



**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**

Agnieszka Zwirowicz-Rutkowska

## 10. Zastosowanie metodyki MDA – wybrane zagadnienia transformacji schematów aplikacyjnych UML do struktur relacyjnych baz danych

Jednym z zagadnień, pojawiającym się w toku prac nad przygotowaniem danych, które mają być przechowywane w bazie danych zgodnie z ustalonym schematem aplikacyjnym, jest utworzenie struktury bazy danych. Realizacja tego zadania, wymagająca wykonania odpowiednich mapowań i transformacji, może odbywać się manualnie, półautomatycznie lub też automatycznie i może być przykładem wykorzystania metodyki MDA.

### 10.1. Transformacja w ujęciu metodyki MDA

MDA (*Model-Driven Architecture*) wskazuje sposób projektowania produktu informatycznego (systemów informatycznych, oprogramowania lub struktur danych). Celem metodyki jest zapewnienie przenośności (przygotowane rozwiązanie może zostać uruchomione w różnych systemach), interoperacyjności i możliwości wielokrotnego użycia. Platforma jest to infrastruktura oprogramowania, która wymaga określonej technologii (na przykład CORBA, J2EE lub HTTP) i infrastruktury sprzętowej (AB ORMSC, 2001). MDA określa metodykę i narzędzia, które umożliwiają:

- przedstawienie systemu niezależnie od docelowych platform,
- opisy platform,
- wybór określonej platformy dla konkretnego systemu,
- przekształcenie specyfikacji systemu do wymagań jednej konkretnej platformy.

W metodyce tej wyróżnia się następujące modele:

- CIM (*Computation Independent Model*) – model wymagań, który określa dziedzinę przedmiotową i funkcjonalność systemu,
- PIM (*Platform Independent Model*) – zawiera opis systemu (przyp. red. nauk.: w tym przypadku struktury i zawartości zbioru danych) bez podawania szczegółów dotyczących platform,
- PSM (*Platform Specific Model*) – zawiera opis systemu z uwzględnieniem wymagań dla konkretnej platformy.

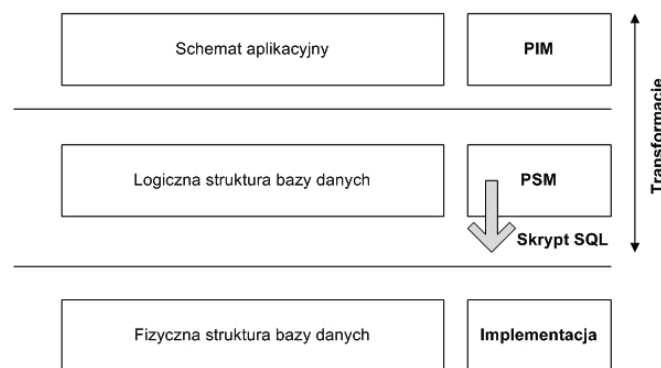
Model wymagań (CIM) wykorzystywany jest do definicji modelu dziedziny (PIM). Pojedynczy model PIM może stanowić podstawę dla wielu różnych modeli PSM, które są implementowane zgodnie z wymaganiami technicznymi dla wybranych platform.

Oddzielnie specyfikacji funkcjonalnej systemu (PIM) od specyfikacji implementacji tej funkcjonalności w konkretnym środowisku (PSM) niesie ze sobą wiele zalet:

- łatwość sprawdzenia poprawności modelu, który nie uwzględnia wymagań, typów parametrów, reguł dla określonej platformy,
- łatwość przygotowania implementacji na różnych platformach, które opierają się o ten sam model definiujący strukturę i zachowanie systemu,
- PIM pozwala określić wymagania w zakresie integracji i interoperacyjności, które są następnie mapowane z uwzględnieniem mechanizmów, charakterystycznych dla danej platformy.

Rysunek 10.1 przedstawia zagadnienie transformacji schematu aplikacyjnego do struktury bazy danych w kategoriach pojęć metodyki MDA. Pod pojęciem transformacji rozumie się konwersję jednego modelu na drugi model (AB ORMSC, 2001). Schemat aplikacyjny jest modelem PIM, zaś strukturę bazy danych rozpatrywać można w ujęciu logicznym (model PSM) i fizycznym (implementacja).

Zarówno model PIM, jak i PSM wyrażone są w języku UML. Aby możliwe było przedstawienie za pomocą UML pewnych szczegółowych wymagań dla konkretnego modelu PSM, należy ustalić zbiór rozszerzeń i ograniczeń UML, między innymi stereotypy i metki – stworzyć profil UML.

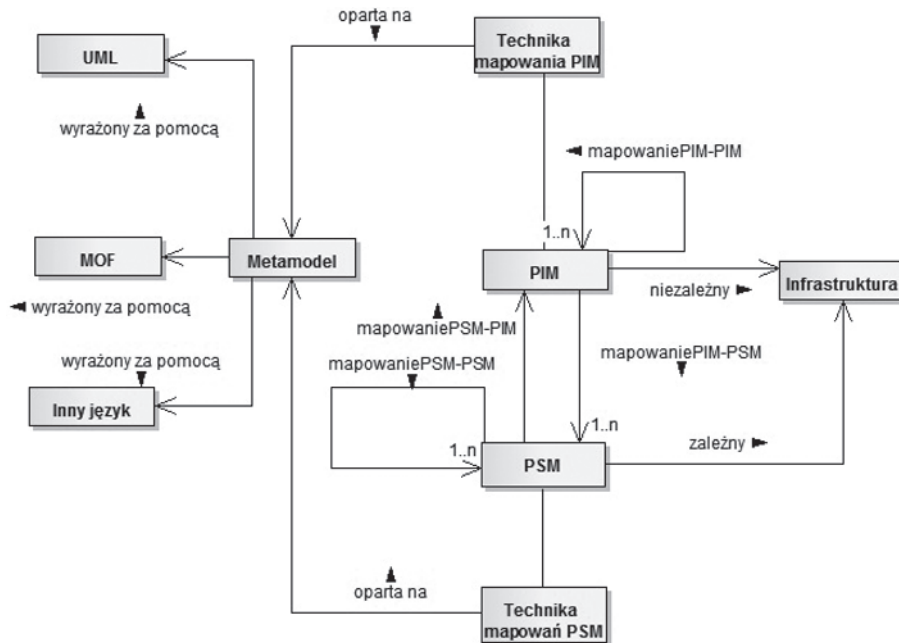


**Rys. 10.1.** Transformacja schematu aplikacyjnego do struktury bazy danych w kategoriach pojęć MDA.

Ogólnie metodyka MDA zakłada następujące transformacje:

- PIM – PIM – występuje w przypadku wprowadzania poprawek, tworzenia kolejnych wersji modelu.
- PIM – PSM – transformacja w celu odwzorowania modelu na infrastrukturę wykonawczą, którą określa platforma sprzętowa i oprogramowania, w oparciu o charakterystykę danej platformy. Opis charakterystyki powinien być wykonany za pomocą UML.
- PSM – PSM – transformacja wykonywana w celu aktualizacji wymagań w stosunku do infrastruktury (przyp. red. nauk.: w tym przypadku struktury i zawartości zbioru danych).
- PSM – PIM – transformacja wykonywana w celu wprowadzenia uniwersalnego zapisu (pojęciowego) w oparciu o zastosowaną implementację w konkretnej technologii (tak zwana inżynieria odwrotna).

Do wykonania transformacji wymagane są reguły i techniki (mapowania), które pozwalają modyfikować model, w celu otrzymania innego modelu. Miejsce mapowań w podejściu MDA przedstawia rysunek 10.2.



Rys. 10.2. Diagram klas przedstawiający metodykę MDA. Źródło: opracowanie własne na podstawie przewodnika MDA (OMG, 2003).

## 10.2. Ogólne zasady mapowania pomiędzy modelem obiektowym i modelem relacyjnym

W tabeli 10.1 przedstawiono przykładowe dokumenty w zakresie mapowań modelu obiektowego do modelu relacyjnego oraz rozwiązania narzędziowe umożliwiające wykonanie transformacji.

Dokumenty wymienione w tabeli są opracowaniami korporacyjnymi, które mogą w pewnych szczegółach różnić się od siebie, na przykład w zakresie szczegółowości opisów pojęć, ograniczeń i tym podobnych. Natomiast można wskazać kilka ogólnych reguł dotyczących przejścia od modelu obiektowego do modelu relacyjnego:

- komponent ze stereotypem «database» odwzorowywany na bazę danych,
- pakiet ze stereotypem «schema» odwzorowywany na schemat,
- klasa ze stereotypem «table» odwzorowywana na tabelę,
- atrybut ze stereotypem «column» odwzorowywany na kolumnę,

Tabela 10.1. Przykładowe zestawienie narzędzi realizujących mapowanie modelu obiektowego do modelu relacyjnego

Nazwa firmy	Dokument	Narzędzie
IBM (dawniej: Rational Rose)	UML Data Modeling Profile	IBM Rational Rose Data Modeler i Rational Rose Enterprise
Sparx Systems	UML Data Modeling Profile	Enterprise Architect
Cincom Systems	UML Database Modeling	UML – DB

- stereotyp «PK» odwzorowywany na klucz główny,
- stereotyp «FK» odwzorowywany na relację.

Reguły te przedstawiono w dalszych podrozdziałach.

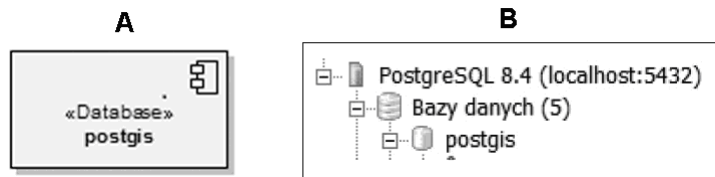
Odwzorowanie modelu obiektowego na relacyjny wymaga uwzględnia także reguły między innymi w zakresie:

- opcjonalności atrybutów, nadawania statusu klucza głównego oraz niepowtarzalności wartości dla poszczególnych atrybutów,
- różnych rodzajów związków stosowanych w diagramach klas UML, na przykład asocjacji i generalizacji,
- prostych typów danych,
- indeksów,
- widoków (perspektyw).

### Komponent ze stereotypem «database» odwzorowywany na bazę danych

W UML określa się komponent ze stereotypem «database», dla którego podaje się nazwę (rys. 10.3A).

Baza danych jest to zbiór powiązanych danych z pewnej dziedziny, zorganizowanych w sposób dogodny do korzystania z nich, a zwłaszcza do szybkiego wyszukiwania danych potrzebnych w jednym lub wielu zastosowaniach (Gaździcki, 2004). Na rysunku 10.3B przedstawiono reprezentację bazy danych w oknie elementów modelu SZBD PostgreSQL/PostGIS.

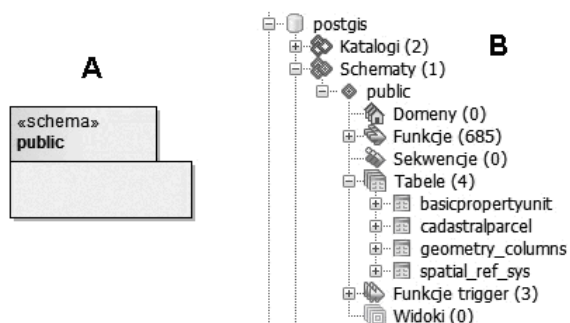


Rys. 10.3. A – Komponent ze stereotypem «database».

B – Reprezentacja bazy danych w oknie elementów modelu SZBD PostgreSQL/PostGIS.

### Pakiet ze stereotypem «schema» odwzorowywany na schemat

Pakiet ze stereotypem «schema» przedstawiono na rysunku 10.4A.



Rys. 10.4. A – Pakiet ze stereotypem «schema». B – Reprezentacja schematu w oknie elementów modelu SZBD PostgreSQL/PostGIS.

Schemat zawiera opis modelu danych (rys. 10.4B).

### Klasa ze stereotypem «table» odwzorowywana na tabelę

Klasę ze stereotypem «table» przedstawiono na rysunku 10.5.

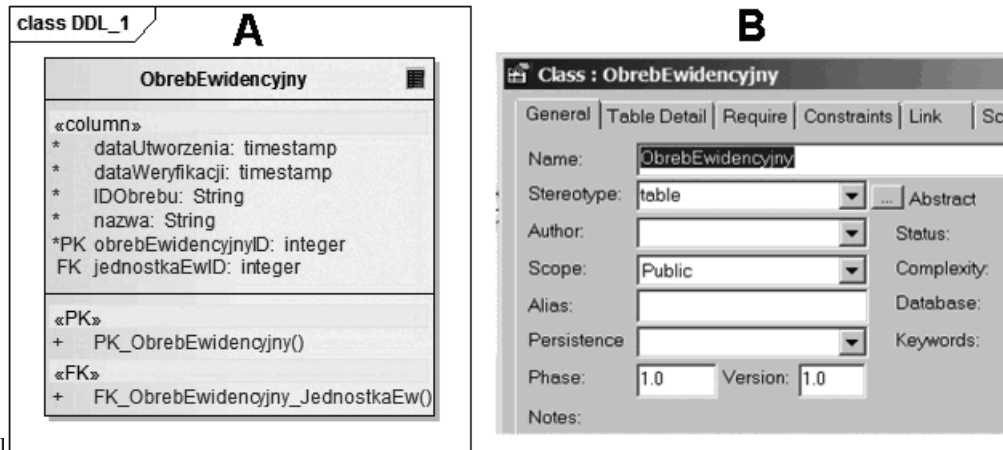
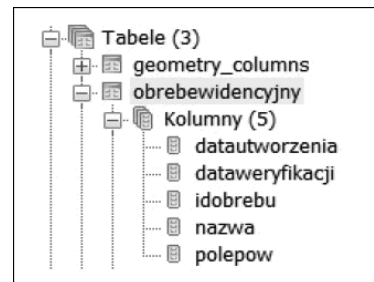


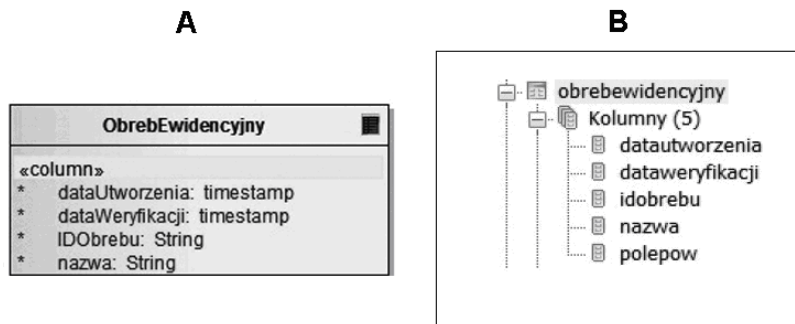
Tabela jest podstawową strukturą relacyjnej bazy danych (rys. 10.6).

Rys. 10.6. Reprezentacja tabeli w oknie elementów modelu SZBD PostgreSQL/PostGIS.



### Atrybut ze stereotypem «column» odwzorowywany na kolumnę

W klasie z stereotypem «table» poszczególne atrybuty opatrzone są stereotypem «column» (rys. 10.7A).



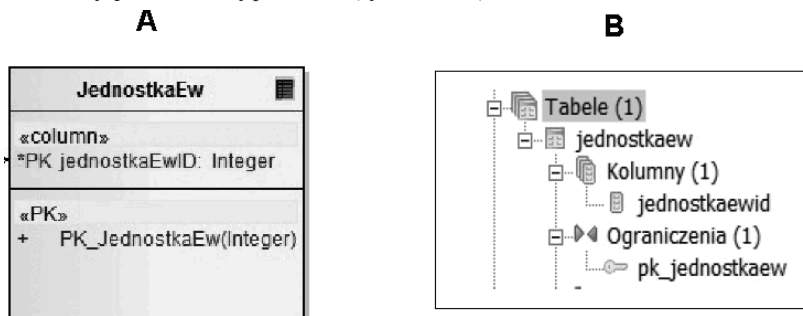
Rys. 10.7. A – Atrybuty ze stereotypem «column» w klasie UML.

B – Reprezentacja kolumn w oknie elementów modelu SZBD PostgreSQL/PostGIS.

Tabela składa się z kolumn (rys. 10.7B).

### Stereotyp «PK» odwzorowywany na klucz główny

W klasie, przed atrybutem stosowany jest zapis PK (klucz główny). Ponadto w sekcji operacji stosowany jest stereotyp «PK» (rys. 10.8A).

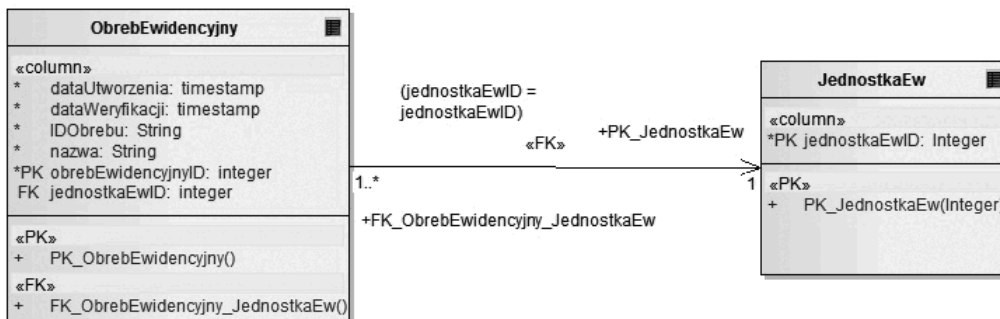


Rys. 10.8. A – Oznaczenie klucza głównego w klasie UML. B – Oznaczenie klucza głównego w oknie elementów modelu SZBD PostgreSQL/PostGIS.

Klucz główny w sposób jednoznaczny identyfikuje pojedynczy wiersz, natomiast klucz obcy pozwala na tworzenie relacji między tabelami (rys. 10.8B).

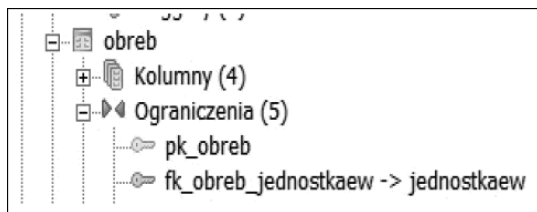
### Stereotyp «FK» odwzorowywany na relację

Relacja jest wykazywana w postaci asocjacji ze stereotypem «FK» i kluczami: głównym i obcym (rys. 10.9).



Rys. 10.9. Oznaczenie klucza obcego w klasie UML.

Każda relacja jest między tabelą „rodzic” i tabelą „dziecko”. Tabela „rodzic” musi mieć zdefiniowany klucz główny, który w tabeli „dziecko” wykazywany jest jako klucz obcy i jako operacja ze stereotypem – ograniczenie FK (rys. 10.10).



Rys. 10.10. Oznaczenie klucza obcego w oknie elementów modelu SZBD PostgreSQL/PostGIS.

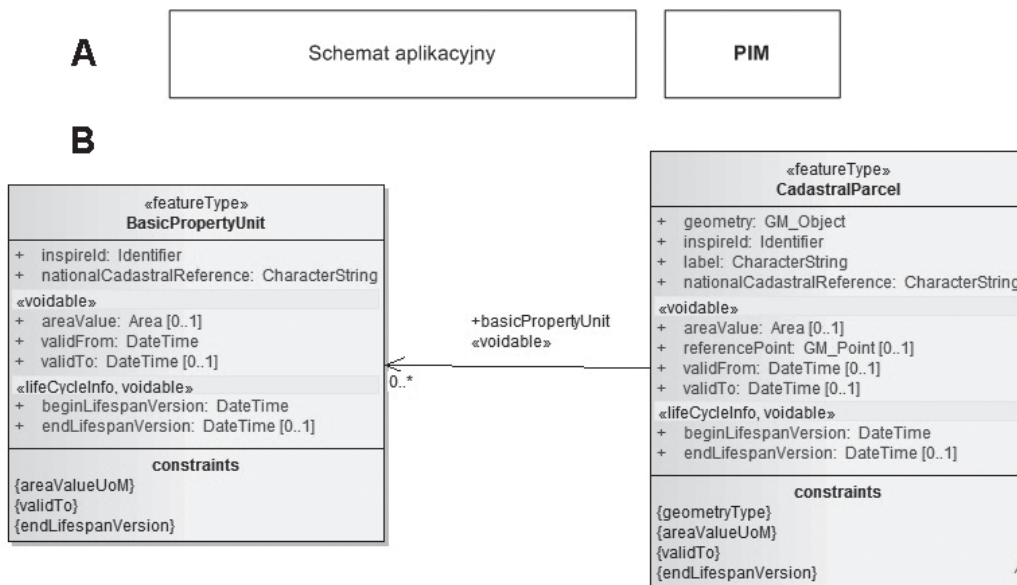
### 10.3. Transformacja schematu aplikacyjnego UML do logicznej struktury relacyjnej bazy danych

Realizację MDA i transformację schematu aplikacyjnego UML do logicznej struktury relacyjnej bazy danych przestrzennych przedstawiono na przykładzie wykonanym przy pomocy programu *Enterprise Architect*. Fizyczna struktura relacyjnej bazy danych zaprezentowana jest w programie MS Access oraz *PostgreSQL/PostGIS*. Zadanie to wykonane zostało w trzech krokach:

- 1) przygotowanie schematu aplikacyjnego UML (rys. 10.11),
- 2) automatyczne wykonanie transformacji PIM – PSM (rys. 10.12 – 10.17),
- 3) przygotowanie fizycznej struktury bazy danych (rys. 10.18 – 10.20).

#### Krok 1. Przygotowanie schematu aplikacyjnego UML

Szczegóły dotyczące zasad budowy schematu zawarte są w rozdziale 5. W sposób poglądowy krok ten przedstawia rysunek 10.11A. Fragment schematu aplikacyjnego przedstawia rysunek 10.11B.



Rys. 10.11. A – Poglądowe przedstawienie kroku 1. B – Fragment schematu aplikacyjnego INSPIRE dotyczącego tematu działki ewidencyjne (TWG-CP, 2010).

#### Krok 2. Automatyczne wykonanie transformacji PIM – PSM

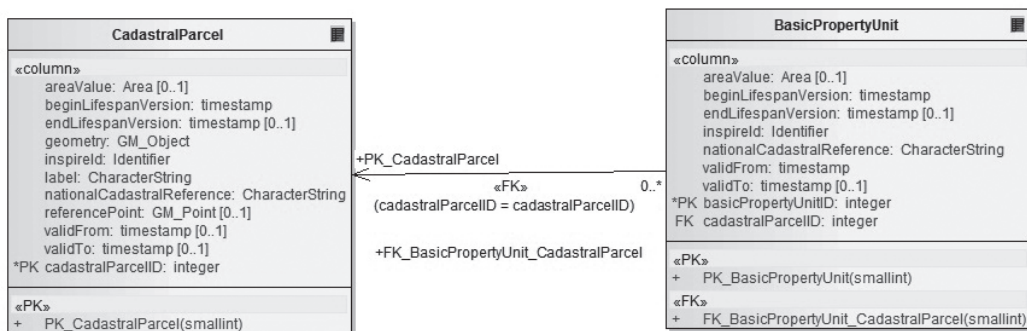
W sposób poglądowy krok ten przedstawia rysunek 10.12A. W analizowanym przykładzie wybrano i wykonano transformację do DDL (rys. 10.12B) wykorzystując funkcję programu *Enterprise Architect*.





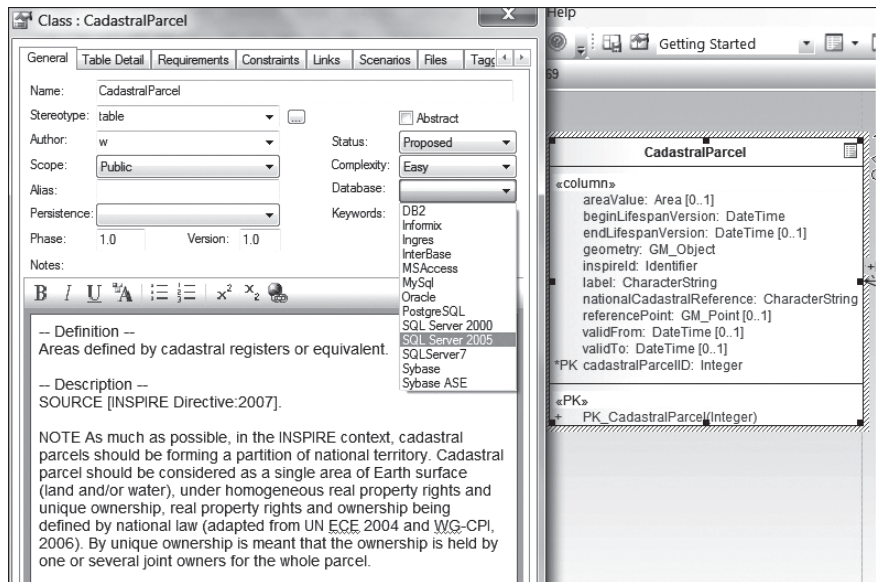
Rys. 10.12. A – Poglądowe przedstawienie kroku 2. B – Okno wyboru transformacji.

Wynik transformacji – model PSM przedstawia rysunek 10.13.



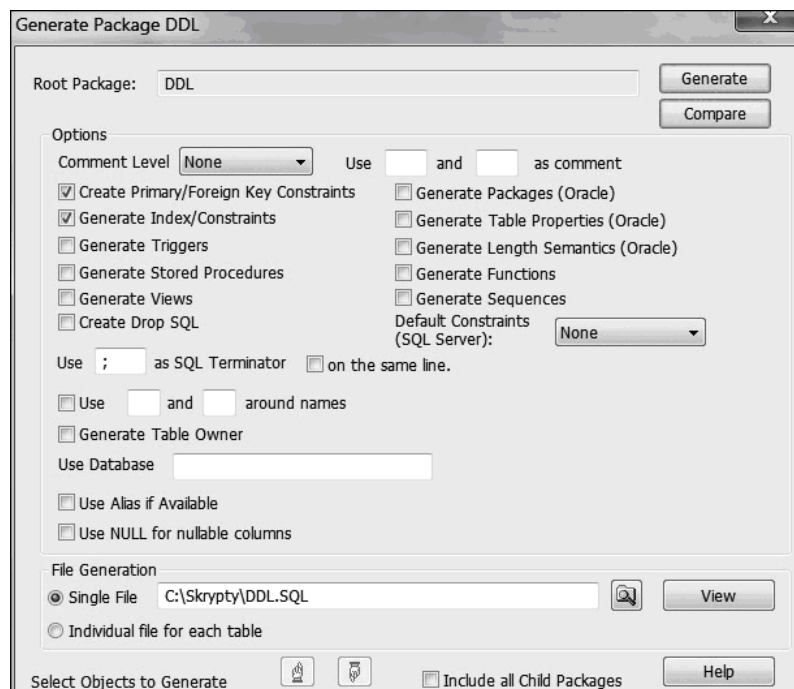
Rys.10.13. Wynik transformacji do DDL – model PSM.

Ważną kwestią przed wygenerowaniem skryptu DDL stanowią ustalenia w zakresie docelowej bazy danych (rys. 10.14). Dzięki temu skrypt SQL będzie zawierał definicje charakterystyczne dla danej bazy (np. w zakresie typów danych).



Rys. 10.14. Wybór docelowej bazy danych – lista SZBD dostępna w programie *Enterprise Architect* w polu o nazwie Database.

Następnie istnieje możliwość wykorzystania funkcji *Enterprise Architect* w zakresie automatycznego generowania skryptu DDL. Okno ustawień w zakresie skryptu SQL przedstawia rysunek 10.15.



Rys. 10.15. Okno ustawień procesu generowania skryptu DDL.

Fragment automatycznie wygenerowanego skryptu DDL dedykowanego SZBD *MS Access* przedstawia rysunek 10.16, a dedykowanego SZBD *PostgreSQL* rysunek 10.17.

```
DDL — Notatnik
Plik Edycja Format Widok Pomoc
CREATE TABLE BasicPropertyUnit (
    areaValue Area,
    beginLifespanVersion DateTime,
    endLifespanVersion DateTime,
    inspireId Identifier,
    nationalCadastralReference CharacterString,
    validFrom DateTime,
    validTo DateTime,
    basicPropertyUnitID Integer NOT NULL,
    cadastralParcelID Integer
);
CREATE TABLE CadastralParcel (
    areaValue Area,
    beginLifespanVersion DateTime,
    endLifespanVersion DateTime,
    geometry GM_Object,
    inspireId Identifier,
    label CharacterString,
    nationalCadastralReference CharacterString,
    referencePoint GM_Point,
    validFrom DateTime,
```

Rys. 10.16. Podgląd automatycznie generowanego skryptu DDL dedykowanego *MS Access*.

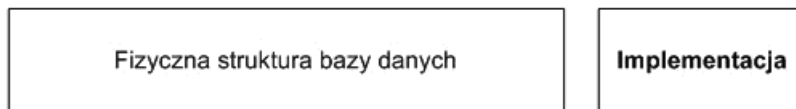
```
DDL2 — Notatnik
Plik Edycja Format Widok Pomoc
CREATE TABLE BasicPropertyUnit (
    areaValue Area,
    beginLifespanVersion timestamp,
    endLifespanVersion timestamp,
    inspireId Identifier,
    nationalCadastralReference CharacterString,
    validFrom timestamp,
    validTo timestamp,
    basicPropertyUnitID integer NOT NULL,
    cadastralParcelID integer
);
CREATE TABLE CadastralParcel (
    areaValue Area,
    beginLifespanVersion timestamp,
    endLifespanVersion timestamp,
    geometry GM_Object,
    inspireId Identifier,
    label CharacterString,
    nationalCadastralReference CharacterString,
    referencePoint GM_Point,
    validFrom timestamp,
```

Rys. 10.17. Podgląd automatycznie generowanego skryptu DDL dedykowanego *PostgreSQL*.

Skrypt DDL dedykowany konkretnemu SZBD uwzględnia typy danych właściwe dla danej bazy danych. W skrypcie dedykowanym *MS Access* wykorzystywany jest typ `dateTime`, natomiast w skrypcie dedykowanym *PostgreSQL* `timestamp`.

### Krok 3. Przygotowanie fizycznej struktury bazy danych

W sposób poglądowy krok ten przedstawia rysunek 10.18.



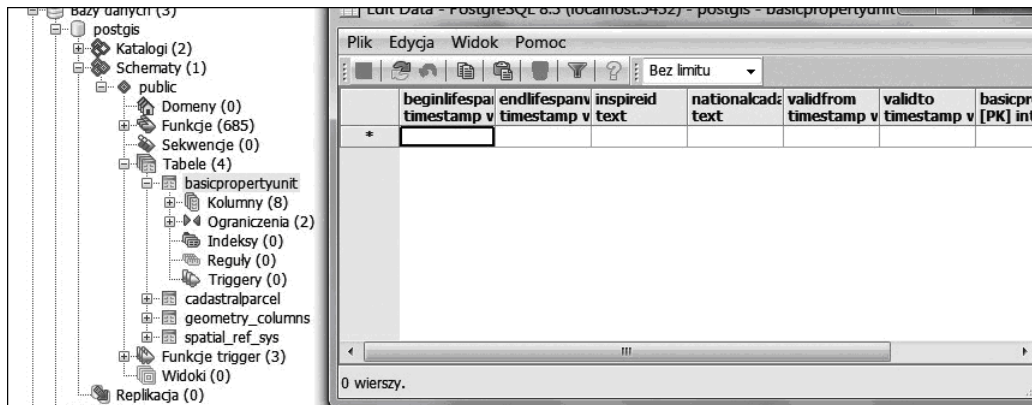
Rys. 10.18. Poglądowe przedstawienie kroku 3.

W przedstawianym przykładzie utworzenie fizycznej struktury bazy danych wiąże się z wczytaniem i uruchomieniem skryptu SQL. Etap ten powinna poprzedzić weryfikacja, korekta bądź uzupełnienie skryptu DDL, między innymi w zakresie typów danych (na przykład `CharacterString`, `Area`, `GM_Object`) i atrybutów (na przykład `geometry` w przypadku systemów zarządzania bazą danych bez odniesień przestrzennych), wynikające z zastosowania na etapie schematu aplikacyjnego UML norm serii ISO 19100 w dziedzinie informacji geograficznej.

Tabelę `BasicPropertyUnit` w *MS Access* przedstawia rysunek 10.19, a w *PostgreSQL/PostGIS* rysunek 10.20.

Microsoft Access							
Plik Edycja Widok Wstaw Kwerenda Narzędzia Okno Pomoc							
db1 : Baza danych (format pliku programu Access ...)							
Otwórz Projektuj Nowy							
Obiekty							
Tabele							
Kwery...							
Formul							
Utwórz tabelę w widoku projektu							
Utwórz tabelę za pomocą kreatora							
Utwórz tabelę, wprowadzając dane							
BasicPropertyUnit							
BasicPropertyUnit : Tabela							
beginLifespanVer	endLifespanVer	inspir	nationalCadastr	validFrom	validTo	basicPropertyUj	cadastralParci

Rys. 10.19. Tabela `BasicPropertyUnit` w *MS Access*.



The screenshot shows the PostgreSQL/PostGIS interface. On the left, a tree view displays the database structure under 'postgis' > 'public' > 'Tabele (4)'. The 'basicpropertyunit' table is selected, showing its columns: 'beginlifespan', 'endlifespan', 'inspireid', 'nationalcad', 'validfrom', 'validto', and 'basicprop'. The 'basicprop' column is marked as a primary key (PK) and has an integer data type.

	beginlifespan	endlifespan	inspireid	nationalcad	validfrom	validto	basicprop
*	timestamp v	timestamp v	text	text	timestamp v	timestamp v	[PK] int

0 wierszy.

Rys. 10.20. Tabela BasicPropertyUnit w PostgreSQL/PostGIS.

*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 i Inżynierii 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 dziedzinowy 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](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](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](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](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](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](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](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](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](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](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](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](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](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](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](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](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](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](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](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](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](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](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](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](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](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](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](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](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](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/tiki-download\\_wiki\\_attachment.php?attId=732](http://wiki.services.eportal.org/tiki-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>