



**POLSKIE
TOWARZYSTWO
INFORMACJI
PRZESTRZENNEJ**

ROCZNIKI 2012 **GEOMATYKI**

**Modele danych przestrzennych w UML
i ich transformacja do schematów GML
i struktur baz danych**

**Tom X
Zeszyt 1(51)
Warszawa**

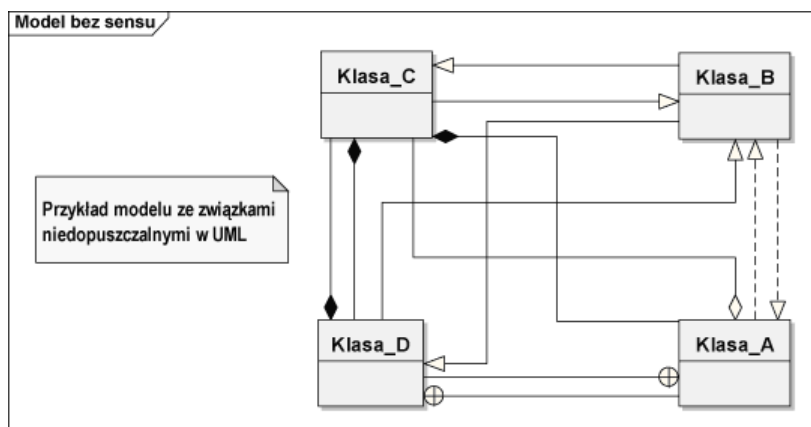
Janusz Michalak

9. Najczęściej popełniane błędy w modelach UML dla schematów aplikacyjnych GML

W rozdziale 2.6 przedstawione są podstawowe reguły konstruowania modeli w języku UML dedykowane schematom XSD dla języka GML. Jednak sama znajomość tych reguł nie wystarczy do opracowania modelu w pełni poprawnego i użytecznego. Tu trzeba powrócić do metaforycznego porównania języka GML do języka naturalnego z rozdziału 2.2, ponieważ model danych w UML nie jest celem samym w sobie, lecz jedynie drogą do opracowania schematu XSD lub (albo także) struktury bazy danych w języku DDL. Aby napisać dobrą książkę trzeba przedtem przeczytać wiele innych, zarówno dobrych jak i złych. Poznawanie złych przykładów jest także bardzo pouczające. Z tego względu w rozdziale tym jest przedstawionych wiele przykładów błędów, których należy unikać w modelach dedykowanych aplikacjom języka GML.

9.1. UML jest cierpliwy jak papier

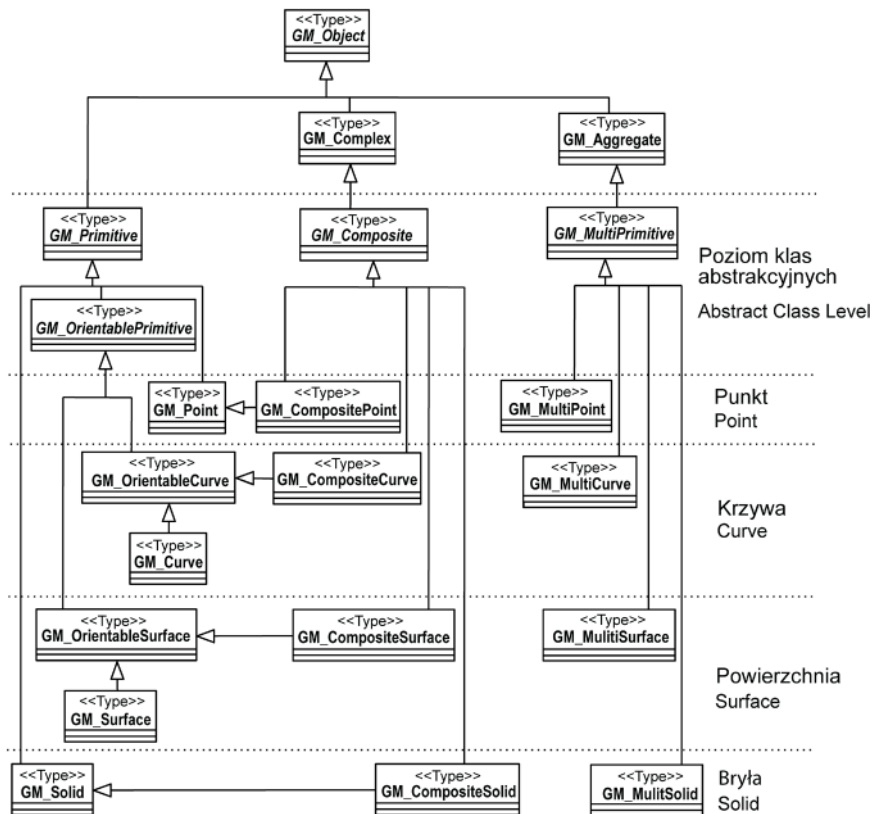
Zarówno metodyka obiektowego modelowania danych, jak i język UML, który jest jej podstawowym narzędziem, a także edytory dla tego języka, na przykład *Rational Rose* lub *Enterprise Architect* nie posiadają wbudowanych mechanizmów chroniących przed popełnianymi błędami. Rysunek 9.1 przedstawia całkowicie błędny model danych ze względu na zastosowanie wykluczających się wzajemnie powiązań pomiędzy klasami. Podczas konstruowania takich powiązań program nie sygnalizuje żadnych nieprawidłowości. Kontynuując



Rys. 9.1. Przykład całkowicie błędnego diagramu klas UML opracowany programem *Enterprise Architect*.

porównanie do języka naturalnego opisane w rozdziale 2.2 można powiedzieć, że zarówno język UML jak i oprogramowanie dla niego przeznaczone są cierpliwie jak papier – cała odpowiedzialność za formalną i merytoryczną poprawność modelu spoczywa na jego autorze.

W różnych dokumentach i specyfikacjach stosowane są różne określenia dotyczące stopnia ogólności modeli i specyfikacji standardów. Przyjęty obecnie powszechnie podział za metodyką MDA na modele i specyfikacje niezależne od platformy (PIM) i od niej zależne (PSM) jest wyraźnie widoczny, jednak stosowana jest tam często różna terminologia. Dotyczy to zarówno opracowań OGC, jak i ISO/TC 211 i można zaobserwować zmiany w stosowaniu tej terminologii z upływem lat. Z tego względu potrzebne jest uporządkowanie w zakresie tych dwóch pojęć. Określenie *platform-neutral* jest synonimem określenia *platform-independent*. Norma ISO 19119 określa, że model *platform-neutral* powinien być wyspecyfikowany zgodnie z regułami opisanymi w specyfikacji technicznej 19103. Często używane w różnych specyfikacjach pojęcie DCP (*Distributed Computing Platform*) jest odpowiednikiem pojęcia platforma dla systemów rozproszonych. W opracowanych dawniej dokumentach OGC odpowiednikiem kategorii *platform-neutral* jest określenie abstrakcyjny (*abstract*), to znaczy niezależny od DCP, czyli od kategorii *platform*. Te różnice terminologiczne powodują pewne trudności w zrozumieniu ról, jakie poszczególne dokumenty (standardy, normy i

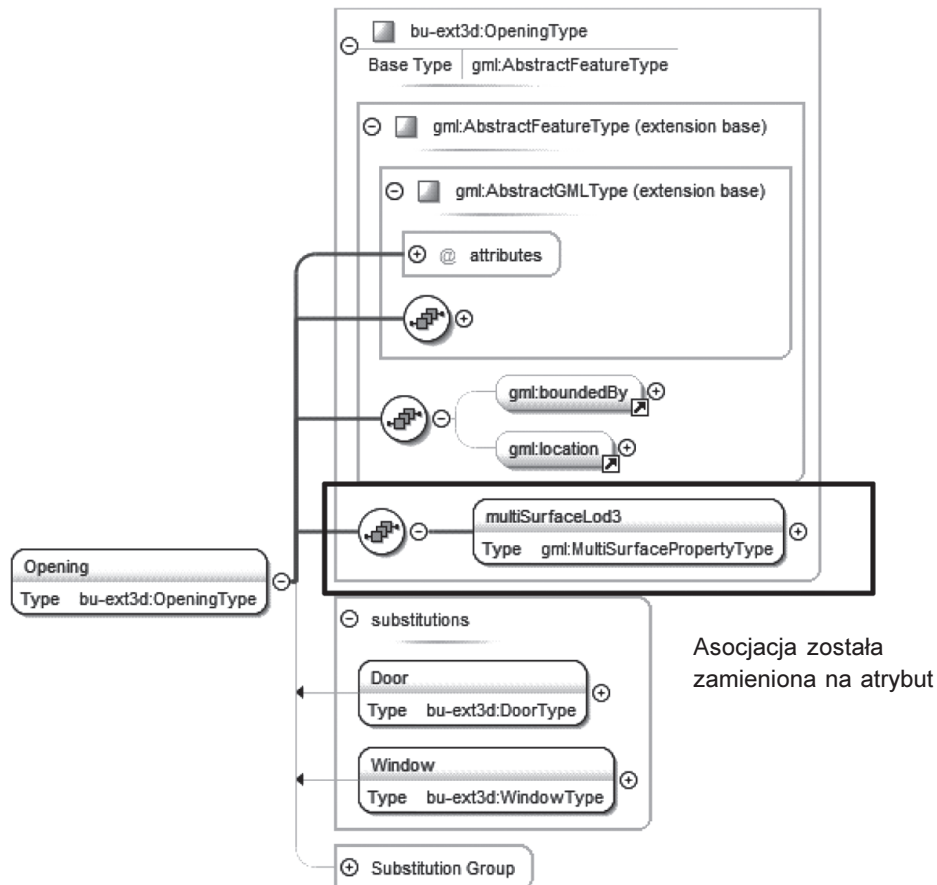


Rys. 9.2. Problem wyboru odpowiedniej geometrii dla określonego wyróżnienia przestrzennego. Hierarchia klas przestrzennych obiektów geometrycznych. Opracowane na podstawie normy ISO 19107 (ISO/TC 211, 2003) przy pomocy programu narzędziowego *Rational Rose*.

specyfikacje) pełnią w całej strukturze dokumentacyjnej dotyczącej danych geoprzestrzennych. Jest to także przyczyną wielu niepoprawnych interpretacji poszczególnych dokumentów, szczególnie gdy nie bierze się pod uwagę, że często porównuje się dokumenty, które powstały w różnych okresach, w odstępie często kilku lub nawet kilkunastu lat.

Konsekwencją tych niepoprawnych interpretacji jest stosowanie elementów modeli abstrakcyjnych (obecnie określanych jako *platform-independent*) w modelach dedykowanych językowi GML bez sprawdzenia, jaką te elementy pełnią tam rolę i w jaki sposób są zaimplementowane w GML. Przykładem tego jest specyfikowanie atrybutu geometrycznego jako typ abstrakcyjny `GM_Object` najwyżej położony w hierarchii typów geometrii (rys. 9.2). Pozwala to na użycie w zapisie danych dowolnego z tej hierarchii typu od `GM_Point` do `GM_MultiSolid` dla wyróżnień (*feature*) należących do tej samej kategorii – w elementach tego samego typu.

Aby model abstrakcyjny (*platform-independent*) z konstrukcjami lub elementami niespełniającymi wymagań transformacji lub pozostawiającymi niejednoznaczności mógł być zaimplementowany, potrzebne jest dokonanie niezbędnych zmian i przykład takich zmian przedstawia rysunek 9.3. Z tego względu, jedną z podstawowych zasad jest uwzględnianie w



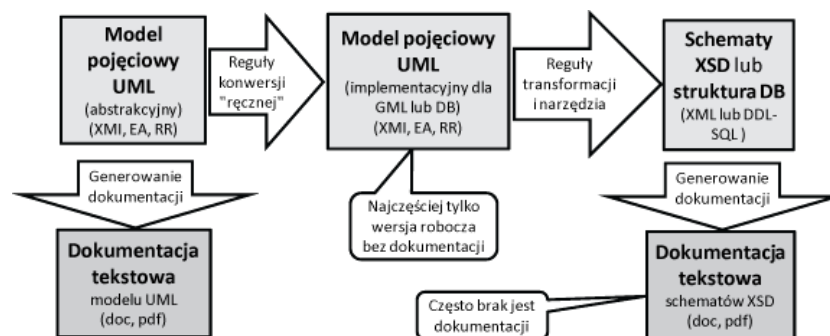
Rys. 9.3. Fragment diagramu XSD, w którym występuje atrybut `multiSurfaceLod3`, w miejscu którego w modelu UML była asocjacja klasą `GM_MultiSurface` i rolą o takiej samej nazwie jak nazwa atrybutu. Przykład ze specyfikacji danych INSPIRE tematu Budyunki (*Buildings*).

modelach abstrakcyjnych (PIM) w możliwie jak najszerszym zakresie wymogów platformy, dla której ten model jest przeznaczony. Ujmując to inaczej, w miarę możliwości modele niezależne od platformy (PIM) powinny być jak najbardziej zbliżone do modeli implementacyjnych (PSM).

Inne przykłady niepoprawności modeli dedykowanych językowi GML są przedstawione w rozdziale 11 poświęconym specyfikacjom danych dla tematów INSPIRE.

9.2. Wymagania dotyczące modeli UML dla INSPIRE

Obecnie trwają prace projektowe i specyfikacyjne nad założeniami technologicznymi infrastruktury INSPIRE. Istotną częścią tego wieloaspektowego procesu jest opracowywanie specyfikacji danych dla poszczególnych tematów wyszczególnionych w trzech aneksach dyrektywy. W przypadku infrastruktury INSPIRE wymagania dotyczące interoperacyjności są szczególnie ważne, ponieważ jej międzynarodowy charakter stwarza wiele problemów wynikających z jednej strony z różnic językowych i kulturowych, a z drugiej z wielkiej różnorodności danych przestrzennych zarówno pod względem ich treści jak i formy. Procedura opracowywania modeli i generowania na ich podstawie schematów XSD jest w zasadzie typowa (rys. 9.4).

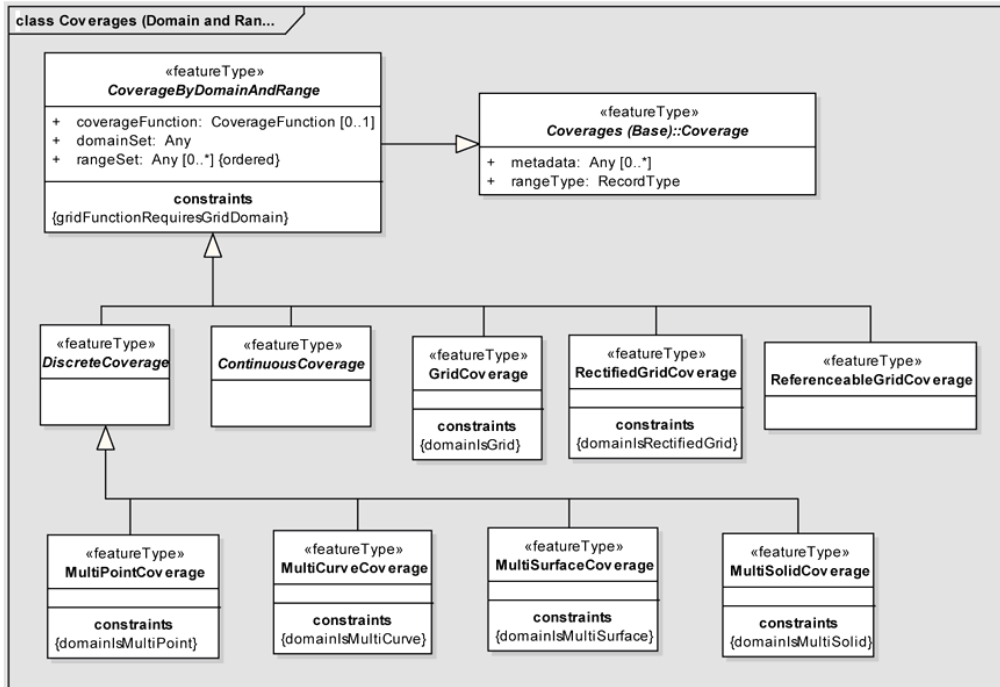


Rys. 9.4. Procedura opracowywania modeli i generowania na ich podstawie schematów XSD. Najważniejszym wynikiem końcowym są schematy XSD – to one stanowią podstawę zapisu danych INSPIRE.

Nietypowe dla większości innych projektów, ale niezbędne w takiej sytuacji jest przestrzeganie ogólnych zasad i szczegółowych wskazówek obowiązujących w każdym przypadku i w każdym temacie dziedzinowym. Zasady te i wskazówki są określone w czterech dokumentach:

- Ogólny Model Pojęciowy (GCM – *Generic Conceptual Model*) dla danych INSPIRE (DT_DS, 2010a),
- Metodyka opracowywania specyfikacji danych INSPIRE (DT_DS, 2008),
- Wytyczne dotyczące kodowania danych przestrzennych INSPIRE (DT_DS, 2010b),
- Wytyczne dla stosowania w specyfikacjach danych INSPIRE tematów z aneksów II i III standardów dotyczących obserwacji i pomiarów, a także usług SWE (*Sensor Web Enablement*) (CTWG-O&M, 2011).

Nie ma możliwości opisanie wszystkich tych zaleceń określonych w tych dokumentach liczących ponad 300 stron. W tej sytuacji można tu przedstawić jedynie kilka wybranych –

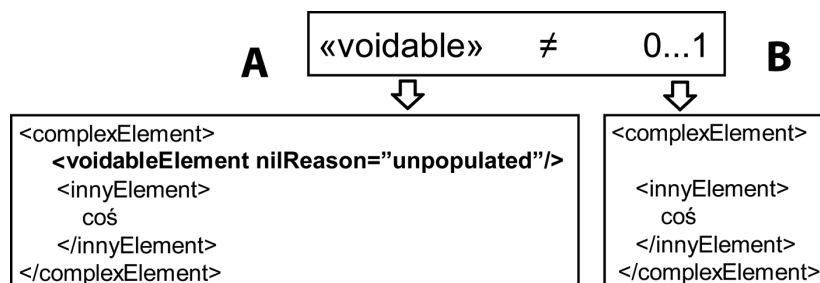


Rys. 9.5. Diagram klas przedstawiający hierarchię typów dla danych pokryć (*coverages*) zdefiniowanych w GCM (*Generic Conceptual Model*) INSPIRE.

najważniejszych. Pierwszy z tych dokumentów razem z modelem UML i wygenerowanymi na jego podstawie schematami XSD stanowi fundament dla wszystkich modeli tematycznych. Między innymi zdefiniowane są tam modele dla danych typu pokrycia (*coverages*), których ogólny model jest przedstawiony na rysunku 9.5.

Uwzględniając fakt, że w różnych krajach Unii Europejskiej zbiory danych dla poszczególnych tematów INSPIRE mają różną zawartość w zakresie szczegółów, wprowadzony został mechanizm pozwalający na pominięcie określonych elementów w zapisie. W modelach danych te własności klas (*properties* – atrybuty lub nawigacyjne asocjacje) są oznaczane stereotypem «voidable». W zapisie danych GML jest to wyrażone za pomocą atrybutu elementu *nilReason* (rys. 9.6A), który może przybierać wartości z listy kodowej *VoidReasonValue*. Lista ta ma dwa elementy: *Unknown* i *Unpopulated*, ale jako lista

Rys. 9.6. Różnica w zapisie danych pomiędzy stereotypem «voidable» i licznnością [0..1] w UML. Objaśnienia w tekście.

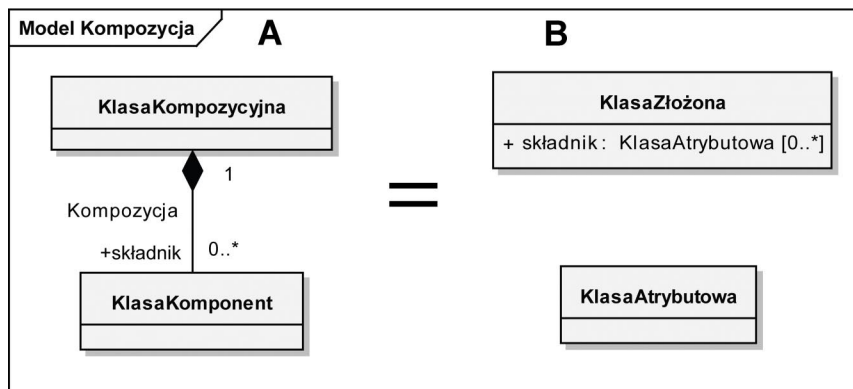


kodowa jest rozszerzalna. Obok tego jest standardowa w UML możliwość podawania liczności z wartością zero, co również pozwala na pominięcie takiego elementu (atrybutu lub nawigacyjnej asocjacji), jednak rezultat w zapisie danych jest inny (rys. 9.6B). W pierwszym przypadku musi istnieć pusty element z atrybutem określającym przyczynę, a w drugim ten element może niewystępować.

Kolejna konstrukcja wymagająca szczególnej uwagi to powiązanie klas kompozycją (silną agregacją). Problem ten nie jest ograniczony tylko do modeli INSPIRE, ale jest istotny we wszystkich aplikacjach języka GML. Powiązanie kompozycyjne oznacza, że obiekty należące do klasy `KlasaKomponent` (rys. 9.7A) są składnikami obiektów klasy `KlasaKompozycyjna` i nie mogą bez nich istnieć. Praktyczna realizacja powiązania kompozycyjnego w XML jest trudna, bo wszystkie powiązania są tam realizowane w formie zwykłych asocjacji z nawigacją przy pomocy konstrukcji `xlink:ref` i nie ma mechanizmu gwarantującego usuwanie elementów składowych, gdy zostaje usunięty element kompozycyjny.

Znaczenie kompozycji z punktu widzenia metodyki języka UML jest bardzo zbliżone do znaczenia atrybutu typu innej klasy (rys. 9.7B). Często spotyka się opinię, że obie te konstrukcje są równoważne, jednak w pewnych szczególnych implementacjach różnica pomiędzy nimi może mieć znaczenie. Nie dotyczy to jednak implementacji bazujących na XML.

W języku GML przyjmuje się, że składniki klas (elementy należące do elementu złożonego) mogą być określone jako „własne wewnętrzne” (*in-line*, jako *by-value* lub *by-representation*) albo istnieć „na zewnątrz”, jako elementy niezależne i jedynie przypisane do klasy macierzystej przez znajdujący się w niej „odsylacz” (*by-reference*). Pierwszy przypadek odpowiada konstrukcji UML przedstawionej w części B rysunku 9.7, a drugi nie jest realizacją kompozycji, lecz raczej zwykłej agregacji lub zwykłej asocjacji.



Rys. 9.7. Powiązanie kompozycyjne (z czarnym rombem) może być zastąpione umieszczeniem w klasie nadrzędnej (w tym przypadku `KlasaZłożona`) atrybutu typu klasy podrzędnej (w tym przypadku `KlasaAtrybutowa`). Objaśnienia w tekście.

Kolejny istotny dla danych INSPIRE problem to identyfikatory. Występują tam trzy ich rodzaje:

- Identyfikatory GML (przykład 9.1) – między innymi służą do określania nawigacyjnych powiązań i w ten sposób są realizacją asocjacji pomiędzy klasami w języku UML.
- Identyfikatory INSPIRE (przykład 9.2) przeznaczone są do wyszukiwania elementów danych za pomocą usług CSW. Każde wyróżnienie (klasa ze stereotypem

«featureType») w zbiorach danych tematów aneksu I i II dyrektywy INSPIRE musi posiadać taki identyfikator. Nie może on mieć stereotypy «voidable», ale może mieć licznosc [0..1].

- Inne dziedziczne identyfikatory, na przykład dla „części wody” (*water body*) określonych dyrektywą wodną (WFD – *Water Framework Directive*). Do tej grupy należą także różne identyfikatory przyjęte w poszczególnych krajach członkowskich.

Przykład 9.1. Identyfikator GML

```
<jakiśElement>
  <gml:identifier codeSpace="http://inspire.jrc.ec.europa.eu/">
    urn:x-inspire:object.id:PL.PSH.BH:455.378
  </gml:identifier>
</jakiśElement>
```

Przykład 9.2. Identyfikator INSPIRE

```
<jakiśElement>
  <test:inspireId>
    <base:Identifier>
      <base:localId>455.378</base:localId>
      <base:namespace>PL.PSH.BH</base:namespace>
    </base:Identifier>
  </test:inspireId>
</jakiśElement>
```

Identyfikatory GML, jak przedstawiono to wcześniej, pozwalają realizować powiązania nawigacyjne pomiędzy elementami danych. Powiązania te mogą być lokalne, gdy jest to odwołanie do elementu, który znajduje się w tym samym zbiorze danych (przykład 9.3) lub odległe, gdy element jest gdzieś indziej (przykład 9.4). Odwołanie lokalne jest bardzo proste, ponieważ wystarczy jedynie podać etykietę znajdującą się w tym samym pliku. W przypadku danych INSPIRE tą etykietą jest identyfikator GML.

Przykład 9.3. Odwołanie do elementu lokalnego (w tym samym miejscu) za pomocą identyfikatora fragmentu (poprzedzony znakiem #) lub identyfikatora GML

```
<test:jakiśElement xlink:href="#PL.PSH.BH.455.378"/>
lub
<test:jakiśElement xlink:href="urn:x-inspire:object.id:PL.PSH.BH:455.378"/>
```

Bardziej skomplikowanym przypadkiem jest odwołanie do elementu odległego (przykład 9.4). Ponieważ odwołanie powinno zagwarantować dostęp do wskazywanego elementu, w takiej sytuacji odsyłacz musi zawierać w sobie polecenie udostępnienia tego elementu zgodne ze specyfikacją WFS (*Web Feature Service*).

Przykład 9.4. Odwołanie do elementu odległego (w innych zasobach) za pośrednictwem WFS

```
<test:jakiśElement
  xlink:href="http://inspire.geo.uw.edu.pl/testbed_wfs/services?SERVICE=WFS&VERSION=1.1.0&REQUEST=GetGmlObject&OUTPUTFORMAT=text/xml;+subtype:gml/3.2.1&TRAVERSEXLINKDEPTH=0&GMLOBJECTID=PL.PSH.BH.455.378#PL.PSH.BH.455.378"/>
```


Przykłady 9.3 i 9.4 dotyczą realizacji asocjacji UML z nawigacją jednokierunkową. W przypadku asocjacji z nawigacją dwukierunkową występują dwa odwołania w przeciwnych kierunkach z obu elementów (rys.9.8), co w praktyce jest równoważne dwóm przeciwnym asocjacjom jednokierunkowym.

Bardziej restrykcyjną formą zapisu identyfikatora INSPIRE (`inspireId`) jest użycie jako identyfikatora lokalnego (element `base:localId`) wartości typu UUID (*universally unique identifier*) w postaci 32-cyfrowego zapisu heksadecymalnego (cyfry w zakresie 0-9 i litery w zakresie a-f) w pięciu grupach cyfr oddzielonych łącznikami (rys. 9.9). Taki identyfikator powinien zawierać także oznaczenie jego wersji (`versionId`) w postaci daty i godziny utworzenia typu `dateTime` (rys. 2.14).

```
<PS:ProtectedSite gml:id="SKSAZP12345">
  <gml:identifier codeSpace="http://inspire.jrc.ec.europa.eu/">
    urn:x-inspire:object:SKSAZP:12345
  </gml:identifier>
  <PS:isManagedBy xlink:href="urn:x-inspire:object:SKSAZP:25551"/>
</PS:ProtectedSite>
....
<PS:ResponsibleAgency gml:id="SKSAZP25551">
  <gml:identifier codeSpace="http://inspire.jrc.ec.europa.eu/">
    urn:x-inspire:object:SKSAZP:25551
  </gml:identifier>
  <PS:isResponsibleFor xlink:href="urn:x-inspire:object:SKSAZP:12345"/>
</PS:ResponsibleAgency>
```

Rys. 9.8 Wzajemne wiązanie elementów zapisu danych w języku GML jako implementacja dwukierunkowego powiązania asocjacyjnego w UML (Michalak i inni, 2011). Fragment przykładowego zapisu danych dla tematu Obszary chronione (*Protected Sites*) dyrektywy INSPIRE.

Konstrukcja identyfikatora wyróżnienia (obiektu lub elementu) geoprzestrzennego

Reguły ogólne:

Przestrzeń nazw			Identyfikator lokalny (niepowtarzalny)
KK.SSS.GGGGG			uuuuu-wwwww-xxxxx-yyyyy-zzzzz
Kraj	Instytucja	Grupa	typu UUID (Universally Unique Identifier) 128 bitów: liczby heksadecymalne w 5 grupach

identyfikator wersji (data i godzina), przykład:
versionId = 2009-01-10T12:12:12+01:00

przykład dla JCWPd:

PL.PSH.JCWPd : 550e8400-e29b-41d4-a716-446655440000

zapis w XML:

```
<geo:inspireId>
  <base:Identifier>
    <base:localId>550e8400-e29b-41d4-a716-446655440000</base:localId>
    <base:namespace>PL.PSH.JCWPd</base:namespace>
    <base:versionId>2009-01-10T12:12:12+01:00</base:versionId>
  </base:Identifier>
</geo:inspireId>
```

zapis w GML:

```
<gml:identifier codeSpace="http://www.psh.gov.pl/">
  urn:PL.PSH.JCWPd:id:550e8400-e29b-41d4-a716-446655440000
</gml:identifier>
```

Rys. 9.9. Konstrukcja identyfikatora wyróżnienia geoprzestrzennego – obiektu lub elementu (Michalak i inni, 2011). Konstrukcja ta jest zgodna z wymaganiami INSPIRE – GCM – *Generic Conceptual Model* (DT_DS, 2010a) i proponowana do zastosowań w polskiej Infrastrukturze Informacji Przestrzennej (BGWM, 2009).

Problematyka niniejszej monografii stanowi przedmiot szerokiego zainteresowania środowisk współtworzących i współużytkujących infrastrukturę informacji przestrzennej budowaną w Polsce zgodnie z przepisami krajowymi i unijnymi. Zainteresowanie to znalazło swój wyraz w warsztatach „Modele danych przestrzennych w UML i ich transformacja do schematów GML i struktur baz danych”, które odbyły się w ramach konferencji Polskiego Towarzystwa Informatyki Przestrzennej na temat „Informacja przestrzenna dla Polski i Europy”, Warszawa, 7–9 listopada 2011 roku. Odpowiadając na ujawnione wówczas zapotrzebowanie, zespół wykładowców podjął trud zawarcia zaprezentowanych przez siebie treści w opracowaniu o charakterze monograficznym. W rezultacie powstała publikacja, która przedstawia w sposób uporządkowany bogaty zasób wiadomości określonych tytułem warsztatów i dotyczących wybranych metod i technologii geoprzestrzennych.

Godne uznania jest, że zespół autorski w składzie: dr inż. A. Chojka, dr inż. A. Zwirowicz-Rutkowska, dr inż. Z. Parzyński i dr hab. J. Michalak, pełniący rolę redaktora naukowego, zrealizował podjęte przedsięwzięcie w stosunkowo krótkim terminie z niewątpliwą korzyścią dla potencjalnych Czytelników.

Jerzy Gaździcki

Warszawa, maj 2012 r.

Autorzy

dr hab. Janusz Michalak

Wydział Geologii, Uniwersytet Warszawski

J.Michalak@uw.edu.pl

Redakcja naukowa i rozdziały:

1. Wstęp
 2. Różnice pomiędzy językiem zapisu danych i jego dziedzinową aplikacją
 9. Najczęściej popełniane błędy w modelach UML dla schematów aplikacyjnych GML
 11. Schematy aplikacyjne tematów aneksów II i III Dyrektywy INSPIRE
 12. Podsumowanie
- Słownik podstawowych terminów stosowanych w tekście

dr inż. Agnieszka Chojka

Wydział Geodezji i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski

agnieszka.chojka@uwm.edu.pl

Rozdziały:

3. Wprowadzenie do modelowania informacji przestrzennej – metodyka MDA i diagramy klas UML
6. Budowa schematu aplikacyjnego GML – reguły budowy, narzędzia i przykłady
7. Transformacja schematu aplikacyjnego UML do schematu aplikacyjnego GML – wymagania, ograniczenia i wybrane narzędzia

dr inż. Agnieszka Zwirowicz-Rutkowska

Wydział Geodezji i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski

agnieszka.zwirowicz@uwm.edu.pl

Rozdziały:

4. Przegląd standardów i narzędzi wykorzystywanych do modelowania informacji geograficznej
5. Schematy aplikacyjne UML – reguły budowy i przykłady
10. Zastosowanie metodyki MDA – wybrane zagadnienia transformacji schematów aplikacyjnych UML do struktur relacyjnych baz danych

dr inż. Zenon Parzyński

Wydział Geodezji i Kartografii, Politechnika Warszawska

z.parzynski@gik.pw.edu.pl

8. Przykład zastosowania metod modelowania danych z zakresu Służby Geodezyjno-Kartograficznej

MODELE DANYCH PRZESTRZENNYCH W UML I ICH TRANSFORMACJA DO SCHEMATÓW GML I STRUKTUR BAZ DANYCH

Słowa kluczowe: geoinformacja, informacja geograficzna, model pojęciowy, UML, schemat aplikacyjny, GML, model relacyjny, transformacja

Streszczenie

Celem monografii jest przedstawienie czytelnikom podstawowych metodyk, technik i narzędzi przeznaczonych do budowy modeli pojęciowych danych przestrzennych na poziomie pojęciowym i implementacyjnym, a następnie do transformacji tych modeli do schematów XSD bazujących na języku GML i do zapisów struktur baz danych w języku DDL. Całość składa się z dwunastu rozdziałów dotyczących poszczególnych aspektów budowy modeli i ich transformacji. Wstęp wprowadza czytelników w całą przedstawianą problematykę i naświetla szerszy teoretyczny kontekst z zakresu modelowania i wykorzystania modeli w zastosowaniach praktycznych. Rozdział drugi poświęcony jest nowym metodom zapisu danych przestrzennych opartego na językach znacznikowych, a w szczególności na języku GML, objaśnia zasady takiego zapisu, zawiera krótką historię języka GML i przedstawia inne języki znacznikowe z nim powiązane. Rozdziały trzeci i czwarty stanowią wprowadzenie do modelowania informacji przestrzennej opartego o metodykę MDA z wykorzystaniem języka UML i zawierają przegląd standardów i narzędzi służących temu modelowaniu. W rozdziałach piątym i szóstym przedstawione są podstawowe zasady budowy tematycznych schematów aplikacyjnych w metodyce języka UML i języka GML zilustrowane przykładami. Rozdział siódmy poświęcony jest zagadnieniom transformacji schematów aplikacyjnych z UML do GML, a w szczególności wymaganiom i ograniczeniom, jakie muszą być spełnione, a także dostępnym narzędziom. Kolejny ósmy rozdział dotyczy modeli UML dedykowanych komponentowi infrastruktury krajowej, przeznaczonym dla Służby Geodezyjnej i Kartograficznej. W rozdziale dziewiątym dokonany jest przegląd najczęściej popełnianych błędów w budowie modeli UML przeznaczonych do utworzenia schematów bazujących na języku GML. Tematem rozdziału dziesiątego jest zastosowanie metodyki MDA do transformacji modeli UML do struktur relacyjnych baz danych. Rozdział jedenasty zawiera metodyczną analizę różnych przypadków występujących w modelach danych tematów aneksów II i III dyrektywy INSPIRE, w tym porównanie z modelami tematów aneksu I, analizę różnych typów i form danych, jakie tam występują. Dwunasty rozdział to podsumowanie, w którym zwraca się szczególną uwagę na dynamiczny rozwój metod z tego zakresu, zmiany zachodzące w zakresie stosowanej terminologii i skutki, jakie te zmiany za sobą pociągają.

UML GEOSPATIAL DATA MODELS AND THEIR TRANSFORMATION INTO GML SCHEMAS AND DATABASE STRUCTURES

Keywords: geoinformation, geographic information, conceptual model, UML, application schema, GML, relational model, transformation

Abstract

The main objective of the monograph is to present essential methodologies, technologies and software tools dedicated to building conceptual models of geospatial data on conceptual level, and implementation level, and then to be transformed into XSD schemas based on GML language and to encode data bases structures in DDL language. The whole monograph consists of twelve chapters concerning different aspects of models development and their transformation. The introduction familiarizes readers with all issues presented and clarifies broader theoretical context with regard to modeling and exploitation of models in practical applications. The second chapter is dedicated to modern methods of encoding spatial data based on markup languages, in particular on GML language; rules for that encoding are also explained. This chapter contains a short history of GML language and presents other markup languages associated with it. Chapters three and four provide an introduction to spatial information modeling based on MDA methodology with application of UML language and it contains a review of standards and tools dedicated to such modeling. In chapters five and six, essential rules of development of thematic application schemas are presented in the methodology of UML and GML languages. Examples to illustrate them are provided. Chapter seven is dedicated to issues of transformation application schemas from UML to GML, in particular to the requirements and constraints that must be fulfilled and also to available tools. The next chapter eight concerns UML models dedicated to components of the national infrastructure designated for Geodetic and Cartographic Service. In chapter nine, a review of most frequent mistakes committed in drawing up UML models dedicated to generating of schemas based on GML language are presented. The subject of chapter ten is the application of MDA methodology for transformation of UML models into relational databases structures. Chapter eleven contains methodological analysis of various cases occurring in data models for the themes defined in Annex II and III of INSPIRE Directive as well as a comparison with the models for themes defined in Annex I and an analysis of various data forms occurring there. In chapter twelve, the recapitulation is presented, in which dynamic development of methods in this area is taken in consideration. In addition, significant changes in the terminology and the effects of these changes are discussed.

Spis treści

1. Wstęp	11
2. Różnice pomiędzy językiem zapisu danych i jego dziedzinową aplikacją	15
2.1. Podstawy zapisu znacznikowego na bazie języka XML	15
2.2. Wprowadzenie do języka GML	18
2.3. Krótka historia zapisu geoinformacji	24
2.4. Języki oparte na GML i z nim powiązane	25
2.5. Przyszłość języka GML	27
2.6. Modele UML dedykowane zapisom w języku GML	30
3. Wprowadzenie do modelowania informacji przestrzennej – metodyka MDA i diagramy klas UML	35
3.1 Wprowadzenie	35
3.2. Reguły budowy schematów aplikacyjnych w UML	39
4. Przegląd standardów i narzędzi stosowanych do modelowania informacji geograficznej	43
4.1. Model dziedziny informacji geograficznej	44
4.2. Funkcjonalność narzędzi do modelowania pojęciowego	45
5. Schematy aplikacyjne UML – reguły budowy i przykłady	49
5.1. Pojęcie schematu aplikacyjnego, jego rola i znaczenie	49
5.2. Proces budowy schematów aplikacyjnych	50
5.3. Przykłady schematów aplikacyjnych UML	52
6. Budowa schematu aplikacyjnego GML – reguły budowy, narzędzia i przykłady	55
6.1. Reguły budowy schematów aplikacyjnych GML	55
6.2. Przykład przekształcenia schematu aplikacyjnego UML na GML	66

7. Transformacja schematu aplikacyjnego UML do schematu aplikacyjnego GML – wymagania, ograniczenia i wybrane narzędzia	69
7.1. Metody transformacji UML do GML	69
7.2. Metoda ręczna	70
7.3. Metoda automatyczna	71
7.4. Podsumowanie	76
8. Przykład zastosowania metod modelowania danych z zakresu Służby Geodezyjno-Kartograficznej	79
8.1. Założenia przyjęte w GUGiK przy opracowywaniu projektów rozporządzeń	79
8.2. Realizacja założeń	80
8.3. Przykłady schematów aplikacyjnych do projektów rozporządzeń	83
9. Najczęściej popełniane błędy w modelach UML dla schematów aplikacyjnych GML	87
9.1. UML jest cierpliwy jak papier	87
9.2. Wymagania dotyczące modeli UML dla INSPIRE	90
10. Zastosowanie metodyki MDA – wybrane zagadnienia transformacji schematów aplikacyjnych UML do struktur relacyjnych baz danych	95
10.1. Transformacja w ujęciu metodyki MDA	95
10.2. Ogólne zasady mapowania pomiędzy modelem obiektowym i modelem relacyjnym	97
10.3. Transformacja schematu aplikacyjnego UML do logicznej struktury relacyjnej bazy danych	101
11. Schematy aplikacyjne tematów aneksów II i III dyrektywy INSPIRE	107
11.1. Nietypowy przypadek – temat Geologia	115
12. Podsumowanie	121
Słownik podstawowych terminów stosowanych w tekście	125
Literatura	131

Janusz Michalak

Słownik podstawowych terminów stosowanych w tekście

Abstrakcyjny – obiekt, atrybut, typ, klasa (*abstract – object, attribute, type, class*) – **1:** Określony ogólnie, bez szczegółów związanych z określoną implementacją (uwarunkowaniami technologicznymi) lub z określoną aplikacją (uwarunkowaniami wynikającymi z dziedziny zastosowania). Na 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. **2:** Klasa abstrakcyjna w modelu danych to klasa, która nie ma własnych obiektów, a jedynie służy jako klasa bazowa dla innych klas. Użycie takiej klasy jest uzasadnione tylko gdy są (lub mogą być) wyprowadzone z nie przynajmniej dwie klasy.

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 sąsiedztwa).

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

Cecha (*trait*) – Kategoria klasy, której zadaniem jest (w przypadku modeli danych) dostarczenie innej klasie określonych własności (atrybutów i powiązań z innymi klasami). W tym przypadku klasa ma stereotyp «*trait*». Podobnym mechanizmem pozwalającym na uniknięcie problemów wielokrotnego dziedziczenia jest **domieszka**.

Dane (*data*, w liczbie pojedynczej: *datum*) – **1:** Jednostki informacji, czyli pojedyncze fragmenty informacji. Dane niezorganizowane nie stanowią informacji i często są bezużyteczne. Dane zorganizowane stanowią elementy informacji. Zorganizowanie danych może być jawne, na przykład w językach znacznikowych lub niejawne, na przykład miejsce umieszczenia adresu na kopercie decyduje, czy jest to adres nadawcy czy odbiorcy. **2:** Fakty, statystyki, opinie i przewidywania zebrane 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 niezbędnymi ich składnikami są dane określające położenie tego miejsca względem Ziemi. **2:** Dane przestrzenne dotyczące Ziemi i wszystkich obiektów przestrzennych z nią związanych (Gaździcki, 2004).

Domieszka (*mixin*) – **1:** Kategoria klasy, której zadaniem jest (w przypadku modeli danych) dostarczenie innej klasie określonych własności (atrybutów i powiązań z innymi klasami). Taka klasa nie ma własnych obiektów, czyli musi być abstrakcyjna. Stosowanie tego rodzaju klasy jest uzasadnione tylko w przypadkach, gdy przynajmniej dwie zwykłe klasy otrzymują w ten sposób własności. Jest to sposób na uniknięcie problemów z implementacją wielokrotnego dziedziczenia. Jedyny przypadek zastosowania klasy *mixin* do języka GML to modele dla niektórych tematów INSPIRE. **2:** Ograniczony sposób dziedziczenia ma pozwalający również na uniknięcie problemów z implementacją wielokrotnego dziedziczenia. W takim przypadku powiązanie dziedziczenia ma stereotyp «mixin». Porównaj: **cecha**.

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, 1999a).

GML (*Geography Markup Language*) – Język znaczników geograficznych, aplikacja języka (metajęzyka) XML przeznaczona do zapisu geoinformacji w celu przesyłania jej pomiędzy różnymi systemami – on-line, niezależnie od platformy sprzętowo-systemowej i niezależnie od charakteru i technologii systemu geoinformacyjnego (Gaździcki, 2004).

Informacja (*information*) – **1:** Dane komputerowe, które są zorganizowane i przedstawione w usystematyzowanej formie dla zrozumiałości ich podstawowego znaczenia. Związki pomiędzy informacją i danymi wyjaśnia definicja danych. **2:** Dane interpretowane w kontekście określonego celu (Nowicki i Staniszkis, 2002). **3:** Wiedza uzyskiwana w drodze interpretacji danych, która w ustalonym kontekście ma określone znaczenie i dotyczy obiektów, takich jak fakty, zdarzenia, przedmioty, zjawiska, procesy i idee (Gaździcki, 2004).

Informacja geograficzna – patrz: **informacja geoprzestrzenna**.

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 niezbędnymi jej składnikami są dane określające położenie tego miejsca względem Ziemi. **2:** Informacja uzyskiwana w drodze interpretacji danych geoprzestrzennych (Gaździcki, 2004).

Instancja (*instance*) – Synonim egzemplarza stosowany w normach PN-EN ISO 19100 (Gaździcki, 2011).

Klasa (*class*) – Pojęcie klasy jest używane w trzech dość 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 wiąże się ze sobą poprzez hierarchię (lub inną strukturę) dziedziczenia (Subieta, 1999a).

MDA – 1: (*Model Driven Approach*) Podejście oparte na modelu: pojęciowym, logicznym i fizycznym. Niezależny od implementacji schemat aplikacyjny zostaje odwzorowany na różne specyfikacje (wykorzystujące różne technologie, np. usługi sieciowe, relacyjne bazy danych, XML), a te z kolei mogą zostać zaimplementowane (wdrożone) na różnych platformach sprzętowo-programowych (CEN, 2006). **2:** (*Model Driven Architecture*) Zbiór metod porządkujących proces tworzenia systemów informatycznych opartych na budowie modeli i ich transformacji. Koncepcja MDA została opracowana przez międzynarodową organizację OMG, której celem jest rozwiązywanie problemów związanych z integracją systemów informatycznych pochodzących od różnych dostawców oraz działających na różnych platformach informatycznych (OMG, 2003).

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, klasyfikację pojęć oraz związki pomiędzy pojęciami (Subieta, 1999a).

Metka (*tagged value*) – Inaczej wartość etykietowana. Obok stereotypów i ograniczeń, to jeden z mechanizmów rozszerzenia semantyki języka UML. Pozwala dołączyć do elementu modelu UML dodatkowe właściwości. Metka to para *klucz=wartość*.

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 odpowiednią notacją (diagramami) służącymi do zapisywania wyniku poszczególnych faz projektu, jako środek wspomagający ludzką pamięć i wyobraźnię i jako środek komunikacji w zespołach oraz pomiędzy projektantami i klientem (Subieta, 1999a).

Model pojęciowy (*conceptual model*) – Model procesów 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, 1999a).

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) odwzorowującą rzeczywistość opisywaną przez dane (Subieta, 1999a).

Norma (*standard*) – **1:** Dokument przyjęty na zasadzie konsensu i zatwierdzony przez upoważnioną jednostkę organizacyjną, ustalający – do powszechnego i wielokrotnego stosowania – zasady, wytyczne lub charakterystyki odnoszące się do różnych rodzajów działalności lub ich wyników i zmierzający do uzyskania optymalnego stopnia uporządkowania w określonym zakresie (Ustawa, 2002). **2:** Polska Norma – jest normą o zasięgu krajowym, przyjętą w drodze konsensu i zatwierdzoną przez krajową jednostkę normalizacyjną (Polski Komitet Normalizacyjny), powszechnie dostępną, oznaczoną – na zasadzie wyłączności – symbolem PN (PKN, 2010). Zobacz: **normy ISO serii 19100, standard, standardy OGC.**

Normy ISO serii 19100 (*ISO 19100 series of International Standards*) – Rodzina norm ISO w dziedzinie informacji geograficznej. Wynik prac Komitetu Technicznego ISO/TC211, który pracuje nad wieloma projektami standaryzacji informacji przestrzennej w bardzo szerokim zakresie tej problematyki. Zobacz: **norma, standard, standardy OGC**.

Obiekt (*object*) – **1:** W teorii informacji – konkretny lub abstrakcyjny byt (wystąpienie) wyróżnialny w modelowanej rzeczywistości, posiadający nazwę, jednoznaczną identyfikację, 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, 1999a). **2:** W geomatyce przyjmuje się, że obiekt jest wystąpieniem klasy i jest to oparte na paradygmacie obiektowości wywodzącym się z języka UML, który jest przyjęty do opisu modeli pojęciowych (OMG, 2001). **3:** Termin stosowany w różnych znaczeniach; dla uniknięcia wątpliwości, jeśli jego znaczenie nie wynika z kontekstu, powinien być uzupełniony dodatkowym określeniem (Gaździcki, 2004).

Rola (*role*) – W języku UML jedna z możliwości opisu powiązania. Pozostałe to nazwa powiązania oraz krotność. Każda klasa biorąca udział w powiązaniu ogrywa w nim określoną rolę. Inaczej jest to „oblicze”, które klasa przy jednym końcu powiązania prezentuje klasie przy drugim jego końcu.

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

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

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

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

Standard (*standard*) – Wzorzec rozwiązania sprzętowego lub programowego zatwierdzony przez instytucję normalizacyjną lub przyjęty nieformalnie wskutek dużego 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 sprzętowego), ANSI C++ (oficjalny standard języka programowania), POSIX (standard IEEE przenośnego systemu uniksowego), CORBA (standard obiektowych systemów rozproszonych) (Płoski, 1999). Zobacz: **standardy OGC, norma, normy ISO serii 19100**.

Standardy OGC (*OGC standards*) – Techniczne dokumenty specyfikujące interfejsy i reguły zapisu danych geoprzestrzennych. Stanowią one główne rezultaty działalności OGC (*Open Geospatial Consortium*) i są opracowywane przez zespoły złożone z członków OGC dla rozwiązywania różnorodnych problemów dotyczących interoperacyjności. Wszystkie publiczne dokumenty OGC są łatwo dostępne bez żadnych opłat. OGC ma ponad 400 członków, w tym ponad połowa to wyższe uczelnie i instytucje naukowe, także prawie połowę stanowią członkowie europejscy. Standardy OGC dzielą się na specyfikacje abstrakcyjne i standardy implementacyjne. Wiele z tych standardów zostało przyjęte przez komitet ISO/TC 211 jako normy ISO, na przykład: 19107, 19115, 19119, 19123, 19125, 19128, 19136, 19139, 19142, 19143, i 19156. Ze standardami OGC powiązane są inne oficjalne dokumenty OGC, na przykład: *OGC Reference Model (ORM)*, *Engineering Reports* lub nieoficjalne, na przykład *Best Practices Documents* i *Discussion Papers*. Zobacz: **standard, norma, normy ISO serii 19100**.

Stereotyp (*stereotype*) – W terminologii UML, klasyfikacja elementu modelu posiadająca semantyczne konsekwencje. Stereotypy mogą być predefiniowane lub zdefiniowane przez użytkownika (Subieta, 1999a).

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

Tabela (*table*) – Struktura danych implementowana w relacyjnych bazach danych, często nazywana relacją. Tabela składa się z wierszy lub inaczej krotek. Należy zwrócić uwagę, że pomiędzy relacją (w sensie matematycznym) i tabelą występują dość istotne różnice koncepcyjne. Tabela jest wyposażona w nazwy kolumn (które niosą informację semantyczną) (Subieta, 1999a).

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

Unia (*union*) – Typ struktury, rekordu lub obiektu, który może mieć alternatywnie dwa lub więcej zestawów atrybutów. Przykładowo, jeżeli właścicielem samochodu może być osoba lub firma, to obiekt *Samochód* może posiadać alternatywnie albo atrybut *Nazwisko Właściciela* albo atrybut *WłasnośćFirmy*. Unia może mieć związany dyskryminator (*discriminator*), tj. atrybut, którego wartość określa, z którym wariantem mamy do czynienia. Może też nie mieć dyskryminatora; wówczas odpowiedzialność za rozróżnianie wariantów spada na programistę (tak jest np. w C i C++). Brak dyskryminatora w unii podkopuje koncepcję mocnej kontroli typów i stwarza okazję do bardzo trudnych błędów (Subieta, 1999a).

Walidator (*validator*) – Program komputerowy sprawdzający poprawność dokumentu (np. XML) o określonej składni.

Wyróżnienie geoprzestrzenne (*geospatial feature*) (w literaturze polskiej termin *feature* jest często tłumaczony jako obiekt) – **1**: Podstawowy fragment (atom) informacji geoprzestrzennej. Posiada atrybuty geoprzestrzenne (geometryczne i topologiczne) np. kształt, rozciągłość, położenie, relacje z innymi wyróżnieniami. Często pojęcie wyróżnienie jest my-

lone z pojęciem obiekt, jednak wyróżnienie może być obiektem, ale też może nim nie być (Mark i in., 2001). Ponieważ w geomatyce wszystkie wyróżnienia są geoprzestrzenne, przymiotnik geoprzestrzenny jest na ogół pomijany i używa się krótszego terminu wyróżnienie.

2: Cyfrowa reprezentacja zjawiska (bytu) świata rzeczywistego lub jego abstrakcja w modelu pojęciowym. Wyróżnienie ma określone miejsce w przestrzeni i czasie jako jego atrybuty (Buehler, McKee, 1996). Przykładem wyróżnienia może być prawie wszystko co może być umieszczone w przestrzeni i czasie: stół, budynek, miasto, drzewo, fragment lasu, ekosystem, trasa przejazdu lub wyż atmosferyczny jako obszar wysokiego ciśnienia powietrza.

3: Abstrakcja zjawiska świata rzeczywistego. Termin wyróżnienie może odnosić się do typu zjawiska lub jego konkretnego wystąpienia (ISO/TC 211, 2002a), np. „rzeka” i „Wisła”.

Związek (*relationship*) – **1:** W języku UML i w konsekwencji także w normach grupy ISO 19100 – semantyczne połączenie pomiędzy elementami modelu. Przykładami związków są agregacje, kompozycje (agregacje całkowite), powiązania i uogólnienia. **2:** W modelu encji-relacji – powiązanie pomiędzy encjami (Michalak, 2005a).

Literatura

- AB ORMSC (Architecture Board ORMS), 2001: Model Driven architecture (MDA). Document number ormsc/2001-07-01.
URL: <http://www.enterprise-architecture.info/Images/MDA/MDA%20Technical.pdf>
- Altova, XMLSpy. URL: <http://www.altova.com/xml-editor>
- BGWM (Biuro Geodety Województwa Mazowieckiego), 2009: Opis koncepcji identyfikatorów, wersjonowania zmian, stosowania reguły *nil reason*.
URL: <http://www.geointegracja.gov.pl/download/file.php?id=80&sid=f2c1f79e942a2cf12ed12a99aee5eec0>
- Biron P. V., Permanente K., Malhotra A. (W3C), 2004: XML Schema Part 2: Datatypes. Second Edition. W3C Recommendation 28 October 2004. URL: <http://www.w3.org/TR/xmlschema-2>
- Boisvert E., Brodaric B., 2008: GroundWater Markup Language Specification v. 1.0.
URL: http://ngwd-bdnes.cits.nrcan.gc.ca/service/api_ngwds/en/gwml.html
- Booch G., Rumbaugh J., Jacobson I., 2002: UML – przewodnik użytkownika. Z serii: Inżynieria oprogramowania. Wydanie polskie. Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- Brink L., Portele C., Vretanos P. A. (OGC), 2011: Geography Markup Language (GML) simple features profile (with Corrigendum). OpenGIS Implementation Standard Profile.
URL: http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=42729
- Buechler K., McKee L. (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.
- Burggraf D., 2011: Input to the GML 4 workshop.
URL: http://external.opengeospatial.org/twiki_public/GML/Gml4WorkshopInput
- CEN, 2006: prCEN/TR 15449, Geographic information – Standards, specifications, technical reports and guidelines, required to implement Spatial Data Infrastructure.
- Chojka A., 2006: Przegląd metod, środków formalnych i narzędzi programowych wspomagających modelowanie pojęciowe informacji geograficznej. Część I – Modelowanie pojęciowe. *Magazyn Geoinformacyjny Geodeta*, nr 5 (132).
- Cox S. (ed.) (OGC), 2010: Geographic Information: Observations and Measurements – OGC Abstract Specification Topic 20. URL: http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=41579
- Cox S., 2011: Hollow World: a GML application schema template. Solid Earth and Environment GRID (SEE GRID community website). URL: <https://www.seegrid.csiro.au/wiki/AppSchemas/HollowWorld>
- CTWG-O&M (INSPIRE Cross Thematic Working Group on Observations & Measurements), 2011: D2.9 Guidelines for the use of Observations & Measurements and Sensor Web Enablement-related standards in INSPIRE Annex II and III data specification development, Version 1.0.
URL: http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/D2.9_O&M_Guidelines_V1.0.pdf
- DT_DS (INSPIRE Drafting Team „Data Specifications”), 2008: D2.6: Methodology for the development of data specifications, Version 3.0.
URL: http://inspire.jrc.ec.europa.eu/reports/ImplementingRules/DataSpecifications/D2.6_v3.0.pdf
- DT_DS (INSPIRE Drafting Team „Data Specifications”), 2010a: D2.5: Generic Conceptual Model, Version 3.3. URL: http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/D2.5_v3_3.pdf

- DT_DS (INSPIRE Drafting Team „Data Specifications”), 2010b: D2.7: Guidelines for the encoding of spatial data, Version 3.2. URL: http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/D2.7_v3.2.pdf
- EC (European Commission), 2009: Guidance Document No. 22 – Updated Guidance on Implementing the Geographical Information System (GIS) Elements of the EU Water policy. Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive (2000/60/EC). Technical Report – 2009 – 028.
URL: http://circa.europa.eu/Public/irc/env/wfd/library?l=/framework_directive/guidance_documents/guidance-no22-_nov08pdf_1/_EN_1.0_&a=d
- EP&CEU (European Parliament and Council of the European Union), 2007: Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE).
- Fowler M., Scott K., 2002: UML w kropelce. Oficyna wydawnicza LTP, Warszawa.
- Gaździcki J., 2004: Leksykon geomatyczny – Lexicon of geomatics. Polskie Towarzystwo Informatyki Przemysłowej, Warszawa.
- Gaździcki J., 2011: [W:] (red.) Gaździcki J. Internetowy leksykon geomatyczny.
URL: <http://www.ptip.org.pl/auto.php?page=Encyclopedia&enc=1>
- Githaiga J., 2010: Project Overview – FullMoon. Solid Earth and Environment GRID (SEE GRID community website). URL: <https://www.seegrid.csiro.au/wiki/Siss/FullMoon>
- Huang C-H., Chuang T-R., Deng D-P., Lee H-M., 2009: Building GML-native web-based geographic information systems. *Computers&Geosciences*, no 35, 1802-1816.
URL: <http://www.iis.sinica.edu.tw/papers/trc/8843-F.pdf>
- IGW-CGI-IUGS (Commission for the Management and Application of Geoscience Information – CGI, Interoperability Working Group – IWG, International Union of Geological Sciences – IUGS), 2008: GeoSciML Cookbook – How To Map Data to GeoSciML, Version 2.
URL: http://www.geosci.ml.org/geosci.ml/2.0/cookbook/GeoSciML_Data_CookBook_V2.pdf
- ISO/TC 211 (Geographic Information/Geomatics), 2002a: ISO 19101: Geographic information – Reference model. URL: http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=26002
- ISO/TC 211 (Geographic Information/Geomatics), 2002b: ISO 19108:2002 Geographic information – Temporal schema.
URL: http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=26013
- ISO/TC 211 (Geographic Information/Geomatics), 2003: ISO 19107:2003 – Geographic information – Spatial schema. URL: http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=26012
- ISO/TC 211 (Geographic Information/Geomatics), 2005a: ISO 19103 Technical Specification, Geographic information – Conceptual schema language.
URL: http://www.iso.org/iso/catalogue_detail.htm?csnumber=37800
- ISO/TC 211 (Geographic Information/Geomatics), 2005b: ISO 19109:2005 Geographic information – Rules for application schema.
URL: http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=39891
- ISO/TC 211 (Geographic Information/Geomatics), 2006: ISO 19110 – Geographic information – Methodology for feature cataloguing.
URL: http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=39965
- ISO/TC 211 (Geographic Information/Geomatics), 2007a: ISO 19136:2007 – Geographic information – Geography Markup Language (GML).
URL: http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=32554
- ISO/TC 211 (Geographic Information/Geomatics), 2007b: ISO 19139 Technical Specification, Geographic information – Metadata – XML schema implementation.
URL: http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=32557
- ISO/TC 211 (Geographic Information/Geomatics), 2009: ISO 19104:2009 Technical Specification, Geographic information – Terminology
URL: http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_tc/catalogue_detail.htm?csnumber=32557
- ISO/TC 211 (Geographic Information/Geomatics), 2011: ISO 19118, Geographic information – Encoding.
URL: http://www.iso.org/iso/iso_catalogue/catalogue_ics/catalogue_detail_ics.htm?csnumber=44212
- ISO/TC 211 (Geographic Information/Geomatics), 2012: Introduction: Welcome to the ISO/TC 211 Harmonized Model Web server. URL: <http://www.isotc211.org/hmmg/HTML/root.html>

- Lake R., Burggraf D., Trninc M., Rae L., 2004: Geography Markup Language: Foundation for the Geo-Web. Wiley (w znacznej części dostępna bezpłatnie)
URL: http://media.wiley.com/product_ancillary/47/04708715/DOWNLOAD/Lake.zip
- 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>
- Michalak J., 2003a: Modele pojęciowe hydrogeologicznych danych geoprzestrzennych – podstawy metodyczne. Biuletyn PIG – *Hydrogeologia*, z. V, nr 406, monografia.
- Michalak J., 2003b: Podstawy metodyczne i technologiczne infrastruktur geoinformacyjnych. *Roczniki Geomatyki*, t. 1, z. 2. PTIP, Warszawa, monografia.
- Michalak J., 2003c: Geomatics in hydrogeology. *Geological Quarterly*, 47(1): 69-76.
- Michalak J., 2005a: Terminologia polska w zakresie technologii interoperacyjnych w geomatyce. [W:] (red.) Gaździcki J. Internetowy Leksykon Geomatyczny.
URL: <http://www.ptip.org.pl/auto.php?page=Encyclopedia&enc=1>
- Michalak J., 2005b: HGLML – HydroGeoLogical Markup Language – znacznikowy język wymiany geoinformacji hydrogeologicznej. Współczesne Problemy Hydrogeologii, t. XII: 499-504.
- Michalak J., Nawalany M., Sadurski A., (red.) 2011: Schematyzacja warunków hydrogeologicznych na potrzeby numerycznego modelowania przepływu w JCWPd. Wyd. PIG – PIB, Warszawa.
URL: http://www.psh.gov.pl/plik/id,6091,v,artykul_4556.pdf
- Michalak J., 2012: Testowanie roboczych wersji specyfikacji danych tematów załączników II i III INSPIRE. *Roczniki Geomatyki*, t. 10, z. 2, PTIP, Warszawa.
- Nowicki B., Staniszkis W., 2002: Inteligentny system zarządzania wiedzą – prezentacja projektu. [W:] Mat. Konferencji eDemocracy, VI Konf. Miasta w Internecie, Zakopane.
- 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), 2003: Object Management Group, Model Driven Architecture Guide Version 1.0.1 URL: <http://www.omg.org/cgi-bin/doc?omg/03-06-01.pdf>
- OMG (Object Management Group), 2010: Object Constraint Language.
URL: <http://www.omg.org/spec/OCL/2.2>
- Pachelski W., Parzyński Z., 2007: Aspekty metodyczne wykorzystania norm serii ISO 19100 do budowy geodezyjnych składników krajowej infrastruktury danych przestrzennych. *Roczniki Geomatyki*, t.5, z.3, PTIP, Warszawa.
- Peng Z. R., Zhang C., 2004: The roles of geography markup language (GML), scalable vector graphics (SVG), and Web feature service (WFS) specifications in the development of Internet geographic information systems (GIS).
URL: <http://gis.geog.uconn.edu/personal/paper1/journal%20paper/3%202004%20GeographicalSystem1.pdf>
- PKN (Polski Komitet Normalizacyjny), 2010: Informacje podstawowe o PN.
URL: <http://www.pkn.pl/informacje-podstawowe-o-pn>
- Płoski Z., 1999: Słownik Encyklopedyczny – Informatyka. Wyd. Europa, Warszawa.
- Portele C., 2007: OpenGIS Geography Markup Language (GML) Encoding Standard. OpenGIS Standard.
URL: http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=20509
- Portele C., 2008a: Mapping UML to GML Application Schemas. Guidelines and Encoding Rules. Interactive Instruments GmbH.
URL: <http://www.interactive-instruments.de/ugas/UGAS-Guidelines-and-Encoding-Rules.pdf>
- Portele C., 2008b: Mapping UML to GML Application Schemas. ShapeChange – Architecture and Description. Interactive Instruments GmbH. URL: <http://www.interactive-instruments.de/ugas/ShapeChange.pdf>
- Portele C., 2012: OGC Geography Markup Language (GML) – Extended schemas and encoding rules. OpenGIS Implementation Standard. URL: https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=46568
- Refsgaard J. C., Henriksen H. J., 2004: Modelling guidelines – terminology and guiding principles. *Advances in Water Resources* 27 (2004): 71-82.
- Schmuller J., 2003: UML dla każdego. Helion, Gliwice.
- Ustawa z dnia 12 września 2002 r. o normalizacji.
URL: http://www.pkn.pl/sites/default/files/ustawa_o_normalizacji_2.pdf

- Ustawa z dnia 4 marca 2010 r. o infrastrukturze informacji przestrzennej, Dz.U. 2010 Nr 76, poz. 489.
- Skogan D., 1999: UML as a Schema Language for XML based data Interchange. Materiały konferencji UML'99. URL: <http://xml.coverpages.org/skoganUMLpaper-pdf.gz>
- Sparx System, Enterprise Architect. URL: <http://www.sparxsystems.com.au>
- Subieta K., 1998: Obiektowość w projektowaniu i bazach danych. Akademicka Oficyna Wydawnicza PLJ, Warszawa.
- Subieta K., 1999a: Słownik terminów z zakresu obiektowości. Akademicka Oficyna Wyd. PLJ, Warszawa. URL: http://www.ipipan.waw.pl/~subieta/artykuly/sloownik_obiektowosci/hasla_sloownika.html
- Subieta K., 1999b: Wprowadzenie do obiektowych metodyk projektowania i notacji UML. Jedenasta Górńska Szkoła PTI Szczyrk.
- Tennakoon W., 2003: Visualization of GML data using XSLT. URL: http://www.itc.nl/library/Papers_2003/msc/gim/tennakoon.pdf
- TWG GE (INSPIRE Thematic Working Group – Geology), 2011: D2.8.II.4 INSPIRE Data Specification on Geology – Draft Guidelines. Version 2.9.1. URL: http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/INSPIRE_DataSpecification_GE_v2.01.pdf
- TWG-CP (INSPIRE Thematic Working Group – Cadastral Parcels), 2010: D2.8.I.6 INSPIRE Data Specification on Cadastral Parcels – Guidelines, version: 3.0.1. URL: http://inspire.jrc.ec.europa.eu/documents/Data_Specifications/INSPIRE_DataSpecification_CP_v3.0.1.pdf
- WFD WG GIS (Working Group 3.1 – GIS), 2003: Guidance Document No 9 – Implementing the Geographical Information System Elements (GIS) of the Water Framework Directive. Water Framework Directive (WFD) – Common Implementation Strategy. URL: <http://www.ec-gis.org/docs/F2305/GIS-GD.PDF>
- Woolf A., 2009: Enterprise Architect instructions, STFC Rutherford Appleton Laboratory. URL: http://wiki.services.eportal.org/wiki/download_wiki_attachment.php?attId=732
- Zhang C., Peng Z-R., Li W., Day M. J., 2003: GML-Based Interoperable Geographical Databases. URL: <http://www.ucgis.org/summer03/studentpapers/chuanrongzhang.pdf>