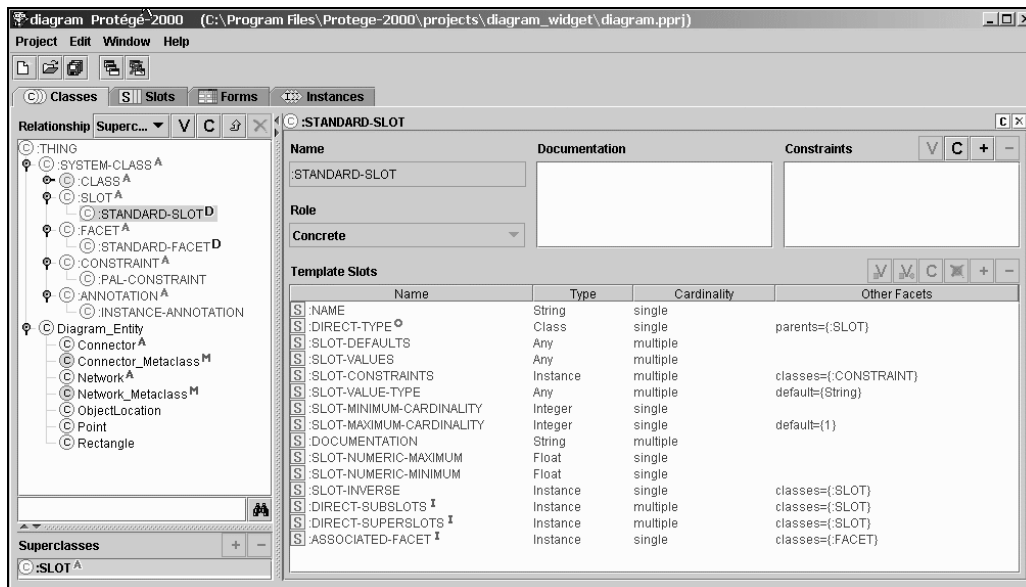
ontology-container
  title "Hydrogeology Foundation"
  creator "J. Michalak, Uniwersytet Warszawski, Wydz. Geologii"
  subject "basic hydrogeological classifications"
  description "An example ontology describing hydrogeological information"
    description.release "1.01"
  type "ontology"
  format "pseudo-xml"
  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_przepuszczalność
    domain warstwa_wodonośna
    range Przepuszczalność
  slot-def kategoria_przepuszczalności
    domain warstwa_wodonośna
    range STRING
  slot-def ma_twardość
    domain woda_podziemna
    range Twardość
  ...

```

Przykładem programu przeznaczonego do edycji zapisu ontologii jest program opracowany w Stanford University o nazwie Protege (rys. 10).

Ontologiczny aspekt informacji wiąże się ściśle z jej aspektem semantycznym. Semantyka wymaga poprawnie określonej i wyspecyfikowanej ontologii, która jest dla niej szkieletem bazowym – dane geoprzestrzenne nie mogą mieć poprawnie określonej semantyki, gdy sens ontologiczny terminu, który się do nich stosuje nie będzie dostatecznie i precyzyjnie określony.

Podstawowy w geomatyce termin „wyróżnienie” (przyjęty przez autora odpowiednik *feature*) odnosi się do czegoś, co istnieje w rzeczywistości i wyraźnie wyróżnia 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 lub wyż atmosferyczny. Niezbędnymi 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 jakiś powodów jest „coś” innego niż w jego otoczeniu lub "coś" w tym miejscu inaczej



Rys. 10. Protege – edytor języka OIL (Ontology Interface Layer).

wygląda niż w pozostałych miejscach. Tą przyczyną może być znajdujący się tam obiekt, ale może też być to „coś”, co nie jest obiektem. Z wyróżnieniem przestrzennym związane są inne pojęcia takie jak położenie, rozciągłość, kształt, czas trwania, geometria, topologia i merologia.

Pokrycie jako szczególny typ wyróżnienia

Obiekty, wyróżnienia i pokrycia są elementami modeli pojęciowych i schematów aplikacyjnych w systemach geoinformacyjnych. Jednak różnice, jakie zachodzą między nimi mają głębsze ontologiczne i semantyczne podłoże. Cytat z pracy Herringa i Kottmana w lakonicznej formie wyjaśnia to rozróżnienie: *Odpowiedzią jest, że „wyróżnienia i pokrycia”, ale jakie było pytanie? (...), pytanie było, jakie są dwa podstawowe sposoby myślenia o informacji geoprzestrzennej i opisywania jej?* (Herring, Kottman, 1997).

Z formalnego punktu widzenia, pokrycie jest wyróżnieniem, lecz nie można znaleźć przykładów, w których byłoby obiektem. W obiektowym systemie geoinformacyjnym pokrycie może być reprezentowane przez obiekt programistyczny, lecz należy tu zwrócić uwagę na różnicę pomiędzy „jest” a „jest reprezentowany”. Pokrycie, będąc zarazem szczególnym przypadkiem wyróżnienia, pozwala na przedstawianie otaczającej rzeczywistości w inny sposób, niż to ma miejsce dla typowych wyróżnień, a szczególnie tych, które są obiektami. Najbardziej specyficzną właściwością pokrycia jest to, że zachowuje się jak funkcja matematyczna, która dla dowolnego punktu swojej dziedziny (domeny) geoprzestrzennej (powierzchni, przestrzeni lub czasoprzestrzeni, także dyskretnej) zwraca jako wynik wartość z zakresu dziedziny (domeny) atrybutu. Typ zwracanej wartości jest określony przez typ atrybutu, lecz można tu zastosować wielką gamę różnych typów.

Wyróżnienia, które nie są pokryciami nie mogą być traktowane jako funkcje geoprzestrzenne. W systemach geoinformacyjnych wyróżnienia (jako obiekty) są najczęściej kodowane przy pomocy zapisu wektorowego, w postaci prostych elementów geometrycznych: punktów, linii i powierzchni lub zbiorów tych elementów. Rozprzestrzenie i lokalizacja tych elementów jest

określana przy pomocy współrzędnych odpowiadających określonymu systemowi odniesienia przestrzennego SRS. Inaczej jest w przypadku pokryć – tu najczęściej stosowaną formą są tak zwane warstwy rastrowe (termin niejednoznaczny), a także zbliżone do nich obrazy i dane komórkowe i macierzowe. Wspólną cechą tego typu danych jest tesalacja (tessalation) przestrzeni (Gaździcki, 2001), w wyniku której powstaje raster będący kanwą (strukturą przestrzenną) dla wypełnienia danymi związanymi z określonym pokryciem.

Fakt, że odpowiednio dla obu tych typów informacji geoprzestrzennej (wyróżnienia i pokrycia) takie 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 formą wektorową lub wyłącznie formą rastrową – z tego względu nie zawsze można zastosować sposób kodowania najbardziej odpowiedni dla danego typu geoinformacji. Specyfikacje OpenGIS dla pokryć określa między innymi także reguły transformacji z formy wektorowej na rastrową i odwrotnie (OGC, 1999).

Jednak w wielu przypadkach dane geoprzestrzenne nie są związane z określonym naturalnym wyróżnieniem. Przyczyny tego mogą być różne – albo we wczesnym etapie przetwarzania nie nastąpiło jeszcze to 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, zdefiniowanej 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 geomatyczne schematy pojęciowe dla danych obserwacyjnych i pomiarowych nie wiążąc ich z rzeczywistymi wyróżnieniami. Takie podejście jest często nazywane późnym wiązaniem (late binding).

Obiektość w modelach pojęciowych geoinformacji

Geomatyka nie potrzebuje opracowania własnych metod budowy i opisu modeli pojęciowych – wykorzystywane są koncepcje opracowane przez informatykę. Zgodnie z tymi koncepcjami można te modele podzielić na:

- mentalne modele świata rzeczywistego – modele ontologiczne;
- abstrakcyjne modele pojęciowe – semantyka, geometria i topologia;
- implementacyjne modele pojęciowe – uwzględniające specyfikę określonej platformy implementacyjnej;
- modele pojęciowe struktur danych (zorganizowane dane = informacja) związanych z określoną problematyką (modele aplikacyjne).

Obiektość w modelowaniu pojęciowym (Subieta, 1998) to środek do walki ze złożonością. Narzędzia obiektości, które pozwalają to osiągnąć:

- dekompozycja – podział złożonego problemu na prostsze fragmenty;
- abstrakcja – ukrycie mniej istotnych szczegółów (hermetyzacja), wyodrębnienie cech wspólnych (generalizacja).

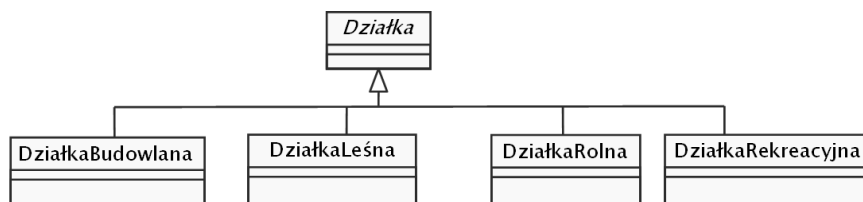
Obiektość wiąże poziomy modeli pojęciowych: mentalny, abstrakcyjny, implementacyjny i struktur danych. Prosty przykład zastosowania metodyki obiektywnej – generalizacji (abstrakcji) w geomatyce:

generalizację można porównać z „wyciąganiem” części wspólnej przed „nawias”:

Przykład 2.

(działka budowlana,
działka rolna,
działka leśna,
działka rekreacyjna) = działka (budowlana, rolna, leśna, rekreacyjna)

Pojęcie „działka” może być abstrakcyjne i sygnalizuje się to pismem pochyłym: *działka*. Powyższe zależności można wyrazić w formie graficznej (rys. 11) przy pomocy diagramu klas języka UML (Unified Modeling Language) – ujednoliconego języka modelowania. Objasnienia notacji graficznej tego języka zawiera rysunek 19.



Rys. 11. Prosty diagram klas języka UML przedstawiający generalizację (strzałka z białym grotem) pojęcia działka.

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*). Definicje obiektu i klasy w znaczeniu przyjętym przez informatykę są podane w umieszczonym na końcu 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) jakiegoś zbioru obiektów i przeniesienie tych niezmienników do definicji klasy.
- Nowe obiekty, które mają być wystąpieniami 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 tożsamość – 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 tożsamości, 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 „część obiektu widoczną z zewnątrz”, nazywając ją w takim przypadku interfejsem.

- Klasy, typy i interfejsy – Klasa zawiera niezmiennie 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, także 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 określoną metodę po odebraniu zewnętrznego komunikatu za pośrednictwem interfejsu.
- Hierarchia klas i dziedziczenie – Klasy są zorganizowane w strukturę hierarchiczną (najczęściej drzewiastą), poczynając od klasy najbardziej ogólnej (pień drzewa), poprzez klasy pochodne (pośrednie) 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 „wyciąganiu 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 inną metodą zaimplementowaną w klasie pochodnej – dzięki temu można zrealizować polimorfizm pomiędzy klasami powiązаныmi przez dziedziczenie (klasą bazową i pochodną).
- Trwałość – Dla realizacji trwałości obiektów służą obiektowe bazy danych. W ograniczonym zakresie obiekty mogą być także przechowywane w relacyjnych bazach danych, które w takim przypadku nazywane są bazami obiektowo-relacyjnymi.

2.2.5. Problemy geomatyki specyficzne dla poszczególnych dyscyplin

W rozdziale 2.2.3 było przedstawione zagadnienie części wspólnej (geomatycznej) geoinformacji jako „wspólnego mianownika” dla różnych dziedzin. Jednak w poszczególnych dziedzinach spotyka się typy geoinformacji nie występujące gdzie indziej i z tego względu nie dające się wyprowadzić przez dziedziczenie (specjalizację) z modelu ogólnego. W takich przypadkach można mówić o problemach geomatycznych związanych tylko z określoną dziedziną. Opisane tu przykłady tych problemów dotyczą informacji geologicznej. Rysunek 12 przedstawia schematyczny podział geoinformacji na aspekty: semantyczny, geometryczny i topologiczny, a także podział ze względu na poziom ogólności: informacja, geoinformacja i geoinformacja danej dziedziny.

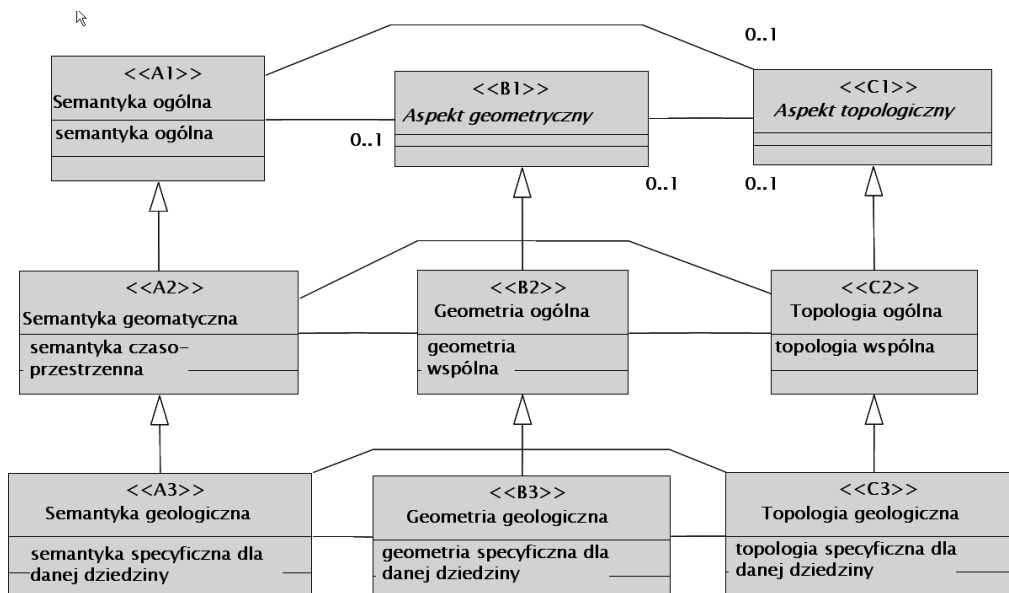
Tabelaryczny podział geoinformacji przedstawiony na rys. 12 może być wyrażony przy pomocy diagramu klas ULM (rys. 13).

Przykłady zagadnień geoinformacyjnych specyficznych tylko dla jednej dyscypliny: układ odniesienia czasowego w geologii oparty na tablicy stratygraficznej i topologia czasoprzestrzenna dla opisu procesów sedymentacji i erozji są przedstawione na rysunkach 14 do 17.

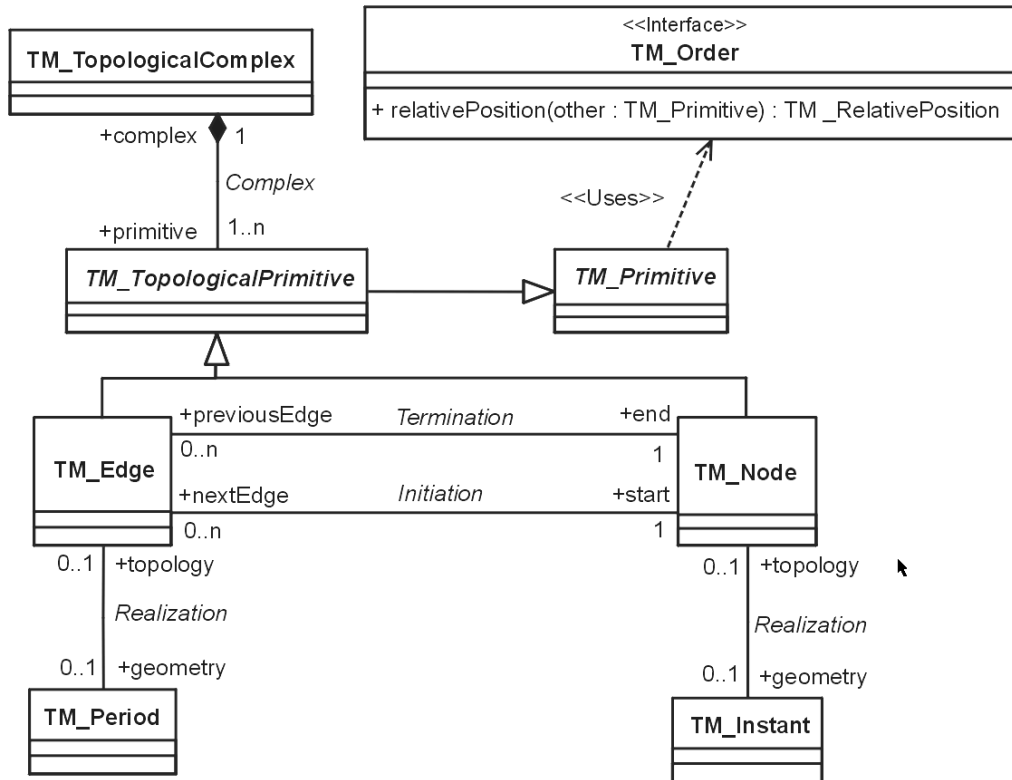
Aspekty geoinformacji w danej dziedzinie

	Semantyka	Geometria	Topologia
Informacja (ogólna)	Dotyczy tego, co jest wspólne dla różnych dziedzin	Może nie występować	Może nie występować
Geo-informacja	+ semantyka geomatyczna (geoprzestrzenna)	Geometria ogólna	Topologia ogólna
Geo-informacja danej dziedziny	+ semantyka specyficzna – dziedzinowa (oparta na terminologii tej dziedziny)	+ geometria specyficzna – dziedzinowa, np. dla opisu zjawisk atmosferycznych	+ topologia specyficzna – dziedzinowa, np. topologia pokrycia rastrowego (macierzowego)

Rys. 12. Generalizacja geoinformacji z jednoczesnym podziałem na aspekty.



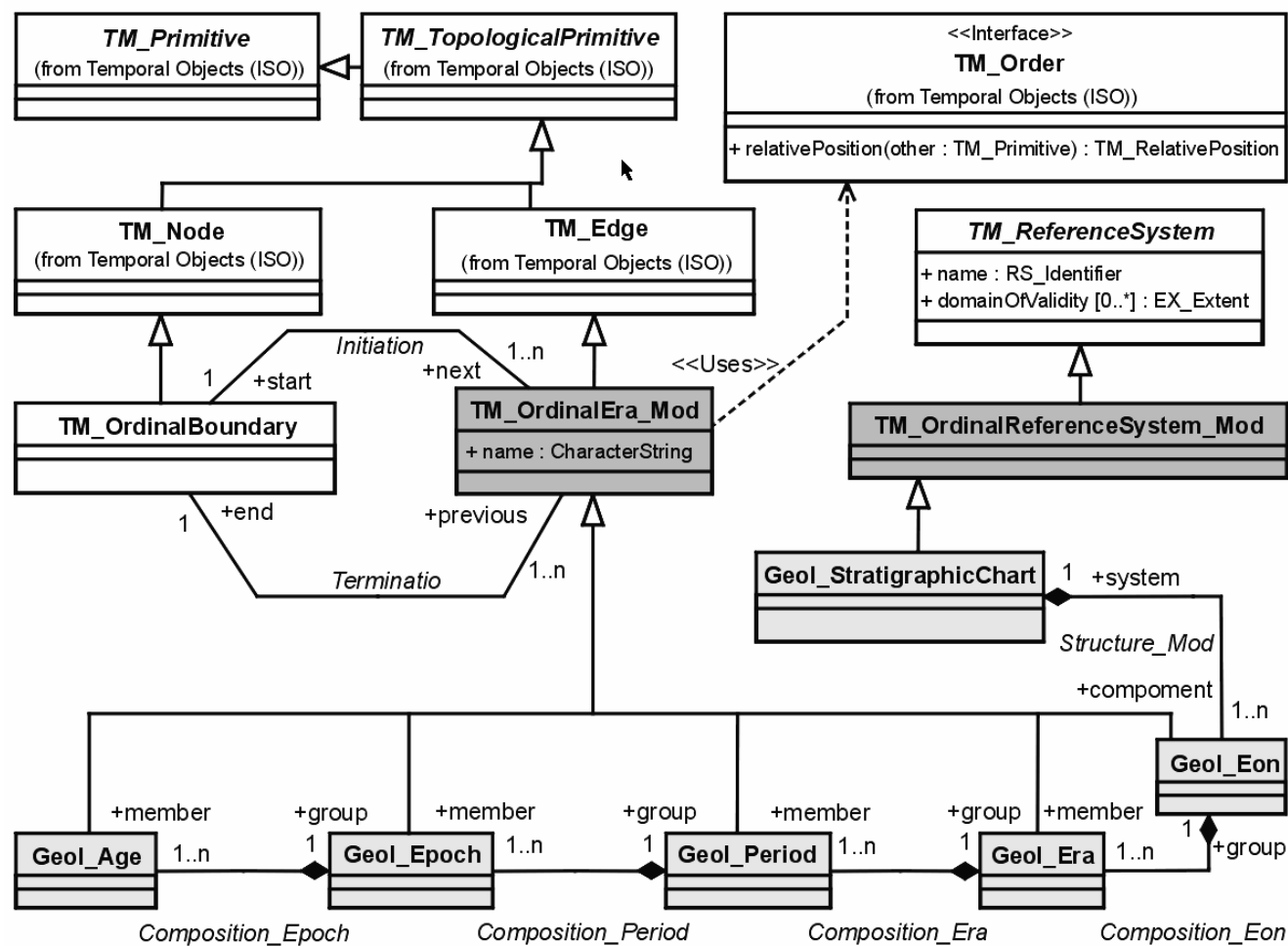
Rys. 13. Generalizacja geoinformacji i podział na aspekty z rys. 12 zapisany przy pomocy języka UML.



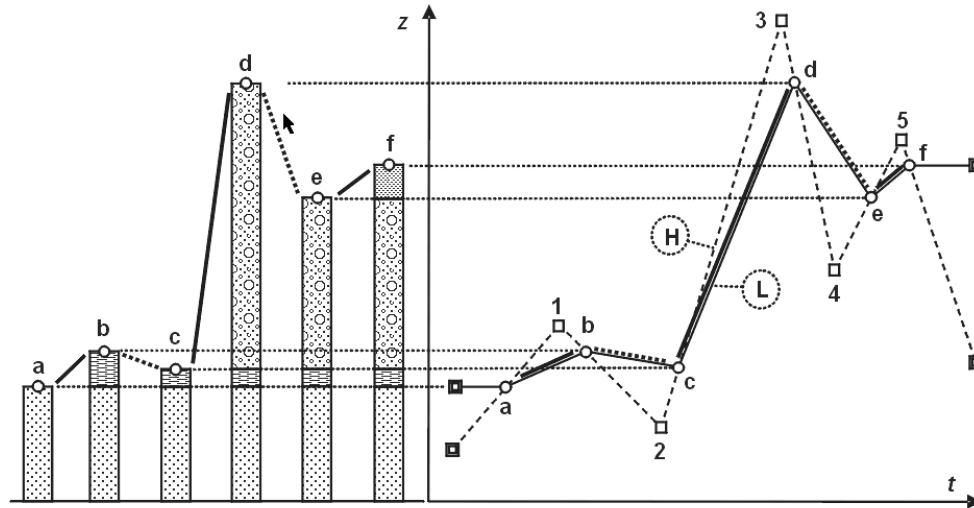
Rys. 14. Model pojęciowy topologii czasu oparty na standardzie ISO stanowiący podstawę modelu układu porządkowego odniesienia czasowego w geologii (diagram klas języka UML). Opracowany przy pomocy programu Rational Rose według standardu ISO 19108.

Tabela stratygraficzna, jako układ geologicznego odniesienia czasowego, według standardu ISO 19108 jest układem porządkowy (ordinal) – nie można przy jego pomocy mierzyć odległości w czasie, lecz jedynie określać następstwa czasowe zdarzeń i zjawisk. Z tego względu układ taki powinien mieć charakter topologiczny i w jego modelu powinny występować tylko elementy topologii czasu. Podstawowy model ogólny dla takiego układu zawiera standard ISO 19108 – niestety w zdefiniowanym tam modelu jest prawdopodobnie błąd, ponieważ zastosowana w nim klasa interfejsowa pozwala na określanie odległości w czasie. Z tego względu model pojęciowy dla zastosowań geologicznych jest oparty na modelu ogólnym, lecz potrzebne były modyfikacje modelu bazowego (rys. 15).

Innym specyficznym zagadnieniem występującym tylko w niektórych dziedzinach jest topologia czasoprzestrzenna niezbędna dla określania relacji topologicznych pomiędzy wyróżnieniami zmieniającymi w czasie swoje położenie przestrzenne. Przykładem tych zagadnień jest opis zależności topologicznych zjawisk związanych z procesem tworzenia się profilu geologicznego. Rysunek 16 przedstawia kolejne fazy tego procesu (strona lewa) i elementy topologiczne: węzły i krawędzie czasoprzestrzenne, a także ich wzajemne związki (strona prawa).



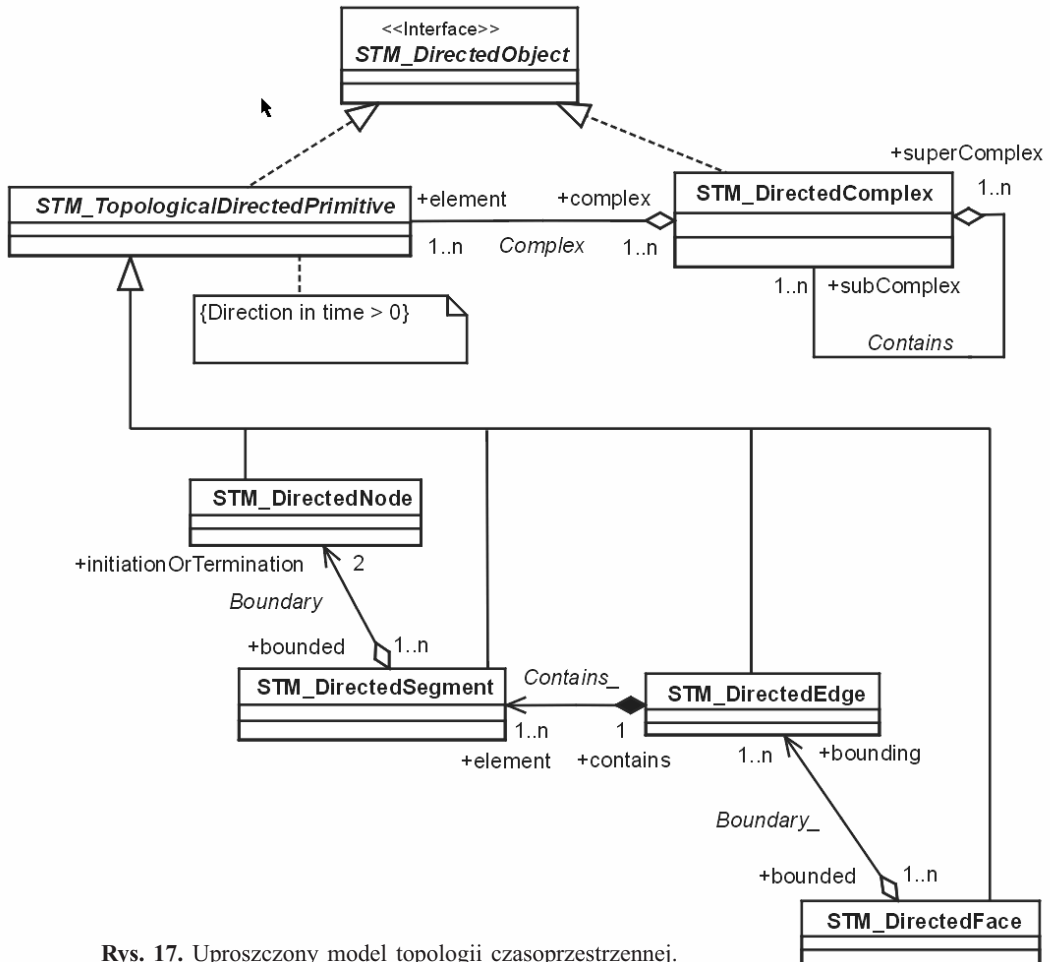
Rys. 15. Model pojęciowy geologicznego układu odniesienia czasowego jako rozwinięcie modelu bazowego standardu ISO. Klasy oznaczone kolorem szarym są zmodyfikowanymi klasami modelu ISO, jasnoszarym – nowymi klasami wyprowadzonymi z klas zmodyfikowanych, bez wypełnienia - oryginalnymi klasami importowanymi z pakietu modelu ISO.



Objaśnienia:	Explanations:
<p>(L) Czasoprzestrzenne linie topologiczne:</p> <p>— powierzchnia litosfery w punkcie (x,y)</p>	<p>Spatiotemporal topological edges:</p> <p>surface of lithosphere in point (x,y)</p>
<p>(H) — powierzchnia hydrosfery w punkcie (x,y)</p>	<p>surface of hydrosphere in point (x,y)</p>
<p>■ — topologiczny węzeł na początku i na końcu linii topologicznej</p>	<p>topological node on the beginning and on the end of topological edge</p>
<p>□ — topologiczny węzeł w lokalnym ekstremum linii topologicznej</p>	<p>topological node in local extreme of topological edge</p>
<p>a ○ — topologiczny węzeł w przecięciu dwóch topologicznych linii (w tym przykładzie jest to brzeg morza w punkcie (x,y))</p>	<p>topological node in intersection of two topological edges (in this example, it is a coast in point (x,y))</p>
<p>— segment linii topologicznej dla warunków sedymentacji</p>	<p>topological segment for conditions of sedimentation</p>
<p>..... — segment linii topologicznej dla warunków erozji</p>	<p>topological segment for conditions of erosion</p>

Rys. 16. Schematyczna topologia czasoprzestrzenna powstawania profilu geologicznego.

Standardy grupy ISO 19100 definiują modele pojęciowe dla topologii przestrzennej (19107) i topologii czasu (19108), jednak nie ma tam zdefiniowanego jednolitego modelu dla topologii czasoprzestrzennej. Z tego powodu przypadek przedstawiony na rysunku 16 nie może być opisany modelem będącym rozwinięciem modeli ISO. W takiej sytuacji jest potrzebne opracowanie nowego modelu bazowego i jego uproszczoną wersję przedstawia rysunek 17.



Rys. 17. Uproszczony model topologii czasoprzestrzennej.