

**ADAPTACJA TECHNOLOGII MDA  
DO BUDOWY SYSTEMU GEOINFORMACYJNEGO  
NA POZIOMIE GMINY\***

**ADAPTATION OF THE MDA TECHNOLOGY  
FOR BUILDING A GEOINFORMATION SYSTEM  
AT THE COMMUNE LEVEL**

**Agnieszka Chojka**

Katedra Geodezji Szczegółowej, Wydział Geodezji i Gospodarki Przestrzennej  
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

**Słowa kluczowe: GIS, system geoinformacyjny, technologia MDA**  
Keywords: GIS, geoinformation system, Model Driven Architecture

**Koncepcja systemu geoinformacyjnego**

Przedmiotem badań była adaptacja nowoczesnej technologii wytwarzania systemów informatycznych – MDA (ang. *Model Driven Architecture*) do budowy systemu geoinformacyjnego na poziomie gminy. Technologia ta, opracowana przez OMG (ang. *Object Management Group*), w toku prac normalizacyjnych została adaptowana w normach ISO serii 19100 do budowy infrastruktur danych przestrzennych. W tej postaci jest ona zawarta w dyrektywnie Unii Europejskiej ds. INSPIRE (ang. *Infrastructure for Spatial Information in Europe*) i zalecana do tworzenia Europejskiej Infrastruktury Danych Przestrzennych (ESDI, ang. *European Spatial Data Infrastructure*).

Podjęcie wspomnianego wyżej tematu badawczego zbiegło się z podjęciem przez Radę Gminy Ujazd uchwały (Nr VIII/62/07 z dnia 27 czerwca 2007 r.) w sprawie przystąpienia do sporządzenia miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego terenu położonego w obrębach geodezyjnych PGR Niewiadów – Mącznik, Zaosie i Ujazd, gmina Ujazd, powiat tomaszowski. Pozwoliło to na przeprowadzenie studium przypadku – praktyczną realizację

---

\* Artykuł opracowany na podstawie rozprawy doktorskiej autorki, pt. „Projekt podsystemu GIS dla gminy i rzeczoznawcy majątkowego” obronionej na Wydziale Geodezji i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie w 2008 roku. Pracę wykonano w ramach projektu badawczego promotorskiego NR N526 003 32/0687, finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w latach 2007–2008.

systemu geoinformacyjnego dla gminy Ujazd (o nazwie *GISUjazd*) w zakresie opracowania miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego (GIS dedykowany, ang. *project-oriented GIS*). Założono, że w przyszłości opracowany system może stanowić element większego systemu GIS (np. *e-Gmina*) wspomagającego ogólnie zarządzanie gminą, nie tylko w zakresie planowania przestrzennego (ang. *corporate or enterprise GIS*).

Celem strategicznym projektu było opracowanie systemu geoinformacyjnego wspomagającego samorząd gminy w zakresie podejmowania decyzji przestrzennych, na przykładzie opracowania miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego (w tym prognozy skutków finansowych uchwalenia planu miejscowego), jak również usprawnienie komunikacji (wymiany danych i informacji) między gminą a jej partnerami (np. rzeczoznawcą majątkowym) oraz między gminą a jej mieszkańcami.

Przyjęto, że system ma składać się z dwóch powiązanych ze sobą modułów spełniających poniższe założenia:

**1) moduł gmina-rzeczoznawca majątkowy (moduł back-office):**

- GIS usprawniający wewnętrzny proces administracyjny, dostępny tylko dla pracowników urzędu gminy i partnerów gminy (np. rzeczoznawcy majątkowego),
- GIS wspomagający podejmowanie decyzji przestrzennych w gminie – możliwość opracowania scenariuszy zagospodarowania przestrzennego i prognoz ich skutków, wizualizacja obszaru objętego planem miejscowym, symulacja zmian zagospodarowania przestrzennego po uchwaleniu planu,

**2) moduł gmina-mieszkańcy gminy (moduł front-office):**

- GIS usprawniający zewnętrzny proces administracyjny, wspierający pracowników gminnej administracji samorządowej w procesie świadczenia usług skoncentrowanych na potrzebach klientów usług publicznych (nie tylko mieszkańców gminy, ale również inwestorów, turystów i innych zainteresowanych osób),
- GIS umożliwiający mieszkańcom gminy uczestnictwo w podejmowaniu decyzji planistycznych na przykładzie planu miejscowego – wizualizacja obszaru objętego planem miejscowym, symulacja zmian zagospodarowania przestrzennego po uchwaleniu planu; zastosowanie PPGIS (ang. *Public Participation in the use of GIS*) – metodyki tworzenia planów zagospodarowania przestrzennego z wykorzystaniem systemów geoinformacyjnych oraz konsultacji społecznych, np. udostępnianie wyników wielokryterialnych analiz przestrzennych społeczeństwu (Longley, Goodchild, Maguire, Rhind, 2006).

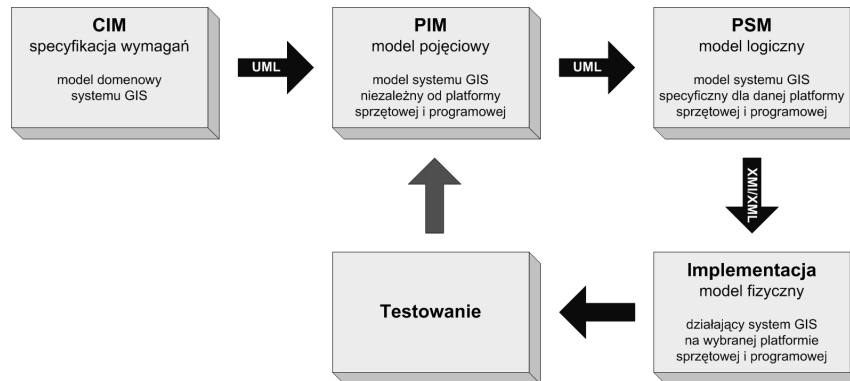
## Technologia budowy systemu geoinformacyjnego

Głównymi czynnikami determinującymi wybór technologii tworzenia systemu geoinformacyjnego było zapewnienie:

- szybkiego opracowania systemu,
- przenośności systemu przy zmianie platformy sprzętowej i programowej.

Do realizacji projektu wybrano obiektową technologię budowy systemów informatycznych (ang. *object-oriented technology*), w tym analizę i projektowanie obiektowe (ang. *object-oriented analysis and design*).

W ramach technologii obiektowej wykorzystano następujące techniki i technologie tworzenia oprogramowania (Ambler, 2004): MDA, UML (ang. *Unified Modeling Language*) i Agile Software Development.



Rys. 1. Ścieżka technologiczna zastosowana do budowy systemu geoinformacyjnego

Ścieżka technologiczna zastosowana do budowy omawianego systemu GIS, wykorzystująca wyżej wymienione techniki i technologie (w szczególności MDA), została przedstawiona na rysunku 1.

## MDA

MDA to standard opublikowany przez OMG, którego celem jest rozwiązywanie problemów związanych z integracją systemów informatycznych pochodzących od różnych dostawców oraz działających na różnych platformach informatycznych (wykorzystujących różne technologie, np. różne systemy operacyjne, różne standardy sieciowe, różne języki programowania).

Podstawowe cele MDA to: przenośność, współdziałanie (interoperacyjność) i ponowne użycie. Ich osiągnięcie jest możliwe przez uniezależnienie procesu tworzenia oprogramowania od platform technologicznych (MDA Guide, 2003).

Kluczową rolę w tej technologii odgrywa modelowanie systemu w języku UML. Tworzenie oprogramowania według MDA przebiega w kilku etapach, w trakcie których opracowywane są coraz bardziej szczegółowe modele systemu:

- CIM (ang. *Computation Independent Model*) – model domenowy systemu, model niezależny od systemów informatycznych, nie pozostający w ścisłej relacji z technologią informatyczną; specyfikacja wymagań systemu,
- PIM (ang. *Platform Independent Model*) – model systemu niezależny od platformy sprzętowej i programowej; reprezentacja funkcjonalności biznesowej i zachowania aplikacji niezakłócona szczegółami technologicznymi; odpowiednik modelu pojęciowego w modelu cyklu życia oprogramowania (zob. Jaskiewicz, 1997; por. Chojka, 2006).
- PSM (ang. *Platform Specific Model*) – model systemu zależny od wybranej platformy sprzętowej i programowej, odzwierciedlający model PIM dla konkretnej platformy; odpowiednik modelu logicznego,
- Implementacja (ang. *Implementation Model*) – generowanie kodu źródłowego systemu (np. niskopoziomowy kod w języku Java, C++), fizycznie działający program zapisany w konkretnym języku programowania; odpowiednik modelu fizycznego.

## UML, XMI/XML

Celem MDA jest używanie języków modelowania jako języków programowania zamiast ograniczać je tylko do projektowania (Frankel, 2003). Stąd, MDA zapewnia modelowaniu centralne miejsce (nie ideologicznie, a praktycznie – działanie ukierunkowane wprost na wytworzenie produktu), a główną rolę w tej technologii odgrywa modelowanie w języku UML (Habela, 2004a; 2004b), który jest również zalecanym przez serię norm ISO 19100 środkiem formalnym modelowania informacji geograficznej.

UML może być wykorzystany niezależnie od przyjętej metodologii tworzenia systemu. Format XMI (ang. *XML Metadata Interchange*) daje możliwość zapisu modeli UML w XML (ang. *eXtensible Markup Language*), pełniąc tym samym rolę pośrednika w wymianie modeli między różnymi narzędziami. W ten sposób zapewniona zostaje przenośność, współdziałanie i ponowne użycie modeli systemu (w fazie modelowania i projektowania systemu).

## Agile Software Development

Agile<sup>1</sup> Software Development (z ang. zręczne, sprawne wytwarzanie oprogramowania) to tzw. „lekka metodologia”, w porównaniu ze starszymi koncepcjami, jak na przykład RUP (ang. *Rational Unified Process*), w których istotną rolę odgrywa dokumentacja projektowa (Javatech, 2008).

Aktualnym trendem w metodologiach tworzenia oprogramowania jest minimalizacja wysiłku i czasu spędzonego nad budową modeli, które tylko pełnią rolę dokumentacji, mimo, że pokazują interesujące aspekty tworzonego oprogramowania. Nadrzędnym celem jest szybkie dostarczanie użytkownikowi działającego, nawet częściowo, oprogramowania, co z kolei oznacza mniejsze rozbieżności między wyobrażeniami klienta a wykonawcy. Według Cockburn'a (Cockburn, 2002) działające oprogramowanie jest więcej warte niż pełna dokumentacja projektowa.

Wymagania ciągle się zmieniają, a tworzone oprogramowanie musi je odzwierciedlać. Szybkie i elastyczne przystosowanie projektu oprogramowania do ciągłych zmian wymagań stanowi fundament Agile Software Development (Kleppe, Warmer, Wim, 2003).

Główną zaletą modeli, które można określić jako *agile* jest ich większa efektywność niż modeli tradycyjnych. Modele *agile* nie muszą być perfekcyjne, według Ambler'a (Ambler, 2004) powinny być zrozumiałe dla użytkownika, wystarczająco szczegółowe, spójne, i tak proste jak to tylko możliwe.

Przy ich opracowywaniu można posłużyć się czterema podstawowymi zasadami modelowania (za Booch, Rumbaugh, Jacobson, 2002):

1. Podjęcie decyzji jakie modele stworzyć ma wielki wpływ na to, w jaki sposób zaatakujemy problem i jaki kształt przyjmie rozwiązanie.
2. Każdy model może być opracowany na różnych poziomach szczegółowości.
3. Najlepsze modele odpowiadają rzeczywistości.
4. Żaden model nie jest wystarczający. Niewielka liczba niemal niezależnych modeli to najlepsze rozwiązanie w wypadku każdego niebanalnego systemu.

---

<sup>1</sup> Pod adresem <http://agilemanifesto.org> znajduje się manifest Agile (ang. *Agile Manifesto*) opisujący główne zasady idei *agile*.

## Etapy budowy systemu geoinformacyjnego – przegląd modeli systemu

Zgodnie z założeniami koncepcji MDA opracowano cztery modele zaprojektowanego systemu geoinformacyjnego (CIM, PIM, PSM, Implementacja). W każdym modelu MDA wyróżniono trzy rodzaje modeli UML (model architektury, struktury danych, zachowania (zob. Booch, Rumbaugh, Jacobson, 2002)), w ramach których wykorzystano różne diagramy UML, m.in. diagramy klas, wdrożenia, czynności (por. Kasprzyk, 2005) (rys. 2).

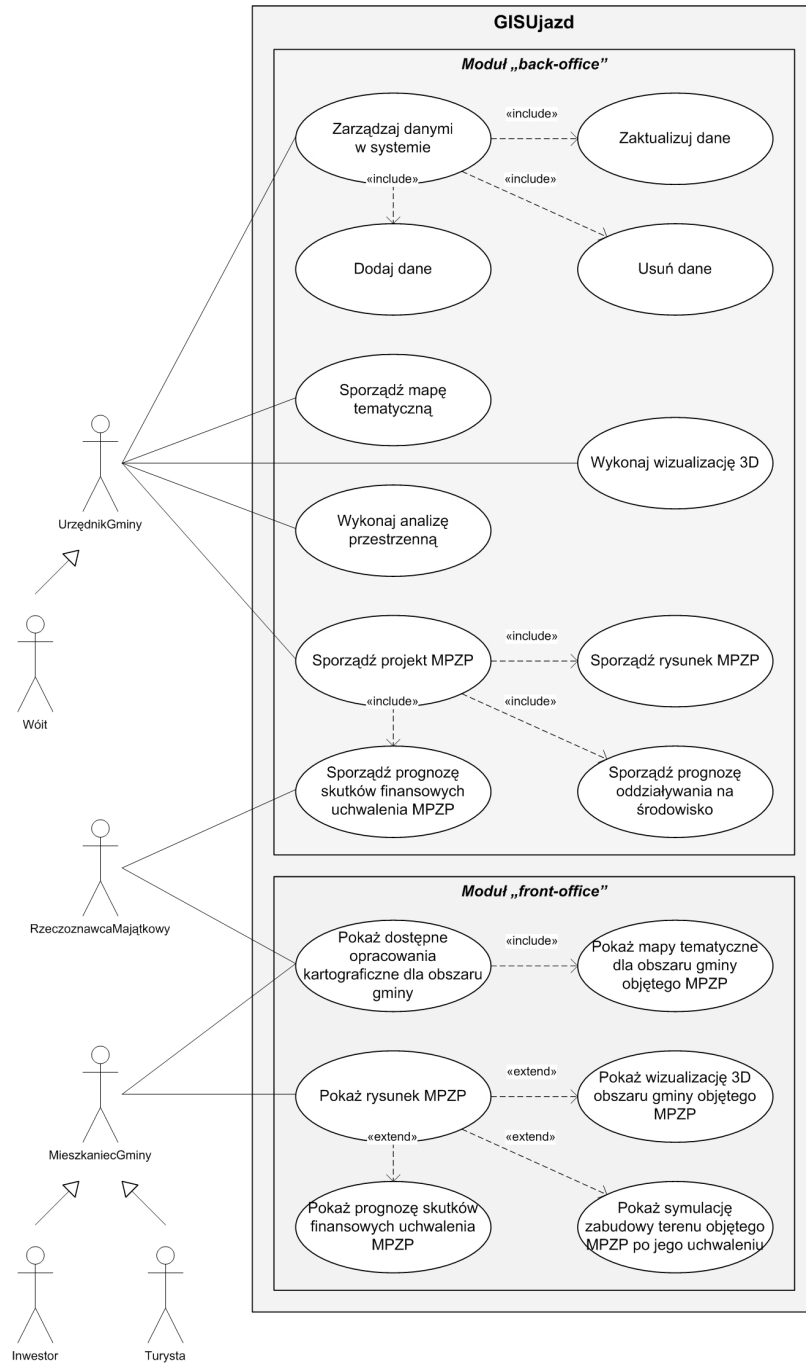
		modele MDA			
		CIM	PIM	PSM	Implementacja
modele UML	architektury	słownik	diagram wdrożenia	diagram wdrożenia diagram komponentów	architektura systemu
	struktury		diagram pakietów diagram klas	diagram pakietów diagram klas	struktury danych
	zachowania	diagram przypadków użycia	diagram czynności	diagram czynności diagram przebiegu	funkcje, algorytmy

Rys. 2. Przegląd wykorzystanych modeli UML i MDA

### CIM

CIM – model (zestaw modeli), który stanowi specyfikację wymagań systemu. Skupia się na środowisku, w którym system ma działać. Szczegóły struktury i przetwarzania danych przez system są ukryte albo jeszcze nieokreślone. Model ten jest niezależny od implementacji systemu, czasem nazywany modelem domeny albo modelem biznesowym (MDA Guide, 2003).

Na model ten w projekcie składają się wymagania funkcjonalne, w tym charakterystyka użytkowników systemu, diagram kluczowych przypadków użycia (rys. 3) oraz słownik terminów opracowanego projektu GIS. Wymagania нефункционалне opisujące ograniczenia, przy których system musi działać zostały pominięte na tym etapie budowy systemu geoinformacyjnego, ze względu na trudność przeprowadzenia obiektywnej weryfikacji np. wydajności i niezawodności systemu, łatwości użytkowania, itp. (zob. Jaskiewicz, 1997; Subieta, 2002).



Rys. 3. Podstawowa funkcjonalność systemu geoinformacyjnego z punktu widzenia jego przeznaczenia – kluczowe przypadki użycia dla systemu *GISujazd*

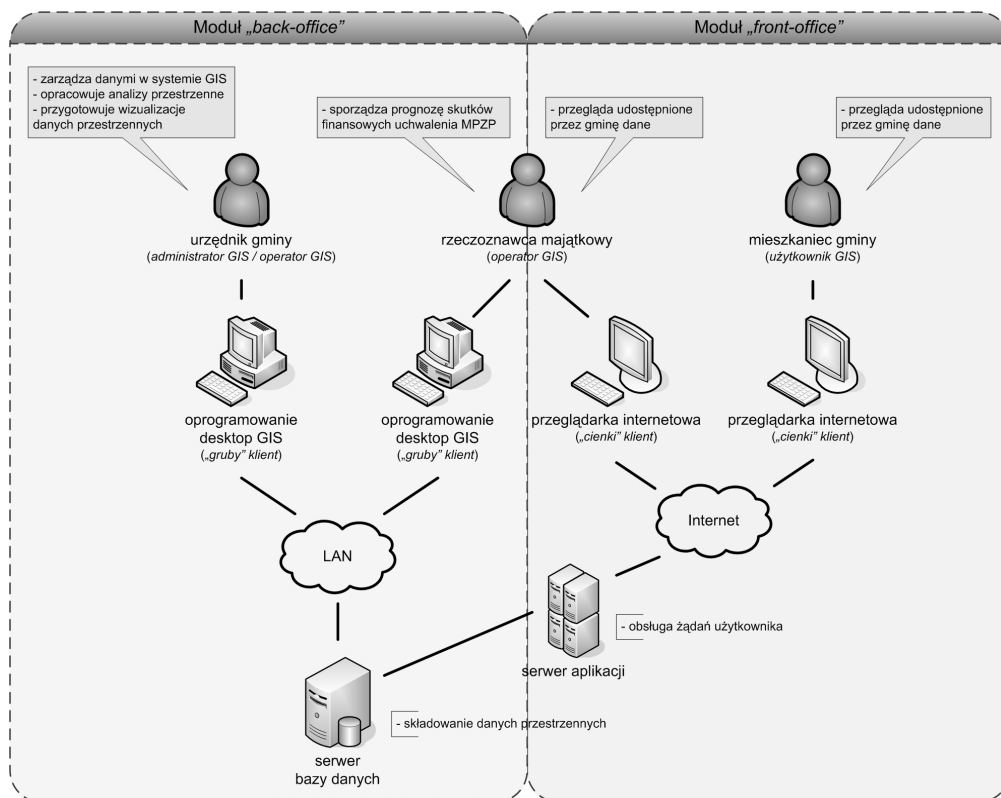
## PIM

PIM – model (zestaw modeli) pokazujący tę część systemu, która jest całkowicie niezależna od platformy sprzętowej i programowej, pod kontrolą której system będzie działał. Skupia się na działaniu systemu, ukrywając szczegóły konieczne dla danej platformy (MDA Guide, 2003).

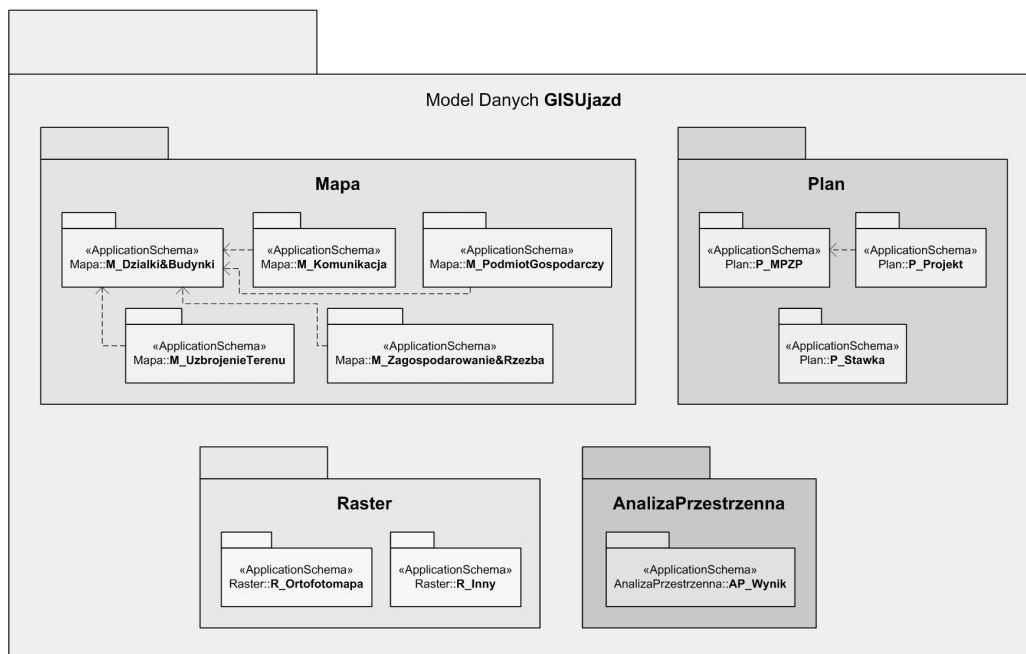
Model PIM zaprojektowanego systemu geoinformacyjnego zawiera model architektury tego systemu (rys. 4), model struktur danych dla bazy danych GIS (rys. 5) oraz model zachowania odzwierciedlający najważniejsze aspekty dynamiczne opracowanego systemu (rys. 6).

System *GISUjazd* wykorzystuje architekturę wielowarstwową (zob. Gotlib, Iwaniak, Olszewski, 2007), przy czym:

- **moduł *back-office*** koncentruje się na architekturze klient-serwer (architektura dwuwarstwowa). W tej konfiguracji systemu użytkownicy (klienci) dysponują komputerami z zainstalowanym oprogramowaniem desktop GIS („gruby” klient, ang. *thick client*) i korzystają z danych przechowywanych na serwerze (serwer bazy danych). Klienci i serwer komunikują się przez sieć lokalną (LAN, ang. *Local Area Network*). Komputery klientów wysyłają żądania danych lub usług do serwera, który je wypełnia (Longley, Goodchild, Maguire, Rhind, 2006).



Rys. 4. Ogólna architektura systemu geoinformacyjnego – diagram wdrożenia



Rys. 5. Schematy aplikacyjne w modelu danych systemu geoinformacyjnego

- **moduł *front-office*** koncentruje się na architekturze trójwarstwowej (klient-serwer aplikacji-serwer bazy danych). Serwer aplikacji łączy się z bazą danych i obsługuje żądania użytkownika. Ponadto serwer ten jest oprogramowaniem do wizualizacji i analizy danych przestrzennych. W tej konfiguracji klient jest wyposażony w przeglądarkę internetową („cienki” klient, ang. *thin client*) i łączy się z serwerem aplikacji przez sieć rozległą (WAN, ang. *Wide Area Network*) lub Internet.

Architekturę modułu *front-office*, dedykowanego przede wszystkim mieszkańcom gminy, można również rozpatrywać w kontekście architektury zorientowanej na usługi sieciowe (SOA, ang. *Service Oriented Architecture*). Urząd gminy może udostępniać mieszkańcom gminy (ale również inwestorom, turystom, partnerom m.in. rzeczoznawcom majątkowym różne sieciowe usługi geoinformacyjne, np. w zakresie prezentacji, pobierania i wizualizacji danych przestrzennych.

Przyjęta struktura systemu GIS, dla modułu *front-office*, wpisuje się także w założenia dyrektywy INSPIRE. Zmierzają one do utworzenia Europejskiej Infrastruktury Danych Przestrzennych, której zadaniem będzie m.in. dostarczanie użytkownikom zintegrowanych usług geoinformacyjnych w zakresie wizualizacji, łączenia informacji oraz przeprowadzania analiz przestrzennych i czasowych (Dyrektywa INSPIRE, 2007).

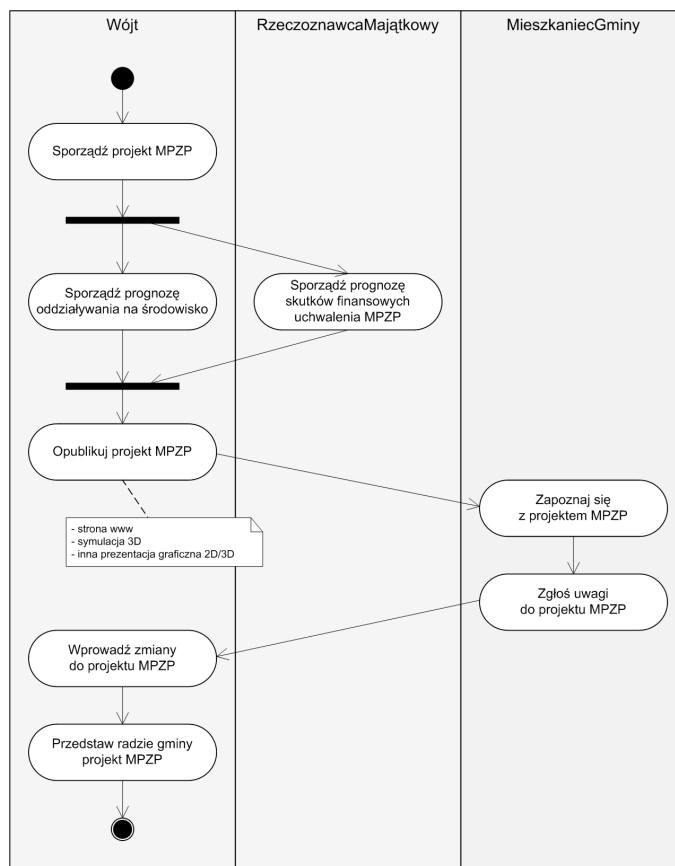
Szczegółowe struktury bazy danych przestrzennych, dla zaprojektowanego systemu GIS, opracowano w postaci obiektowego modelu danych w języku UML, za pomocą diagramów klas. Wykorzystano przy tym metodykę modelowania informacji geograficznej w postaci tzw. schematów pojęciowych, które stanowią podstawę dla spójnych realizacji GIS w odmiennych środowiskach programowo-sprzętowych, zapewniając tym samym współdziałanie różnych realizacji GIS (Pachelski, 2002; 2003). Schematy aplikacyjne (schematy poję-



ciowe dla specyficznych zakresów przedmiotowych) w modelu danych opracowano z wykorzystaniem norm ISO serii 19100. Zastosowano m.in. typy danych zdefiniowane w specyfikacji technicznej ISO/TS 19103 (Geographic information – Conceptual schema language), rodzaj geometrii i topologii określone w normie ISO 19107 (Geographic information – Spatial Schema), jak również normę ISO 19109 (Geographic information – Rules for application schema), która określa zasady budowy schematów aplikacyjnych.

Model danych dla omawianego systemu geoinformacyjnego jest modelem „szytym na miarę” – został zaprojektowany dla danych, które dotyczą obszaru gminy Ujazd objętego projektem miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego. Wadą tego modelu jest to, że odpowiada on tylko jednemu specyficznemu przypadkowi użycia i jest dostosowany do rozwiązania jednego praktycznego zagadnienia – opracowania miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego, w tym prognozy skutków finansowych uchwalenia tego planu. Jednak model ten nie jest ograniczony – może być rozszerzony np. przez dodanie do niego nowych klas obiektów i związków między nimi.

Ze względu na zróżnicowane potrzeby użytkowników GIS oraz zróżnicowanie problemów jakimi się zajmują, nie istnieje jeden uniwersalny model danych, odpowiedni do wszystkich zastosowań (Longley, Goodchild, Maguire, Rhind, 2006).



**Rys. 6.** Diagram czynności dla procedury sporządzania planu miejscowego w systemie geoinformacyjnym

Diagram czynności dla przypadku użycia *Sporządź projekt MPZP* (zob. rys. 3) uwzględnia tylko te czynności wykonywane przy sporządzaniu miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego (por. Ustawa o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (art. 17), 2003, oraz Cymerman, 2006), które mogą być realizowane w zaprojektowanym systemie GIS. Podkreślono przede wszystkim możliwość wykonania rysunku projektu planu oraz możliwość przeprowadzenia symulacji i analiz przestrzennych (prognoza oddziaływania na środowisko i prognoza skutków finansowych). Pominięto procedury formalnoprawne, które są wykonywane bez udziału GIS, np. podjęcie przez radę gminy uchwały o przystąpieniu do sporządzania planu miejscowego, uzgodnienie projektu planu z właściwymi organami itp.

Wyłożenie projektu planu miejscowego do publicznego wglądu wraz z prognozą jego skutków finansowych – zgodnie z ustawą o *planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym* (art. 30) gwarantującą jawność dokumentów planistycznych – dokonywane jest przez udostępnienie przez wójta (gminę) osobom zainteresowanym odpowiednich usług geoinformacyjnych, np. projekt planu miejscowego w postaci strony www, symulacji 3D czy innej prezentacji graficznej (2D lub 3D). W ten sposób, technicznie może być realizowana partycypacja społeczna w planowaniu przestrzennym.

## PSM

PSM – model (zestaw modeli), który powstaje po uzupełnieniu modelu PIM o informacje specyficzne dla platformy sprzętowej i programowej wykorzystywanej do działania systemu (MDA Guide, 2003).

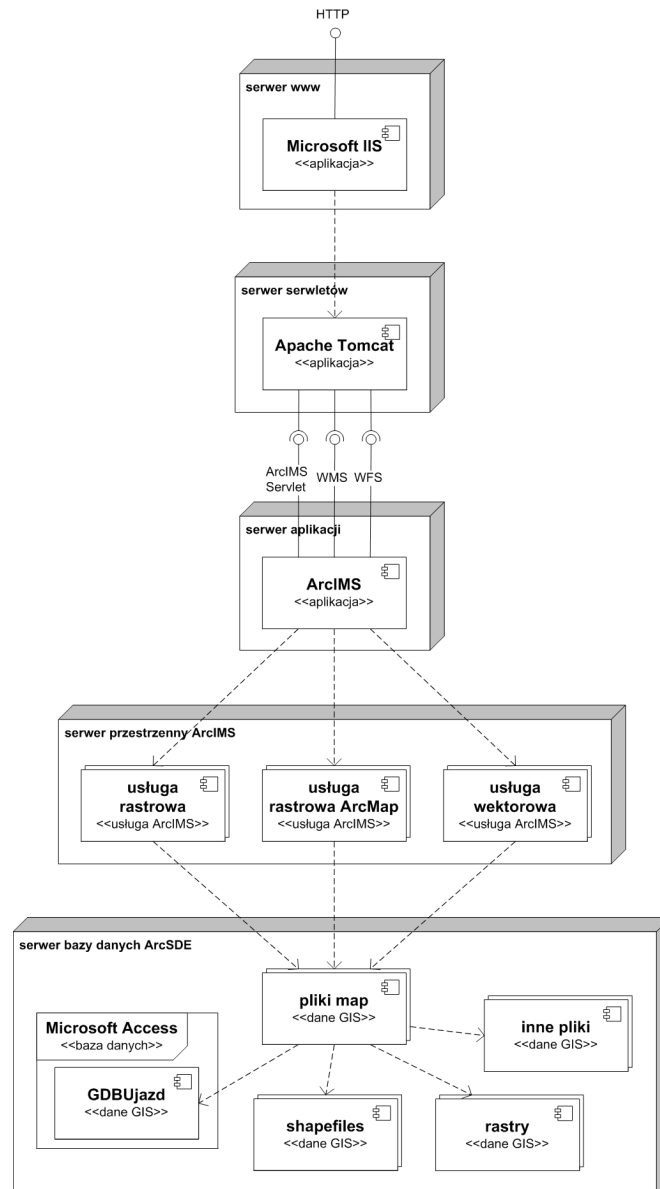
Model PSM zaprojektowano dla następującej platformy sprzętowo-programowej:

- sprzęt: komputer PC,
- system operacyjny: Windows (najpopularniejszy system operacyjny wśród użytkowników Internetu wg Ranking.pl),
- oprogramowanie geoinformacyjne: ESRI ArcGIS (najpopularniejsze oprogramowanie GIS na świecie, wg Daratech Inc., 2008).

Wybór oprogramowania firmy ESRI wynikał przede wszystkim stąd, iż firma ta jako jedyny dostawca rozwiązań GIS umożliwia bezpośrednie wykorzystanie języka UML w tworzeniu baz danych dla systemów GIS (Gajc, 2004). W tym celu wykorzystuje się specjalny szablon modelu UML ArcInfo przeznaczony dla narzędzi CASE: Microsoft Visio lub Rational Rose (od 2003 r. rozwiązanie Rational nie jest już wspierane przez ESRI). Szablon ten zawiera zbiór klas, które umożliwiają umiejscowienie zaprojektowanego modelu danych w strukturze obiektowego modelu ArcInfo (por. Zeiler, 2002) (rys. 8).

Koncepcja MDA szczególnie nacisk kładzie na dynamiczne (automatyczne) przejście pomiędzy modelami PIM i PSM. Jest to proces tzw. transformacji modeli. Polega on na tym, że model PIM jest uzupełniany o informacje dodatkowe, które determinowane są rodzajem wskazanej platformy docelowej. W wyniku połączenia tych danych otrzymywany jest model PSM (Wójcik, 2007).

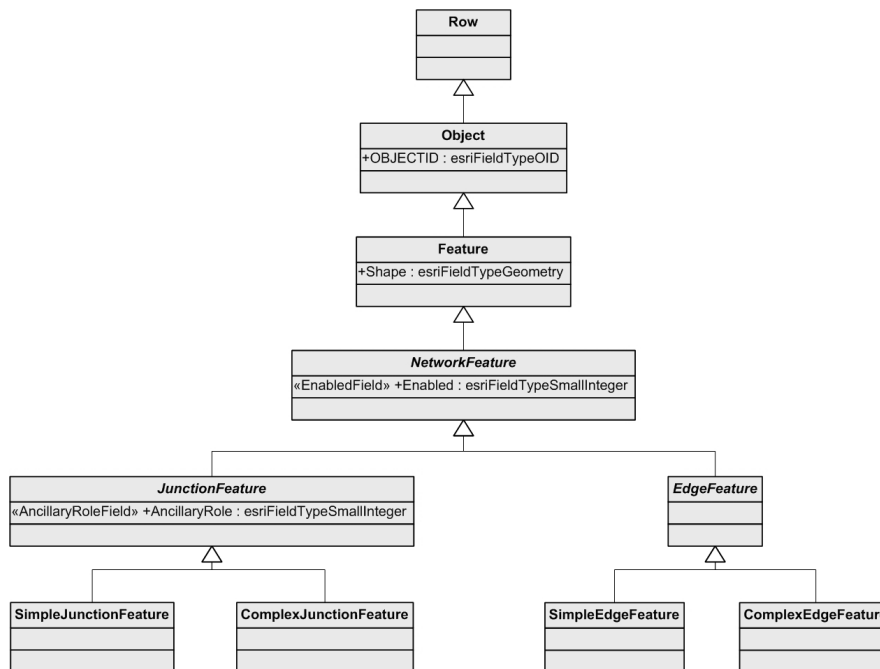
W opracowanym projekcie dokonano „ręcznej” transformacji modelu PIM na model PSM. Automatyzacja tego procesu wymagałaby opracowania odpowiednich definicji transformacji (Kleppe, Warmer, Wim, 2003) i wykorzystania bardziej zaawansowanego oprogramowania CASE (np. Sybase PowerDesigner, IBM Rational Software Architect, Enterprise Architect) niż Microsoft Office Visio Professional 2003, które nie pozwala na automatyzację transformacji PIM-PSM.



Rys. 7. Najważniejsze komponenty systemu *GISUjazd* – diagram komponentów

Ponadto nadrzędnym celem projektu było uzyskanie działającego systemu w dość krótkim czasie. Model PIM nie był rozbudowany, więc jego „ręczna” transformacja w model PSM była znacznie szybsza niż zaprogramowanie odpowiednich procedur przekształceń modeli.

Podobnie, jak w przypadku modelu PIM, na model PSM opracowanego systemu GIS składa się model architektury tego systemu (rys. 7), model struktur danych oraz model zachowania.



Rys. 8. Podstawowe klasy obiektowego modelu danych ArcInfo

### Implementacja

Proces implementacji zaprojektowanego systemu geoinformacyjnego polegał na przekształceniu modelu PSM tego systemu w fizycznie działający produkt. Implementacja przebiegała w dwóch etapach:

- konfiguracja sprzętowo-programowa – na komputerze PC z systemem operacyjnym Windows 2003 Server zainstalowano pakiet oprogramowania GIS firmy ESRI – ArcGIS Desktop 9.2 z rozszerzeniem CommunityViz 3.2 oraz ArcIMS 9.2. Ze względu na przeznaczenie zaprojektowanego GIS, studialny charakter jego opracowania oraz mały rozmiar zbioru danych, zdecydowano się na wykorzystanie bezserwerowej relacyjnej bazy danych – geobazy osobistej (ang. *Personal Geodatabase*). Jest to baza danych przeznaczona dla małej grupy użytkowników oraz dla systemów GIS ukierunkowanych na rozwiązanie jednego praktycznego zagadnienia (ang. *project-oriented GIS*),
- implementacja bazy danych dla GIS – wygenerowanie schematu bazy danych z pliku XML (ArcCatalog) oraz załadowanie danych do geobazy.

### Testowanie działania systemu

Zaprojektowany i zbudowany system GIS przetestowano na przypadku studialnym – na danych dla gminy Ujazd. W tym celu stworzono kilka przykładowych produktów w przygotowanym środowisku geoinformacyjnym:

**1) dla modułu *back-office*:**

- mapy, np. *MPZPUjazd* – wektorowy rysunek miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego dla obszaru gminy Ujazd objętego tym opracowaniem na podkładzie bitmapowym (ortofotomapa),
- analizy przestrzenne (ArcMap), np. *Teren pod zabudowę i na sprzedaż* – wyznaczenie powierzchni (graficznie i numerycznie) terenu niezabudowanego, który po uchwaleniu planu miejscowego może być udostępniony pod zabudowę i teoretycznie sprzedany. Wynik końcowy tej analizy przestrzennej był niezbędny do opracowania prognozy skutków finansowych uchwalenia miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego,
- analizy wielokryterialne (CommunityViz), np. *PSF MPZP Ujazd* – analiza przestrzenna sporządzona na podstawie opracowania *Prognozy skutków finansowych uchwalenia planu miejscowego zagospodarowania przestrzennego dla terenu położonego w obrębach geodezyjnych PGR Niewiadów – Mącznik, Zaosie i Ujazd, gmina Ujazd*. Interaktywna wersja prognozy tradycyjnej, którą odtworzono w zaprojektowanym systemie GIS.

**2) dla modułu *front-office* – usługi geoinformacyjne (ang. *GIServices*) w zakresie:**

- prezentacji danych przestrzennych – usługa WMS (ang. *Web Map Service*) (zob. ISO 19128, 2005),
- pobierania danych przestrzennych w formacie GML (ang. *Geography Markup Language*) (zob. ISO/CD 19136, 2004) – usługa WFS (ang. *Web Feature Service*) (zob. ISO/CD 19142, 2006),
- przeprowadzania prostych analiz przestrzennych (np. zapytanie, buforowanie) – usługa WebGIS (interaktywna aplikacja GIS dostępna przez Internet, obsługiwana za pomocą przeglądarki internetowej),
- wizualizacji 3D danych przestrzennych – interaktywne przenośne wizualizacje 3D oraz animacje, przeznaczone przede wszystkim dla mieszkańców gminy, ale również dla rzeczoznawców majątkowych i innych zainteresowanych osób.

Zaprojektowane sieciowe usługi geoinformacyjne pozwoliły na przetestowanie komunikacji między Urzędem Gminy a partnerami gminy oraz mieszkańcami gminy. Testy przeprowadzono na dwóch stanowiskach komputerowych w konfiguracji klient-serwer. Serwer pełnił rolę dostawcy usług, klient był ich odbiorcą. Stanowisko klienta było wyposażone tylko w przeglądarkę internetową. Opcjonalnie zainstalowano aplikację ArcExplorer, która jest darmową przeglądarką plików shape, pozwalającą na wizualizację i proste analizy przestrzenne oraz program C-Geo – polski pakiet oprogramowania GEO/CAD/GIS.

## Podsumowanie

Realizacja systemu geoinformacyjnego według ścieżki technologicznej przedstawionej na rysunku 1 przebiegała w sposób iteracyjny. W trakcie prowadzenia badań, częściowe wyniki prac badawczych pokazywano urzędnikom gminy Ujazd. Jeśli zaimplementowana część systemu działała poprawnie (koncepcja *Agile* tj. szybkie dostarczanie użytkownikowi działającego, nawet częściowo, systemu) – spełniała przyjęte założenia i odpowiadała potrzebom użytkowników, dokładano kolejne elementy składowe do modelu PIM i powtarzano procedurę przekształceń modeli.

Jeśli zaimplementowany fragment nie spełniał założonej funkcjonalności (np. brakowało określonych relacji w bazie danych), dokonywano odpowiednich poprawek modelu PIM,

przekształcano modele i ponownie testowano system. W ten sposób każdy model był budowany przyrostowo, aż do momentu uzyskania pożądanej funkcjonalności zaprojektowanego systemu geoinformacyjnego.

Taka logika prowadzenia badań pozwoliła opracować GIS dopasowany do konkretnych potrzeb użytkowników i spełniających ich oczekiwania.

Praktyczna realizacja systemu geoinformacyjnego dla przypadku studialnego (rzeczoznawcy majątkowego i gminy Ujazd, w zakresie opracowania miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego), według przyjętej ścieżki technologicznej umożliwiła osiągnięcie postawionego celu. Zaadaptowano nowoczesną technologię wytwarzania systemów informatycznych MDA do budowy systemu geoinformacyjnego na poziomie gminy. Ponadto zapewniono powszechny dostęp w gminie do różnych usług geoinformacyjnych, co stanowi podstawę budowy lokalnej infrastruktury informacji przestrzennej.

Przedstawiona w niniejszym opracowaniu technologia budowy GIS nadaje się do wykorzystania przez każdą gminę w Polsce do stworzenia własnego systemu geoinformacyjnego dla stosownego zakresu przedmiotowego (np. zarządzanie kryzysowe, turystyka i rekreacja, inwentaryzacja majątku trwałego gminy), odpowiadającego potrzebom gminy i oczekiwaniom użytkowników.

### Literatura

- Ambler S. W., 2004: *The Object Primer, Third Edition. Agile Model-Driven Development with UML 2.0.* Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Booch G., Rumbaugh J., Jacobson I., 2002: *UML. Przewodnik użytkownika.* Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- Cele i kierunki i rozwoju społeczeństwa informacyjnego w Polsce, 2000: Komitet Badań Naukowych, Ministerstwo Łączności, Warszawa.
- 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): 42-45, Część II – Metody, środki, narzędzia. *Magazyn Geoinformacyjny Geodeta* nr 6 (133): 44-47, Część III – Ścieżki technologiczne. *Magazyn Geoinformacyjny Geodeta* nr 7 (134): 44-48.
- Cockburn A., 2002: *Agile Software Development.* Addison Wesley, USA.
- Cymerman R. i in., 2006: *Planowanie Przestrzenne dla rzeczoznawców majątkowych, zarządców oraz pośredników w obrocie nieruchomościami.* EUCATERRA, Olsztyn.
- Daratech Inc., 2008: <http://www.daratech.com>
- Dyrektywa 2007/2/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 14 marca 2007 r. ustanawiająca infrastrukturę informacji przestrzennej we Wspólnocie Europejskiej (INSPIRE) (Dziennik Urzędowy L 108, 25/4/2007, P.0001–0014).
- ESRI, 2008: <http://www.esri.com>, <http://support.esri.com>
- Frankel D., 2003: *Model Driven Architecture – applying MDA to Enterprise Computing.* Wiley Publishing, USA.
- Gajc B., 2004: UML w akcji. O praktycznym zastosowaniu schematów pojęciowych. *Magazyn Geoinformacyjny Geodeta* 10 (113): 36-37.
- Gotlib D., Iwaniak A., Olszewski R., 2007: *GIS. Obszary zastosowań.* Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Habela P., 2004a: *Model Driven Architecture (MDA) – założenia koncepcyjne oraz istniejące specyfikacje.* Materiały dydaktyczne do wykładu, Polsko-Japońska Wyższa Szkoła Technik Komputerowych, Warszawa.
- Habela P., 2004b: *Technologie Internetu. Wykład 15: Zarządzanie metadanymi. XML Metadata Interchange.* Materiały dydaktyczne do wykładu, Polsko-Japońska Wyższa Szkoła Technik Komputerowych, Warszawa.
- ISO 19128 : 2005: *Geographic information – Web map server interface.*

- ISO/CD 19136 : 2004: Geographic information – Geography Markup Language.
- ISO/CD 19142 : 2006: Geographic information – Web feature service.
- ISO/TS 19103 : 2003: Geographic information – Conceptual schema language.
- Jaskiewicz A., 1997: Inżynieria oprogramowania. Helion, Gliwice.
- Javatech, 2008: <http://www.javatech.com.pl>
- Kasprzyk M., 2005: Model Driven Architecture. Prezentacja.
- Kleppe A., Warner J., Wim B., 2003: MDA Explained: The Model Driven Architecture: Practice and Promise. Addison Wesley, USA.
- Longley P. A., Goodchild M.F., Maguire D.J., Rhind D.W., 2006: GIS. Teoria i praktyka. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- MDA Guide Version 1.0.1, 2003. <http://www.omg.org/mda>
- Pachelski W., 2002: Działalność normalizacyjna w dziedzinie informacji geograficznej. *Magazyn Geoinformacyjny Geodeta* nr 11 (90): 20-22.
- Pachelski W., 2003: Normalizacja w dziedzinie informacji geograficznej. *Normalizacja*, Nr 11: 18-26.
- PN-EN-ISO 19107 : 2003: Geographic information – Spatial schema.
- PN-EN-ISO 19109 : 2005: Geographic information – Rules for application schema.
- Ranking.pl, 2008: <http://www.ranking.pl>
- Subieta K., 2002: Wprowadzenie do inżynierii oprogramowania. Polsko-Japońska Wyższa Szkoła Technik Komputerowych, Warszawa.
- Ustawa z dnia 27 marca 2003 r. o planowaniu i zagospodarowaniu przestrzennym (Dz.U. 2003 nr 80 poz. 717).
- Wójcik M., 2007: Spring Framework – projektowanie aplikacji w oparciu o koncepcję MDA. Java Zone, <http://mariuszwojczik.blogspot.com/2007/03/aplikacje-webowe-jak-je-ogarn.html>
- Zeiler M., 2002: Exploring ArcObjects. Vol. 1 – Applications and Cartography. Vol. 2 – Geographic Data Management. ESRI, Redlands, California.

### **Abstract**

*The subject of research was adaptation of modern software development technology – the MDA (Model Driven Architecture) to build GIS (Geographical Information System) at the commune level. This technology, worked out by the OMG (Object Management Group), is a standard applied to build Spatial Data Infrastructures.*

*Using the MDA technology, the dedicated GIS was created. The system is designed for the commune administration and the property valuer to support spatial decision making in the commune, especially in designing the local development plan and assessing its economic effects. The goal of the GIS is also improvement of information flow between the commune administration, its partners (e.g. property valuer) and citizens.*

*The GIS built was tested in a case study in the commune of Ujazd. A number of spatial and multi-criteria analyses were carried out and, in addition, a few GIServices were designed for i.a. presenting, receiving and visualizing spatial data.*

*The design and realization of the geoinformation system at the commune level led to the conclusion that technology applied to build this GIS can be implemented by any commune in Poland to build a system according to their own requirements and needs. Moreover, universal access to GIServices in the commune is the basis for building Local Spatial Data Infrastructure.*

dr inż. Agnieszka Chojka  
agnieszka.chojka@uwm.edu.pl  
tel. +48 89 523 35 81