

**KSZTAŁCENIE W ZAKRESIE BUDOWY  
INFRASTRUKTUR INFORMACJI PRZESTRZENNEJ:  
PROPOZYCJE PROGRAMOWE**

**BUILDING INFRASTRUCTURES  
OF SPATIAL INFORMATION:  
A SUGGESTED EDUCATION PROGRAMME**

**Agnieszka Chojka<sup>1</sup>, Wojciech Pachelski<sup>1</sup>, Zenon Parzyński<sup>2</sup>,  
Agnieszka Zwirowicz<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Katedra Geodezji Szczegółowej, Wydział Geodezji i Gospodarki Przestrzennej,  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

<sup>2</sup> Wydział Geodezji i Kartografii, Politechnika Warszawska

**Słowa kluczowe: informacja geograficzna, infrastruktura informacji przestrzennej, kształcenie, modelowanie pojęciowe, normy ISO**

**Keywords: geographic information, spatial information infrastructure, education, conceptual modeling, ISO standards**

## **Wstęp – przesłanki i założenia kształcenia**

Budowa europejskiej infrastruktury informacji przestrzennej w ramach projektu INSPIRE oraz budowa takich infrastruktur w krajach członkowskich UE stanowią nie tylko zasadniczy krok rozwoju cywilizacyjnego i technologicznego krajów i społeczeństw informacyjnych, lecz również m.in. ważne wyzwanie dla instytucji i kadr akademickich kształcących specjalistów w tej dziedzinie. Infrastruktury informacji przestrzennej obejmują bowiem, z jednej strony, nie tylko 34 zakresy tematyczne tej informacji wymienione w dyrektywie INSPIRE w aspekcie kontynentalnym, lecz również znaczną i trudną do wymienienia liczbę takich zakresów w aspekcie regionalnym i lokalnym w krajach członkowskich. Z drugiej zaś strony informacja ta dotyczy praktycznie wszelkiej działalności większości organów administracji rządowej i samorządowej oraz podmiotów gospodarczych jako jej twórców, analityków, administratorów, dysponentów i użytkowników, a także pojedynczych obywateli i ich grup.

Bodaj najważniejszym czynnikiem budowanych infrastruktur jest konieczność zapewnienia wszechstronnego współdziałania (interoperacyjności) ich elementów, czyli danych i usług. To z kolei powoduje konieczność wypracowania i stosowania jednolitej i uzgodnionej metodologii budowy, wspólnej dla różnych zakresów tematycznych, zaangażowanych podmio-

tów i odmiennych środowisk komputerowych. Metodologia taka, najnowocześniejsza w skali światowej, została wypracowana przez grupy ekspertów skupionych m.in. wokół OGC<sup>1</sup>, komitetów normalizacyjnych ISO/TC 211 i CEN/TC 287, instytutów JRC<sup>2</sup>, jak też instytucji związanych z INSPIRE, w postaci standardów, specyfikacji, norm międzynarodowych i europejskich oraz tzw. reguł implementacyjnych INSPIRE. Żywością problemem jest natomiast pilne upowszechnienie i wdrożenie tej metodologii, co wymaga m.in. wykształcenia odpowiednio dużej grupy specjalistów. Należy przy tym przyjąć, że wraz z rozwojem budowanych infrastruktur zapotrzebowanie to będzie rosło i w dającej się przewidzieć perspektywie czasowej.

Jeśli zaś chodzi o zakres przedmiotowy kształcenia i poziom wiedzy absolwentów, to ogólny, abstrakcyjny i niezależny od obszaru zastosowań charakter metodologii informacji geograficznej narzuca konieczność równie ogólnego charakteru przekazywanej wiedzy, jednak stowarzyszonej z umiejętnością jej praktycznego stosowania w wybranych obszarach. Wśród tych obszarów czołową rolę odgrywają dane referencyjne (zob. rozdz. „Pojęcia podstawowe” str. 107) jako podstawa lokalizacji wszelkich danych tematycznych oraz obszar powierzony kompetencji służb geodezyjnych i kartograficznych.

Pewną wskazówkę dla formułowanych programów i form kształcenia mogą stanowić wyniki ankiety przeprowadzonej z inicjatywy ISO i CEN na uniwersytetach europejskich (tab. 1). Aczkolwiek wyniki te są oparte na stosunkowo nielicznej grupie respondentów, autorzy uważają, że: 1) kształcenie powinno następować na poziomie II i III stopnia (mgr i dr), 2) istnieje pilna potrzeba opracowania i udostępnienia materiałów edukacyjnych, 3) istnieje zapotrzebowanie na wymianę studentów i wykładowców.

**Tabela 1.** Profile kształcenia w zakresie norm w informacji geograficznej – ankieta CEN i ISO, dane opracowane przez uniwersytet w Wageningen, Holandia (Bregt i Stuijver, 2009) (procent pozytywnych odpowiedzi w danej kwestii w stosunku do wszystkich odpowiedzi)

Poziom kształcenia		Formy kształcenia		Tematyka			Oczeki- wania	Oferta
komercyjny (commercial)	24,1%	wykłady	90,2%	metadane	93,4%	wymiana studentów	75,0%	81,4%
doktorat (PhD)	46,3%	ćwiczenia audyt.	78,7%	teledetekcja	73,8%	wymiana wykładowców	92,3%	85,7%
magisterium (MSc)	66,7%	ćwiczenia lab.	57,4%	GML	52,5%	e-learning	90,2%	73,7%
licencjat (BSc)	50,0%	seminaria	67,2%	analizy przestrzenne	73,8%	udział w pracach normalizacyjnych	88,0%	88,6%
(Professional BSc)	24,1%	e-learning	52,5%	zarządzanie przestrzenią	65,6%			
		inne	21,3%					

Przytoczone w niniejszym opracowaniu propozycje programowe kształcenia w zakresie budowy infrastruktur informacji przestrzennej oparte są na doświadczeniach autorów, uzyskanych w ciągu siedmiu lat prowadzenia zajęć dydaktycznych na studiach stacjonarnych i niestacjonarnych na Wydziale Geodezji i Gospodarki Przestrzennej UWM w Olsztynie oraz w ciągu pięciu lat podobnych zajęć na Wydziale Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej. Liczbę godzin zajęć i liczbę słuchaczy w ostatnim roku akademickim (2008/2009)

<sup>1</sup> *Open Geospatial Consortium.*

<sup>2</sup> *Joint Research Centre, Ispra, Włochy.*

**Tabela 2.** Liczby godzin zajęć i liczby słuchaczy przedmiotów obejmujących budowę infrastruktur informacji przestrzennej na kierunku *Geodezja i kartografia* UWM w Olsztynie i PW (nazwy specjalności: GiG – *geodezja i geoinformatyka*, GiSzN – *geodezja i szacowanie nieruchomości*, GiNS – *geodezja i nawigacja satelitarna*, SIP – *systemy informacji przestrzennej*; podane informacje dotyczą roku akademickiego 2008/2009)

UWM w Olsztynie, Wydział Geodezji i Gospodarki Przestrzennej									
Teoria informacji geograficznej		Studia stacjonarne				Studia niestacjonarne			
		GiG		GiSzN		GiG		GiSzN	
		wykłady	ćwiczenia	wykłady	ćwiczenia	wykłady	ćwiczenia	wykłady	ćwiczenia
Liczba godzin	sem.* 1	30	15	30	15	18	9	18	9
	sem.* 2	15	15	15	15	–	–	9	9
Liczba studentów	sem.* 1	96		42		40		44	
	sem.* 2	98		23		–		44	
Forma końcowego zaliczenia przedmiotu		egzamin		egzamin		zaliczenie ćwiczeń		egzamin	
Politechnika Warszawska, Wydział Geodezji i Kartografii									
Podstawy geoinformatyki i SIP		GiNS		SIP		Normy w informacji geograficznej	SIP		
		wykłady	ćwiczenia	wykłady	ćwiczenia		wykłady	ćwiczenia	
Liczba godzin		15	30	15	30	Liczba godzin	30	15	
Liczba studentów		30		15		Liczba studentów	15		
Forma końcowego zaliczenia przedmiotu		zaliczenie ćwiczeń		egzamin		Forma końcowego zaliczenia przedmiotu	egzamin		

\*sem. – semestr

podano w tabeli 2, przy czym w latach poprzednich liczba ta kształtowała się na podobnym poziomie.

Omówione szczegółowo w dalszych częściach niniejszego opracowania propozycje programowe ujęte są w następujące grupy tematyczne:

- I. Pojęcia podstawowe
- II. Metodyka relacyjna
- III. Metodyka obiektowa oraz języki UML i XML/GML
- IV. Normy i normalizacja
- V. Metadane
- VI. Projektowanie i implementacja systemu geoinformacyjnego (GIS)
- VII. Sieciowe usługi geoinformacyjne (WebGIS, WMS, WFS)

Zakresy merytoryczne poszczególnych grup oraz planowane efekty kształcenia, egzekwowane przez system zaliczeń i egzaminów, podano w tabeli 3.

**Tabela 3.** Postulowana problematyka kształcenia w zakresie budowy infrastruktur informacji przestrzennej

Grupa tematyczna	Specyfikacja tematyki	Co student powinien znać / wiedzieć / rozumieć	Co student powinien umieć zrobić / zastosować
<b>I. Pojęcia podstawowe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Podstawy metodyczne budowy IIP</li> <li>– Modelowanie pojęciowe</li> <li>– Współdziałanie</li> <li>– Dane referencyjne</li> </ul>	<p>Co to jest/są:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– informacja i dane, reguły interpretacyjne, informacja geograficzna</li> <li>– model informacyjny, poziom typów i poziom instancji danych, model pojęciowy, logiczny i fizyczny</li> <li>– infrastruktura IP, współdziałanie</li> <li>– przedmiot normalizacji, rola i zadania norm</li> <li>– technologia MDA</li> <li>– etapy budowy schematu aplikacyjnego</li> <li>– dane referencyjne</li> </ul>	
<b>II. Metodyka relacyjna</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Metoda związków encji (EAR)</li> <li>– Wybrane notacje (np. CASE i IDEF1X)</li> <li>– Opis geometrii w SQL (postgresql, norma ISO 19125-2)</li> <li>– Narzędzia edycji i implementacji (TOAD, MS Access lub tp.)</li> <li>– Implementacja modelu EAR</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zasady projektowania relacyjnych baz danych</li> <li>– Podstawowe pojęcia, definicje i rodzaje: encji, atrybutów, związków, liczości, jednoznacznego identyfikatora i instancji</li> <li>– Zasady implementacji modelu: <ul style="list-style-type: none"> <li>- typy danych</li> <li>- realizacja encji, atrybutu, jednoznacznego identyfikatora, związków</li> <li>- normalizacja (I, II i III NF)</li> <li>- proste środki implementacji</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zaprojektować relacyjną bazę danych dla prostego zakresu tematycznego</li> <li>– Utworzyć komendy SQL realizujące tabele i związki</li> <li>– Opanować oprogramowanie TOAD dla edycji diagramu EAR i wygenerowania skryptu SQL</li> <li>– Doprowadzić projekt do 3NF</li> <li>– Uruchomić bazę danych pod stosowną aplikacją (np. MS Access)</li> </ul>
<b>III. Metodyka obiektowa oraz języki UML i XML/GML</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Główne koncepcje metodyki obiektowej</li> <li>– UML</li> <li>– Profil UML wg ISO/TS 19103</li> <li>– Podejście oparte na danych (MDA)</li> <li>– Reguły schematów aplikacyjnych (PN-EN-ISO 19109)</li> <li>– XML Schema (PN-EN ISO 19118)</li> <li>– GML (PN-EN ISO 19136)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Specyfikacja, implementacja, podejście oparte na danych</li> <li>– Reguły schematu aplikacyjnego</li> <li>– Profil UML według ISO/TS 19103</li> <li>– Wybrane diagramy UML</li> <li>– Budowa dokumentu XML, różnica między plikiem XML i XSD, norma PN-EN ISO 19118</li> <li>– Schemat GML, schemat aplikacyjny GML, reguły odwzorowania UML na GML, norma PN-EN ISO 19136</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zbudować schemat aplikacyjny UML zgodnie z regułami schematów aplikacyjnych i profilem UML</li> <li>– Generować pliki xsd za pomocą wybranego oprogramowania</li> </ul>
<b>IV. Normy i normalizacja</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Normy i normalizacja, standardy</li> <li>– Budowa schematu aplikacyjnego</li> <li>– Geometria i topologia</li> <li>– Opisywanie położenia i czasu</li> <li>– Jakość danych</li> <li>– Metadane</li> <li>– Mechanizmy implementacji</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ogólna struktura rodziny norm</li> <li>– Reguły budowy schematu aplikacyjnego</li> <li>– Mechanizmy integracji ze schematami znormalizowanymi</li> <li>– Podstawowe konstrukcje geometryczne i topologiczne</li> <li>– Zasady opisu jakości</li> <li>– Główne koncepcje i pojęcia metadanych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zintegrować schemat aplikacyjny ze schematami znormalizowanymi geometrii i topologii, położenia (w tym identyfikatorów geograficznych), czasu i jakości</li> </ul>

cd. tabeli 3

Grupa tematyczna	Specyfikacja tematyki	Co student powinien znać / wiedzieć / rozumieć	Co student powinien umieć zrobić / zastosować
<b>V. Metadane</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Normy PN-EN ISO 19115, ISO/TC 19139</li> <li>- Dokumenty INSPIRE</li> <li>- Polski profil metadanych</li> <li>- Edytory metadanych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pojęcie metadanych, zasady dotyczące implementacji metadanych</li> <li>- Zakres metadanych według określonych dokumentów, norm i specyfikacji</li> <li>- Edytory metadanych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Opisać za pomocą metadanych dowolny zbiór danych, zgodnie z określonymi dokumentami, specyfikacjami, normami</li> <li>- Obsługa i znajomość funkcjonalności edytorów metadanych</li> </ul>
<b>VI. Projektowanie i implementacja systemu geoinformacyjnego (GIS)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Adaptacja technologii MDA do budowy dedykowanego systemu geoinformacyjnego z wykorzystaniem środowiska ArcGIS lub Geo-Media Professional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Technologia wytwarzania systemów informatycznych MDA oraz jej części składowe: CIM, PIM, PSM i implementacja</li> <li>- Wybrane architektury oprogramowania geoinformacyjnego (np. ArcGIS, Geo-Media Professional)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Opracować model małego dedykowanego systemu GIS</li> <li>- Pozyskać dane do projektu</li> <li>- Zaprojektować cztery modele systemu według technologii MDA: CIM, PIM, PSM i implementacja</li> <li>- Załadować wcześniej pozyskane dane do geobazy</li> <li>- Przetestować zaprojektowany system: proste analizy przestrzenne (np. zapytanie, buforowanie) w środowisku ArcGIS (lub Geo-Media Professional)</li> </ul>
<b>VII. Sieciowe usługi geoinformacyjne (Web-GIS, WMS, WFS)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Projektowanie sieciowych usług geoinformacyjnych (GIServices)</li> <li>- Dostarczanie użytkownikom zintegrowanych usług geoinformacyjnych: <ul style="list-style-type: none"> <li>- wizualizacja</li> <li>- łączenie danych</li> <li>- analizy przestrzenne i czasowe</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Co to jest interoperacyjność zbiorów danych przestrzennych i usług</li> <li>- Jak ta interoperacyjność jest realizowana poprzez usługi geoinformacyjne</li> <li>- Na czym polegają usługi WebGIS, WMS i WFS</li> <li>- Przechowywanie, udostępnianie i utrzymywanie zbiorów danych przestrzennych za pomocą rozwiązań sieciowych</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Zaprojektować i opracować proste usługi geoinformacyjne w środowisku ArcIMS lub GeoMedia WebMap Professional dla wcześniej zbudowanego systemu dedykowanego w zakresie: <ul style="list-style-type: none"> <li>- wizualizacji danych i prostych analiz przestrzennych (np. zapytanie, buforowanie) – usługa Web-GIS</li> <li>- prezentacji danych – usługa WMS</li> <li>- pobierania danych przestrzennych w formacie GML – usługa WFS</li> <li>- wizualizacji 3D danych wraz z animacją</li> </ul> </li> <li>- Przetestować działanie opracowanych usług</li> </ul>

## Pojęcia podstawowe

W przedstawionym powyżej proponowanym programie nauczania problematyki budowy infrastruktury informacji przestrzennej, opartym na dotychczasowych doświadczeniach uzyskanych w trakcie nauczania tej problematyki na wydziałach geodezyjnych Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie i Politechniki Warszawskiej, wykład wstępny, poświęcony wprowadzeniu, zdefiniowaniu i objaśnieniu pewnych podstawowych pojęć, ma znaczenie zasadnicze bowiem kształtuje cały sposób myślenia o tej problematyce przez jej uwarunkowania teoretyczne, a nie tylko przez pryzmat środków narzędziowych, umiejęt-

ność ich zastosowania do rozwiązania określonego zadania praktycznego oraz biegłość ich obsługi. Jest to tym bardziej ważne, że dotyczy dziedziny informacji geograficznej, która, wskutek cechującego ją wyjątkowo wysokiego poziomu abstrakcji, jest dziedziną bardzo trudną, a jednocześnie o wysokim i dynamicznie rosnącym znaczeniu dla całości działań gospodarczych, administracyjnych, kulturalnych, społecznych i wielu innych we współczesnym państwie i społeczeństwie informacyjnym. Dodatkowym czynnikiem jest powszechność występowania tej informacji i wynikająca stąd konieczność formułowania rozwiązań o wysokim stopniu ogólności, niezbędnym dla zapewnienia pełnego współdziałania (interoperacyjności) poszczególnych składników budowanej infrastruktury.

Terminologia jest niezwykle ważnym elementem każdej metodologii czy metodyki. Stąd metodologia informacji geograficznej posiada bardzo rozbudowany arsenał terminologiczny, oparty na normach międzynarodowych o charakterze ogólnym ISO 860:1996, ISO 1087-1:2000 oraz ISO 704:2000. Źródła te pozwalają w sposób autorytatywny wprowadzić i zdefiniować takie „meta-pojęcia” jak *pojęcie*, *termin*, *definicja*, jak też odróżnić *pojęcie* od *terminu*, który jest zależnym od kontekstu substytutem lub „kodem” *pojęcia*. To z kolei pozwala utrzymać, oczywisty w języku naturalnym, kontekstowy charakter terminologii, który dopuszcza za M. Hellerem (Pachelski, 2009) występowanie niewielkich różnic znaczeniowych stosowanych terminów, co jest nieodzowne dla zachowania komunikatywności języka<sup>3</sup>.

Takie podejście jest niezbędne dla poprawnego zdefiniowania i rozróżnienia głównych pojęć z zakresu informacji i informacji geograficznej (przestrzennej), takich jak *informacja* i *dane*, powiązanych ze sobą przez *reguły interpretacyjne*, gdzie sens, znaczenie, informacji jest niezależny od środka, nośnika i formy symbolicznej reprezentacji tej informacji jako danych. Źródłem definicji tych pojęć, podobnie jak pojęć *informacja geograficzna* i *dane geograficzne*, jest w naszym przypadku norma PN-EN-ISO 19101 (ISO, 2002).

Kluczowym dla budowy infrastruktur informacji przestrzennej jest pojęcie modelowania informacji, tj. abstrakcyjnego, niezależnego od nośników informacji, opisu struktur informacyjnych w interesującym nas obszarze świata rzeczywistego. Abstrakcja ta jest oparta na *typach obiektów*, *atrybutów* i *związków* jako reprezentacjach pewnych kategorii pojęciowych, w odróżnieniu od *instancji obiektów*, *atrybutów* i *związków* jako realnie istniejących konkretnych bytów. Kolejną cechą modelowania to sformalizowany opis modelu, w którym typy obiektów, atrybuty i związki wyrażane są za pomocą odpowiednich formalizmów językowych. Przykładami takich formalizmów, objętymi programem kształcenia, są notacje CASE i IDEF1X dla metodyki relacyjnej oraz UML i XML/GML dla metodyki obiektowej. Budowa systemu informacyjnego obejmuje kilka faz: modelowanie pojęciowe, logiczne i fizyczne, które łącznie stanowią tzw. podejście oparte na danych (zob. rozdz. „Projektowanie i implementacja systemu geoinformacyjnego (GIS), str. 113), będące podstawową metodyką budowy infrastruktur informacji przestrzennej w ramach INSPIRE oraz infrastruktur krajowych.

W ogólnym przedstawieniu metodologia informacji geograficznej opiera się na trzech „filarach”: 1) infrastruktura IP – jako przedmiot tej metodologii, 2) współdziałanie (interoperacyjność) elementów tej infrastruktury – jako jej cel, 3) znormalizowane metody, techniki i narzędzia modelowania pojęciowego i implementacji – jako środki osiągnięcia celu. Wykład powinien wyczerpująco zdefiniować i objaśnić te trzy filary według zapisów dyrektywy

<sup>3</sup> Wylączyć tu należy niemające kontekstowego charakteru języki formalne, w których jednoznaczność terminów (nazw) jest jedną z głównych cech.

INSPIRE oraz norm PN-EN-ISO serii 19100 (Pachelski, 2009). Natomiast szczegółowe rozwiązania w zakresie każdego z tych filarów winny stanowić przedmiot oddzielnych tematów zajęć, w myśl przesłanek sformułowanych w następujących 5 rozdziałach.

Do podstawowych pojęć metodologii informacji geograficznej należy również pojęcie *danych referencyjnych*, które, w myśl dokumentów INSPIRE, jest oparte na dwóch głównych przesłankach, a mianowicie dane referencyjne:

- umożliwiają odniesienie przestrzenne wszelkiej informacji geograficznej przez podanie lokalizacji obiektów, których ta informacja dotyczy, względem układu odniesienia związanego z bryłą Ziemi;
- zapewniają powiązania przestrzenne pomiędzy różnymi obszarami tematycznymi informacji geograficznej, dzięki czemu umożliwiają współdzielenie tej informacji, jak też wynikającej z niej wiedzy, przez różne instytucje, grupy społeczne i pojedynczych obywateli.

Projekt ustawy o infrastrukturze informacji przestrzennej<sup>4</sup> przypisuje Głównemu Geodecie Kraju jako organowi wiodącemu następujące zakresy tematyczne, spośród których większość można uznać za *dane referencyjne infrastruktury krajowej*:

- 1) systemy odniesienia za pomocą współrzędnych,
- 2) systemy siatek georeferencyjnych,
- 3) nazwy geograficzne,
- 4) jednostki administracyjne,
- 5) adresy,
- 6) działki ewidencyjne,
- 7) sieci transportowe,
- 8) ukształtowanie terenu,
- 9) użytkowanie ziemi,
- 10) ortoobrazy,
- 11) budynki,
- 12) gleba,
- 13) usługi użyteczności publicznej i służby państwowe,
- 14) obiekty produkcyjne i przemysłowe,
- 15) gospodarowanie obszarem, strefy ograniczone i regulacyjne oraz jednostki sprawozdawcze.

Fragmety powyższych zakresów tematycznych powinny być objęte zadaniami z zakresu zastosowania elementów metodologii informacji geograficznej w ramach ćwiczeń i zajęć praktycznych z omawianego przedmiotu.

## Metodyka relacyjna

Niezależnie od swej roli jako środka projektowania sytemu informacyjnego o określonej organizacji bazy danych, metodyka relacyjna powinna być, naszym zdaniem, potraktowana jako wprowadzenie do nowoczesnej metodyki obiektowej i notacji UML, wykorzystywanych jako podstawa znormalizowanej metodologii budowy infrastruktur informacji przestrzennej, m.in. w ramach programu INSPIRE. Metodyka ta obejmuje klasyczne i przystęp-

<sup>4</sup> Ustawa z dnia... 2009 r. o infrastrukturze informacji przestrzennej. Projekt 30.04.2009 r., wersja 30.04.

ne środki projektowania baz danych, co pozwala na zrozumiałe wyłożenie istoty modelowania pojęciowego. Jest ona skrótowo przedstawiona w tabeli 3 (str. 106). W zakresie budowy infrastruktury informacji przestrzennej pozwala ona dla prostego zakresu tematycznego poglądowo prześledzić proces budowy systemu informacyjnego, od etapu sformułowania wstępnych założeń przez *model pojęciowy* jako diagram związków encji i *model logiczny* (np. w SQL) do *modelu fizycznego*, czyli *implementacji* na wybranej platformie sprzętowej, jako pewną ciągłą i logiczną sekwencję działań, w ramach której poszczególne pojęcia mają swoje odpowiedniki w kolejnych fazach (tab. 4). Metodyka relacyjna daje się przejrzysto zilustrować m.in. przy łącznym wykorzystaniu notacji CASE według Barkera (Barker i Longman, 1996), narzędzia pomocniczego TOAD<sup>5</sup> jako edytora diagramów EAR i konwertera do języka implementacyjnego (np. SQL) oraz oprogramowania MS Access jako narzędzia zarządzającego bazą danych. Powyższe narzędzia są wymienione tutaj jedynie przykładowo; równie dobrze mogą być wykorzystane inne powszechnie dostępne środki, notacje i oprogramowanie.

Tabela 4. Proces budowy systemu informacyjnego

PROJEKTOWANIE BAZY DANYCH → IMPLEMENTACJA BAZY DANYCH		
Model pojęciowy	→ Model logiczny	→ Model fizyczny
Metoda związków encji	→ Relacyjny model danych	→ Relacyjna baza danych
Notacja E-R	→ Język implementacyjny, np. SQL,	→ Narzędzia programowe, np. MS Access
Diagram E-R	→ Schemat	→ Baza danych
Encja	→ Tabela	→ Plik
Atrybut	→ Kolumna (nagłówek kolumny)	
Związek	→ Klucz obcy	→ Połączenie plików
Jednoznaczny identyfikator	→ Klucz główny	
Instancja (wystąpienie encji)	→ Wiersz, krotka	→ Rekord

Kluczowe znaczenie dla istoty modelowania pojęciowego i projektowania baz danych ma rozróżnienie pojęć *poziom typów obiektów i danych*, czyli kategorii bytów objętych zakresem tematycznym przyszłego systemu informacyjnego, oraz *poziom instancji obiektów i danych*, jako konkretnych przypadków czy wystąpień w danej kategorii. Pozwala to stosunkowo łatwo wprowadzić dość kontrowersyjne pojęcie *encji* jako kategorii pojęciowej reprezentującej *rzecz lub obiekt mający dla nas znaczenie, rzeczywisty lub wyobrażony, o którym informacje muszą być znane, przechowywane i udostępniane* (Barker i Longman, 1996). W konsekwencji wyjaśnione powinny być tu również pojęcia *atrybutu*, *związku*, *liczności* i *ograniczenia*.

Powyższe wyjaśnienia mają dość abstrakcyjny charakter i wymagają ilustracji praktycznej. W naszej praktyce wykorzystuje się w tym celu, w ramach ćwiczeń laboratoryjnych i zadań semestralnych, budowę tabel w SQL dla określonych kategorii obiektów wraz z atrybutami, jak też związków pomiędzy tabelami z użyciem kluczy głównych i obcych. Szczególnie ważne dydaktycznie znaczenie ma tutaj budowa związku typu *wiele-do-wiele* (np. pomiędzy osobą jako współwłaścicielem i nieruchomością), który wymaga zdefiniowania

<sup>5</sup> <http://www.toadsoft.com/>



trzeciej tabeli – pomocniczej. Oprogramowanie MS Access pozwala wygenerować w formie graficznej diagram relacji, który ma charakter zbliżony do diagramu związków encji. Napełnienie bazy danych treścią pozwala z kolei demonstrować działanie systemu informacyjnego poprzez kierowanie zapytań, formułowanie perspektyw czy wykonywanie prostych operacji. Jako przykłady praktyczne wykorzystywane są m.in. uproszczone modele GESUT, EGİB, mapy zasadniczej oraz TBD według stosownych instrukcji technicznych GİK.

Postępowanie takie pozwala również wyjaśnić pojęcia typów danych (jako dziedzin wartości atrybutów), kluczy głównych i obcych, związków identyfikujących i nieidentyfikujących, encji zależnej i niezależnej oraz encji intersekcji i referencyjnej, itp. Osobna uwaga jest poświęcona normalizacji jako postępowaniu mającemu ulepszyć strukturę logiczną bazy danych i pozwalającemu uniknąć zbędnych powtórzeń danych. Zagadnienie to ograniczone jest do I, II i III postaci normalnych. Wyższe postaci normalne nie są praktycznie przydatne.

Język SQL nie ma wbudowanych typów danych ani innych mechanizmów pozwalających opisywać atrybuty geometryczne obiektów przestrzennych. Mechanizmy takie są natomiast dostępne w wersji PostGIS<sup>6</sup> – rozszerzeniu relacyjno-obiektowej bazy danych PostgreSQL, dodającej możliwość zapisywania danych geograficznych wprost do bazy danych zgodnie ze specyfikacją *OpenGIS Simple Features* dla profilu SQL, opisanej w normach EN-ISO 19125-1 i -2 (ISO, 2004a i b). Z uwagi na dostępność tego oprogramowania typu *Open Source* dla budowy prostych systemów informacji geograficznej w sposób zgodny z wymaganiami INSPIRE i normami EN-ISO, bez konieczności stosowania kosztownych aplikacji GIS, włączenie tej tematyki do programów nauczania wydaje się nieodzowne.

## **Metodyka obiektowa oraz języki UML i XML/GML**

Problematyka budowy infrastruktury informacji przestrzennej wymaga także zaznajomienia z podejściem opartym na danych (*model-driven approach*), które opiera się na architekturze opartej na danych OMG (*model-driven architecture, MDA*) (OMG, 2003; prCEN/TR 15449, 2006) (rys. 1, po str. 114). Przedstawienie zagadnienia należy rozpocząć od zwrócenia uwagi na następujące pojęcia: schemat aplikacyjny, modelowanie pojęciowe, specyfikacja, implementacja. Wskazane jest omówienie reguł schematów aplikacyjnych zgodnie z normą PN-EN ISO 19109 (PN-EN ISO 19109, 2009). Wymagane jest także omówienie metodyk modelowania (obiektowych i relacyjnych). Przedstawiając metodykę obiektową należy zapoznać słuchaczy z językiem UML. Jest to przede wszystkim język służący do projektowania systemów informatycznych, ale także zalecany język schematu pojęciowego (ISO/TS 19103, 2005).

Po opanowaniu wymienionych zagadnień, kolejnym bardzo ważnym krokiem jest przedstawienie przykładowych praktycznych realizacji podejścia opartego na danych. Pierwszym etapem jest samodzielna budowa przez studentów schematu aplikacyjnego w języku UML dla określonej dziedziny (np. ochrona środowiska, geologia, ewidencja gruntów i budynków) zgodnie z regułami schematów aplikacyjnych i profilem UML. Następnie realizowane jest przekształcenie do modelu zawierającego specyfikację dla poszczególnych technik np. schematu XML, a potem implementacja np. w MS Access.

<sup>6</sup> <http://pl.wikipedia.org/wiki/PostGIS>

Omawianie zagadnień związanych z IIP powinno także uwzględniać sposoby wymiany danych oraz podstawowe języki wymiany danych – XML i GML. Należy zapoznać studentów z budową dokumentów XML, a także omówić język XML Schema. Dobrym wstępem do tej tematyki jest analiza wyników projektu dotyczącego praktycznej realizacji podejścia opartego na danych. Należy zwrócić uwagę na reguły przekształceń z UML do XML. W celu poszerzenia wiedzy należy posłużyć się edytorami xml/xsd. Konieczne jest także zapoznanie słuchaczy z normą dotyczącą kodowania (PN-EN ISO 19118, 2006). Dodatkowo można wykorzystać istniejące na rynku oprogramowania GIS (w tym również rozwiązania *open source*) oraz przykładowe dane do wygenerowania plików xml i gml, w celu ich analizy i omówienia budowy. Tematyka dotycząca XML jest podstawą do przedstawienia GML i uświadomienia studentom jego roli. Należy zapoznać słuchaczy z zasadami kodowania GML – należy oprzeć się na normie dotyczącej języka znaczników geograficznych (PN-EN ISO 19136, 2009), a także specyfikacjach implementacyjnych OGC. Ponadto należy przedstawić schematy aplikacyjne UML powstające w ramach INSPIRE oraz powstające na ich podstawie schematy aplikacyjne GML.

## Normy i normalizacja

Poniżej przedstawione są treści programowe wykładów i ćwiczeń na temat norm i normalizacji w informacji geograficznej:

### Wykłady (30 godz.):

- 1) **Wstęp:** Pojęcia standardu i normy. Cele i zadania normalizacji. Rola i metodyka normalizacji. Przedmiot, struktura i organizacja normalizacji informacji geograficznej. Rola norm IG w budowaniu infrastruktur informacji przestrzennej w Polsce i w Europie (program INSPIRE).
- 2) **Zakres i przegląd** rozwiązań normatywnych międzynarodowych (ISO), europejskich (CEN) i krajowych (PN) w dziedzinie informacji geograficznej. Formalizm norm: języki UML, XML i GML. (ISO/TS 19103, ISO 19118)
- 3) **Schematy aplikacyjne:** Reguły budowy pojęciowych schematów aplikacyjnych. Katalogowanie obiektów. Schematy aplikacyjne w GML. (ISO 19109, 19110, 19136).
- 4) **Schematy przestrzenne:** Modelowanie cech przestrzennych informacji geograficznej: schematy przestrzenne jako części składowe modeli pojęciowych, elementy geometryczne i topologiczne schematów. (ISO 19107, 19125, 19137)
- 5) **Opisywanie położenia** za pomocą współrzędnych oraz za pomocą identyfikatorów geograficznych. Standardowa reprezentacja szerokości, długości i wysokości dla geograficznej lokalizacji punktów. Opisywanie aspektu czasowego informacji geograficznej. (ISO 19111, 19112, 6709, 19108)
- 6) **Jakość** danych geograficznych: Zasady jakości. Procedury oceny jakości. Miary jakości danych. (ISO 19113, 19114)
- 7) **Metadane:** Modelowanie i schematy pojęciowe metadanych (danych o danych) geograficznych. Specyfikacje implementacyjne. (ISO 19115, 19139)
- 8) **Implementacja** schematów pojęciowych. (ISO 19136, 19139)
- 9) **Problematyka testowania i zgodności** produktów z normami. (ISO 19105).

**Ćwiczenia audytoryjne (15 godz.):**

- 1) Rola i wykorzystanie norm do budowy modeli pojęciowych danych referencyjnych.
- 2) Budowanie i implementacja schematów aplikacyjnych według znormalizowanej metodologii.
- 3) Zadanie semestralne: opracowanie projektu prostej aplikacji w UML i GML.

## Metadane

Problematyka metadanych, którymi są „dane o danych” jako syntetyczny opis danych i usług, stanowi kluczowy czynnik w zapewnieniu współdziałania tychże zbiorów danych i usług jako elementów budowanej infrastruktury informacji przestrzennej. Przekonującym wyjaśnieniem roli metadanych jest ich porównanie do wpisu w katalogu obiektów, jak np. do tzw. fiszki w katalogu biblioteki, umożliwiającego szybkie wyszukanie odpowiedniej pozycji (np. książki), w naszym przypadku – serii zbiorów danych, pojedynczego zbioru, jak też poszczególnych obiektów geograficznych i ich właściwości.

Metadane są nieodzowne dla umożliwienia wielokrotnego wykorzystania tych samych danych i zbiorów danych, co jest jednym z celów normalizacji informacji geograficznej w ogóle. W warunkach znacznej różnorodności środowisk komputerowych i dostępnych źródeł danych oraz dużej liczby faktycznych i potencjalnych zastosowań danych, metadane dostarczają środków wyszukania najbardziej odpowiednich danych dla konkretnego zastosowania.

Metadane mogą pełnić swoją rolę jedynie w warunkach usystematyzowanych i znormalizowanych struktur i treści, co jest przedmiotem m.in. normy EN-ISO 19115 dla wektorowych modeli danych oraz ISO 19115-2 dla modeli rastrowych.

Słuchacze powinni być zaznajomieni m.in. z następującymi podstawowymi zagadnieniami dotyczącymi metadanych:

- pojęcie elementu metadanych i schematu metadanych; ogólna struktura schematu metadanych,
- obligatoryjne i warunkowe sekcje, encje i elementy metadanych,
- minimalny zestaw elementów metadanych (tzw. *core metadata*),
- metody dostosowania zbioru metadanych do indywidualnych potrzeb (tzw. profile metadanych),
- edytory metadanych i implementacja metadanych (ISO/TS 19139, 2007).

Dopełnieniem powyższych zagadnień powinien być projekt wykonany przez studentów, polegający na stworzeniu zbioru metadanych opisujących przykładowe zbiory danych, zgodnych z przyjętymi zasadami według normy EN-ISO 19115. W ramach projektu należy przewidzieć użycie odpowiedniego edytora metadanych oraz wygenerowanie pliku xml.

## Projektowanie i implementacja systemu geoinformacyjnego (GIS)

Tematyka tej grupy zagadnień dotyczy adaptacji nowoczesnej technologii wytwarzania systemów informatycznych MDA (ang. *Model Driven Architecture*) do budowy dedykowanego systemu geoinformacyjnego (ang. *project-oriented GIS*) z wykorzystaniem środowiska ArcGIS firmy ESRI (lub GeoMedia Professional firmy Intergraph). Technologia MDA,

opracowana przez OMG (ang. *Object Management Group*) została adaptowana w normach ISO serii 19100 do budowy infrastruktur danych przestrzennych. W tej postaci jest ona zawarta w dyrektywie INSPIRE i zalecana do tworzenia Europejskiej Infrastruktury Danych Przestrzennych (ESDI).

Schematyczna struktura MDA, wraz z podaniem zakresów przedmiotowych poszczególnych etapów i nawiązaniem do norm EN-ISO, jest pokazana na rysunku 2.

Zajęcia teoretyczne w tej grupie tematycznej winny koncentrować się na omawianej architekturze, z odpowiednim nawiązaniem do tematyki wyłożonej w ramach innych grup tematycznych, a mianowicie: modelowanie pojęciowe, metodyka obiektowa oraz języki UML i XML/GML, integracja modelu ze schematami znormalizowanymi w normach EN-ISO serii 19100, zautomatyzowana implementacja na platformie narzędziowej (np. z wykorzystaniem oprogramowania MS Visio Professional lub Enterprise Architect).

W ramach zajęć praktycznych należy, naszym zdaniem, przewidzieć wykorzystanie oprogramowania ArcGIS (firmy ESRI) lub GeoMedia Professional (firmy Intergraph) jako platformy GIS. Słuchacze winni zapoznać się z architekturą oprogramowania jednej z tych firm oraz z architekturą, projektowaniem i implementacją baz danych przestrzennych.

W szczegółowym planie zajęć należy przewidzieć:

- 1) Opracowanie koncepcji małego (niezbyt skomplikowanego i rozbudowanego) dedykowanego systemu GIS (dowolny zakres przedmiotowy).
- 2) Pozyskanie danych do projektu.
- 3) Zaprojektowanie czterech modeli systemu według technologii MDA:
  - a) CIM (ang. *Computation Independent Model*) – model (lub zbiór modeli), który stanowi specyfikację wymagań systemu (model opracowany w języku UML),
  - b) PIM (ang. *Platform Independent Model*) – model (lub zbiór modeli), który opisuje system w sposób niezależny od platformy sprzętowej i programowej; odpowiednik modelu pojęciowego w modelu cyklu życia oprogramowania (model opracowany w języku UML),
  - c) PSM (ang. *Platform Specific Model*) – model (lub zbiór modeli) systemu zależny od wybranej platformy sprzętowej i programowej odzwierciedlający model PIM dla konkretnej platformy (w tym przypadku ArcGIS lub GeoMedia Professional); odpowiednik modelu logicznego (model opracowany w języku UML),
  - d) Implementacja (ang. *Implementation Model*) – model fizyczny systemu (w szczególności fizyczny model bazy danych dla GIS). Implementacja bazy danych w środowisku ArcGIS (*ArcCatalog*) – wygenerowanie schematu bazy danych z pliku XML (ang. *eXtensible Markup Language*) w formacie XMI (ang. *XML Metadata Interchange*).
- 4) Załadowanie wcześniej przygotowanych danych do geobazy.
- 5) Przetestowanie zaprojektowanego systemu geoinformacyjnego – przeprowadzenie prostych analiz przestrzennych (np. zapytanie, buforowanie) w środowisku ArcGIS.

## **Sieciowe usługi geoinformacyjne: WebGIS, WMS, WFS**

Przedmiotem tej grupy tematycznej jest projektowanie sieciowych usług geoinformacyjnych (ang. *GIServices*) wymienionych typów z wykorzystaniem oprogramowania ArcIMS

(firmy ESRI) lub GeoMedia WebMap Professional (firmy Intergraph). Dostarczanie użytkownikom zintegrowanych usług geoinformacyjnych (w zakresie wizualizacji, łączenia informacji oraz przeprowadzania analiz przestrzennych i czasowych) jest jednym z zadań ESDI.

W ramach zajęć teoretycznych należy wyjaśnić, co to są sieciowe usługi geoinformacyjne tych typów, jak są one realizowane w środowisku informatycznym, jak są powiązane z innymi elementami infrastruktury informacji przestrzennej oraz jak uczestniczą w zapewnieniu interoperacyjności danych przestrzennych i usług poprzez przechowywanie, udostępnianie i zarządzanie danymi. Zajęcia te winny bezpośrednio nawiązywać do koncepcji interoperacyjności w ramach dyrektywy INSPIRE oraz jej podstaw normatywnych w ramach norm EN-ISO serii 19100 (m.in. 19119 i 19128), jak też podstaw i roli metadanych w tym zakresie, omówionych w innych grupach tematycznych.

Zajęcia praktyczne powinny objąć następujące zagadnienia:

- 1) Zaprojektowanie i opracowanie prostych usług geoinformacyjnych w środowisku ArcIMS lub GeoMedia WebMap Professional dla wcześniej (patrz poprzedni rozdz.) zbudowanego dedykowanego systemu geoinformacyjnego w zakresie:
  - a) wizualizacji danych przestrzennych i przeprowadzania prostych analiz przestrzennych (np. zapytanie, buforowanie) – usługa WebGIS (interaktywna aplikacja GIS dostępna przez Internet, obsługiwana za pomocą przeglądarki internetowej),
  - b) prezentacji danych przestrzennych – usługa WMS (ang. *Web Map Service*),
  - c) pobierania danych przestrzennych w formacie GML – usługa WFS (ang. *Web Feature Service*),
  - d) wizualizacji 3D danych przestrzennych – interaktywne przenośne wizualizacje 3D oraz animacje.
- 2) Przetestowanie działania opracowanych usług geoinformacyjnych w warunkach laboratoryjnych.

## Zakończenie

Jak wynika z przedstawionych powyżej uwag, budowa infrastruktury informacji przestrzennej obejmuje wiele wzajemnie powiązanych ze sobą zagadnień, tworzących złożoną strukturę informacyjną. Przykładowa wizja tej struktury w postaci diagramu klas UML jest przedstawiona na rysunku 3. Struktura ta ma istotne znaczenie dla struktury procesu nauczania, w którym wyłożenie i opanowanie zagadnień ogólniejszych powinno poprzedzać opanowanie zagadnień bardziej szczegółowych. Jednocześnie wiele spośród tych ostatnich uczestniczy we wzajemnych powiązaniach „poziomych”, co może powodować konieczność powrotu do wcześniej wyłożonych tematów.

Jak zaznaczono wcześniej, proponowana w niniejszym opracowaniu metodyka kształcenia w zakresie budowy infrastruktury informacji przestrzennej ma w swej warstwie merytorycznej charakter ogólny i uniwersalny, wspólny dla różnych obszarów tematycznych informacji geograficznej. Metodyka ta, obejmująca w znacznej mierze modelowanie pojęciowe w tych obszarach, zawarta jest w powszechnie przyjętych w środowisku projektów INSPIRE specyfikacjach, standardach, normach i regulach implementacyjnych. Jednocześnie tak ogólnie sformułowana metodyka nie może abstrahować od praktycznych zastosowań modelowania pojęciowego w poszczególnych dziedzinach, które powinny być przedmiotem ćwiczeń audytoryjnych i laboratoryjnych oraz tematem samodzielnych zadań projektowych słuchaczy.

### Literatura

- Barker R., Longman C., 1996: Case Method – Modelowanie funkcji i procesów. WNT, Warszawa.
- Bregt A., Stuur J., 2009: Standards & Education. CEN/TC 287 24<sup>th</sup> Plenary Meeting, Madrid.
- Chojka A., 2008: Projekt podsystemu GIS dla gminy i rzeczoznawcy majątkowego. Rozprawa doktorska, UWM w Olsztynie.
- Chojka A., Zwirowicz A., Sułkiewicz M., Parzyński Z., Pachelski W., 2006: Teaching the basics of geomatics on the surveying faculties of University of Warmia and Mazury and Warsaw University of Technology. EUGISES'2006 – Fifth European GIS Education Seminar, 7-10 September, 2006, Cracow - Pieniny.
- ISO, 1996: ISO 860:1996, Terminology work - Harmonization of concepts and terms.
- ISO, 2000a: ISO 1087-1:2000, Terminology work - Vocabulary - Part 1: Theory and application.
- ISO, 2000b: ISO 704:2000, Terminology work - Principles and methods.
- ISO, 2002: ISO 19101:2002(E): Geographic information - Reference model; także jako: PN-EN-ISO 19101:2005, Informacja geograficzna - Model odniesienia.
- ISO, 2004a: Geographic information - Simple feature access - Part 1: Common architecture. ISO 19125-1:2004(E).
- ISO, 2004b: Geographic information - Simple feature access - Part 2: SQL option. ISO 19125-1:2004(E).
- Pachelski W., 2008: Modelowanie informacji przestrzennej według norm ISO. Konferencja Harmonizacja baz danych georeferencyjnych, Warszawa-Zegrze Południowe, 8-9 grudnia 2008.
- Pachelski W., 2009: Modelowanie informacji geograficznej według znormalizowanej metodologii. Rozdział II w skrypcie „Wszechnica GIS” (tytuł roboczy, w przygotowaniu).
- Salata T., 2007: Metodyka budowy systemów informacji przestrzennej dla obszarów wiejskich. Rozprawa doktorska, UWM w Olsztynie.

### Abstract

*The paper presents authors' proposals concerning methodology and program of education in the area of spatial data infrastructures on Polish technical universities. The proposals are based on the authors' experience gained during the courses held in the Faculty of Geodesy and Land Management of the University of Warmia and Mazury in Olsztyn (7 years of training) and in the faculty of Geodesy and Cartography of the Warsaw University of Technology (5 years of training).*

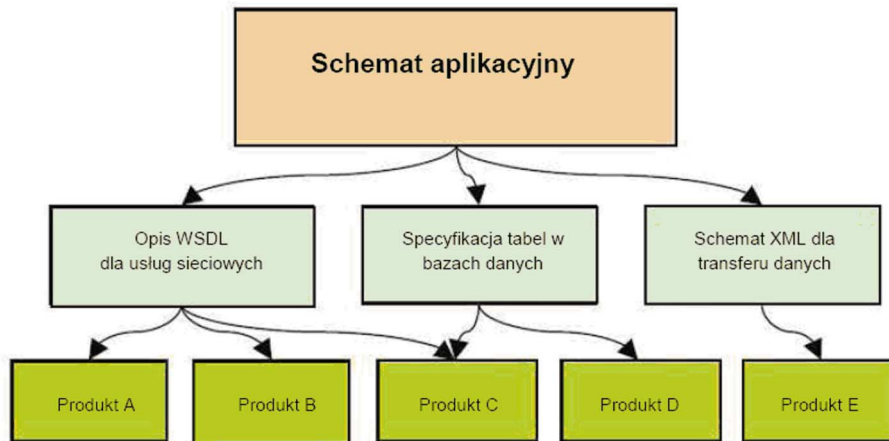
*The education program deals with methodology of geographic information consisting mainly of conceptual modeling according to ISO standards of 19100 series, which are the basis of the program INSPIRE of the European Union and of the spatial data infrastructures in the member countries. The problems discussed are of general application and are independent of the particular thematic scopes of geoinformation, engaged institutions and organizations as well as of the computer environment.*

dr inż. Agnieszka Chojka  
agnieszka.chojka@uwm.edu.pl

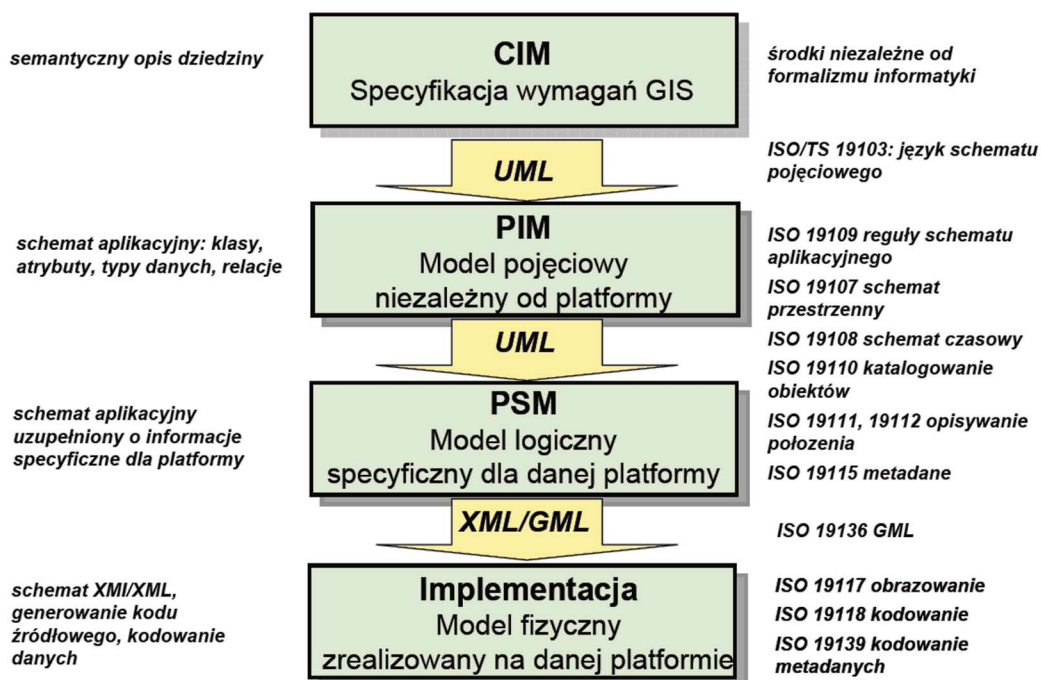
prof. dr hab. inż. Wojciech Pachelski  
wojciech.pachelski@uwm.edu.pl

dr inż. Zenon Parzyński  
zenekmp@onet.eu

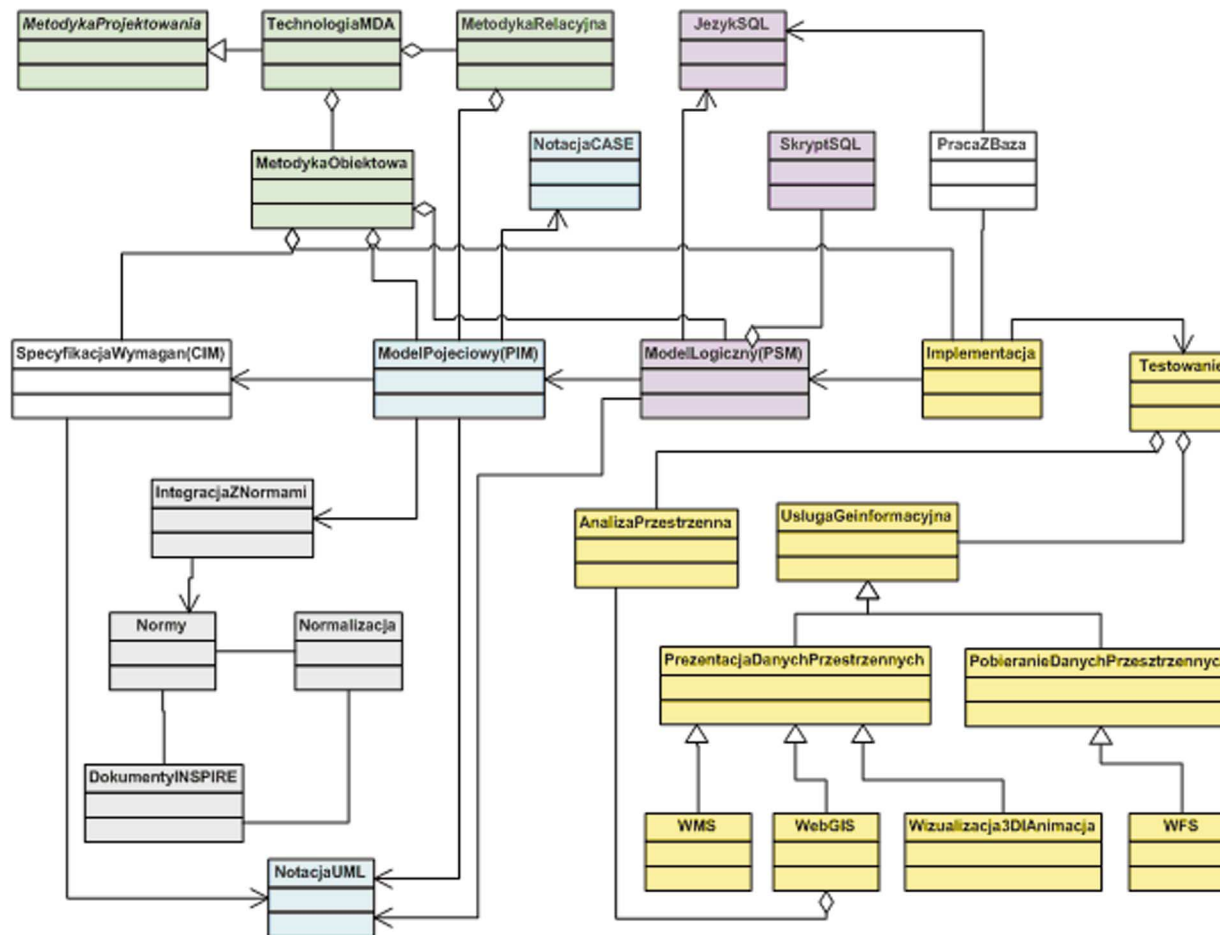
dr inż. Agnieszka Zwirowicz  
agnieszka.zwirowicz@uwm.edu.pl



Rys. 1. Podejście oparte na danych (*model-driven approach*) wg prCEN/TR 15449, 2006



Rys. 2. Schemat struktury MDA wg (Chojka, 2008; Pachelski, 2008)



Rys. 3. Diagram klas UML przedstawiający wybrane elementy składowe procesu budowy infrastruktury informacji przestrzennej