

OPIS PROCESU MODELOWANIA KARTOGRAFICZNEGO W URZĘDOWYCH BAZACH DANYCH REFERENCYJNYCH W POLSCE

DESCRIPTION OF THE CARTOGRAPHIC MODELING PROCESS IN OFFICIAL REFERENCE DATA BASES IN POLAND

**Maria Andrzejewska¹, Bartłomiej Bielawski², Andrzej Głazewski³,
Dariusz Gotlib³, Paweł Kowalski³, Robert Olszewski³, Wiesław Ostrowski⁴**

¹GRID Warszawa, ²Intergraph Polska, ³Zakład Kartografii, Politechnika Warszawska,

⁴Katedra Kartografii, Uniwersytet Warszawski

Słowa kluczowe: dane referencyjne, MRDB, infrastruktura informacji przestrzennej, modelowanie kartograficzne

Keywords: reference data, MRDB, spatial information infrastructure, cartographic modeling

Wprowadzenie

Pomimo ogromnego rozwoju technologicznego obserwowanego w ostatnich latach i powszechnego wykorzystywania cyfrowych formatów zapisu danych, w tym danych przestrzennych, podstawowe zasady dotyczące kartograficznych metod modelowania przestrzeni pozostały niezmiennie. Przez setki lat ludzie opisywali otaczającą nas przestrzeń posługując się językiem kartografii – rysowali mapy, analizowali je i wykorzystywali do orientacji. Współczesnym sposobem odwzorowania przestrzeni geograficznej są modele baz danych przestrzennych, a podstawowym narzędziem do ich budowy – systemy informacji geograficznej. Powstające lawinowo serwisy mapowe typu Google Maps, Yahoo Maps, jak i portale geoinformacyjne, takie jak: Geodata.gov, OS OpenSpace, Geoportail.fr, IIEE i inne, sprawiają, iż informacja przestrzenna staje się powszechnie dostępna. Konkurencja w tym segmencie rynku powoduje jednocześnie wzrost dbałości o jakość informacji geograficznej i opisujących ją metadanych. W dobie rozwoju społeczeństwa informacyjnego istotnego znaczenia nabiera także dostarczanie zaawansowanych usług geoinformacyjnych, a nie tylko „surowych” danych przestrzennych. Usługi internetowe są tym dla rozwoju geomatyki, czym stały się systemy informacji geograficznej w epoce przedinternetowej – dostarczają niezbędnych narzędzi analitycznych umożliwiających przekształcenie owych „surowych” danych w użyteczną informację. U podstaw pozostaje jednak zawsze odpowiednie modelowanie rzeczywistości: cyfrowa inwentaryzacja otaczającej przestrzeni i budowanie baz danych referencyjnych.

Istotne jest zatem, aby dla obszaru całego kraju dostępny był powszechnie wykorzystywany zbiór danych referencyjnych. Pod tym pojęciem rozumie się zbiór danych przestrzennych, które stanowią podstawę do gromadzenia danych specjalistycznych o charakterze tematycznym. Przez wiele lat podstawowym źródłem referencyjnej informacji topograficznej były analogowe mapy topograficzne. Współcześnie opracowywane mapy w różnych skalach, zaczęto zastępować bazami danych przestrzennych o różnym stopniu szczegółowości i dokładności.

Powstające pod koniec ubiegłego wieku systemy informacji geograficznej budowane były jako odrębne, z reguły hermetyczne, rozwiązania informatyczne. Dane przestrzenne odnoszące się do tego samego obszaru były gromadzone wielokrotnie przez różne instytucje, w różnych narzędziach GIS, różnych formatach, z różną dokładnością i zapisywane w różnych strukturach baz danych. Powodowało to nie tylko redundancję, lecz także znacząco podnosiło koszty tworzenia systemów GIS i utrudniało współpracę instytucjonalną. W latach 90. XX wieku wprowadzono pojęcie infrastruktury danych przestrzennych (ang. *Spatial Data Infrastructure*, SDI), określanej współcześnie mianem infrastruktury informacji przestrzennej (IIP). W USA już w 1994 r. wprowadzono normy prawne implemetujące ogólne koncepcje SDI (ustawa Executive Order ustanawiająca NSDI w skali kraju oraz określająca standard narodowego zasobu danych przestrzennych USA). Koncepcja harmonizacji baz danych, gromadzenia i udostępniania metadanych oraz budowy infrastruktury danych przestrzennych jest wdrażana obecnie także na innych kontynentach. W Europie realizowana jest, uchwalona 14 marca 2007 r. dyrektywa nr 2007/2/EC definiująca INSPIRE (*IN*frastructure for *SP*atial *IN*foRmation in Europe) – europejską infrastrukturę informacji przestrzennej. Skutkuje ona m.in. koniecznością współtworzenia danych przestrzennych przez instytucje publiczne w celu ograniczenia kosztów z tym związanych. Każdy kraj należący do Unii Europejskiej ma obowiązek ustanowienia własnych aktów prawnych wprowadzających założenia dyrektywy INSPIRE. W Polsce stało się to za sprawą ustawy z dnia 4 marca 2010 r. o infrastrukturze informacji przestrzennej. Zgodnie z ustawą, dla obszaru całego kraju, prowadzi się m.in. bazy danych obiektów topograficznych oraz obiektów ogólnogeograficznych.

Wdrożenie w Polsce dyrektywy INSPIRE wymaga jednak nie tylko transpozycji prawnej odpowiednich zapisów, lecz także opracowania wielu rozwiązań technologicznych, umożliwiających praktyczną implementację idei harmonizacji i interoperacyjności danych i usług przestrzennych. Jednym z kluczowych zadań jest więc opracowanie kompleksowego modelu bazy georeferencyjnej oraz technologii zasilania jej komponentów danymi źródłowymi o wysokiej dokładności. Jest to zatem zagadnienie tożsame z procesem modelowania kartograficznego na wielu poziomach uogólnienia pojęciowego, wymagające zastosowania technik generalizacji informacji geograficznej oraz wykorzystania idei tzw. wielorozdzielczej bazy danych MRDB (ang. *multirepresentation/multiscale/multiresolution data base*).

Modelowanie kartograficzne

Kartografia jest dziedziną wiedzy, która zajmuje się modelowaniem informacji przestrzennej oraz jej obrazowaniem – geowizualizacją. Przedmiotem zainteresowania kartografii jest zarówno opis świata rzeczywistego, organizowanie informacji dotyczących tego opisu w bazach danych przestrzennych, jak i zasady wizualizacji danych geograficznych oraz ich udostępniania (Gotlib, Iwaniak, Olszewski, 2007). Metodyka kartograficzna umożliwia zasi-

lanie systemów informacji geograficznej koncepcjami (np. sposobu organizacji zapisu informacji przestrzennej), które rodziły się na długo przed pojawieniem się informatyki, i które umożliwiają uporządkowanie informacji, prowadzą też do tworzenia modeli przestrzeni geograficznej. Można więc stwierdzić, iż wielowiekowa metodyka kartograficzna leży u podstaw modelowania otaczającej rzeczywistości geograficznej zarówno w postaci klasycznej mapy analogowej, jak i bazy danych referencyjnych. Pomimo rozwoju technologicznego podstawowe sposoby kartograficznego modelowania przestrzeni geograficznej pozostają niezmiennie. Rozwój systemów informatycznych przyczynia się bowiem do udoskonalenia sposobu cyfrowego przetwarzania informacji geograficznej, dziedzictwo wiedzy kartograficznej określa natomiast metodykę zarówno sposobu modelowania przestrzeni, jak i wizualizacji zgromadzonych danych.

Kartografia jest nauką metodyczną o modelowaniu i obrazowaniu czasoprzestrzennych struktur informacyjnych w postaci map opisujących wielowymiarową rzeczywistość (Makowski, 2005). W tym ujęciu model definiowany jest jako specyficzne odwzorowanie bytów rzeczywistych z pominięciem nieistotnych cech i związków. Służy on ukazaniu charakterystycznych aspektów badanego fragmentu rzeczywistości w stopniu umożliwiającym jego poznanie (Weibel, 1991; 1995). Model ten, uwzględniający cel i przeznaczenie opracowania, może być abstrahowany na dowolnie zdefiniowanym poziomie uogólnienia pojęciowego, a więc nie tylko pierwotne opracowanie mapy lub referencyjnej bazy danych przestrzennych, lecz także opracowanie pełnego szeregu skalowego map pochodnych (lub uogólnionych pojęciowo i geometrycznie baz danych) jest procesem modelowania kartograficznego.

Podstawą modelowania kartograficznego jest założenie, iż proces tworzenia mapy (a także bazy danych przestrzennych) musi być poprzedzony procesem poznania przestrzennych aspektów rzeczywistości (Ostrowski, 2008): rozkładu przestrzennego obiektów i zjawisk, ich wzajemnych interakcji, a także procesów kształtujących przestrzeń geograficzną i przejawiających różną intensywność w zależności od rozpatrywanej skali obserwacyjnej. Dopiero to poznanie pozwala na modelowanie wyższych poziomów uogólnienia pojęciowego i stosowanie algorytmów redukcji i uproszczeń geometrycznych. Przedmiotem modelowania kartograficznego i istotą generalizacji informacji geograficznej nie są zatem operacje geometryczne dokonywane na poszczególnych elementach graficznych reprezentujących obiekty topograficzne, lecz wynikające ze zrozumienia przestrzeni geograficznej wypuklenie istotnych w danej skali obserwacyjnej obiektów i zjawisk.

Modele danych przestrzennych

Opracowanie mapy lub bazy danych topograficznych wymaga zgromadzenia i zapisania w uporządkowanej strukturze (modelu) danych przestrzennych i związanych z nimi atrybutów opisowych. W domenie kategorii modeli rzeczywistości geograficznej wyróżnia się (Spiess, 2005) modele obrazowe (ang. *image model*), topograficzne (ang. DLM – *digital landscape model*) i kartograficzne (ang. DCM – *digital cartographic model*).

Model topograficzny (Spiess, 2005) budowany jest na podstawie modelu obrazowego (wydzielenie określonych klas obiektów i wektoryzacja poszczególnych elementów) lub w drodze pomiaru bezpośredniego realizowanego w terenie. Model ten jest często nazywany numerycznym modelem krajobrazowym (z ang. *landscape*), modelem analitycznym lub bazodanowym. Model ten zawiera informacje o obiektach (zjawiskach) przestrzennych, zapi-

sane w wektorowym modelu danych. Położenie poszczególnych obiektów, wyznaczających je punktów i ich współrzędnych jest związane z wybraną powierzchnią odniesienia. W modelu tym poszczególne obiekty zachowują ścisłą georeferencję, ich położenie i kształt nie są modyfikowane na drodze redakcji kartograficznej. Pozwala to na pełne, precyzyjne zachowanie topologicznych własności obiektów oraz tworzenie struktur danych, takich jak drzewa lub sieci. Model ten najlepiej oddaje relacje przestrzenne pomiędzy obiektami i może być wykorzystywany do prowadzenia analiz w systemach GIS (rys. 1). Cechą modelu topograficznego jest kompletność opisu geometrycznego na danym poziomie uogólnienia pojęciowego, zachowanie relacji topologicznych pomiędzy obiektami i klasami obiektów i brak symbolizacji kartograficznej.

Numeryczny model kartograficzny powstaje przez redakcję danych topograficznych (zmiana reprezentacji graficznej, dyslokacja, wygładzenie, obrót, nadanie stylu graficznego itp.), mającą na celu uczynienie wizualne zgromadzonych danych. Model ten przekazuje informacje o obiektach (zjawiskach) za pomocą ustalonych konwencji graficznych – systemu znaków kartograficznych. Jest więc obrazem przestrzeni geograficznej, który został przygotowany do bezpośredniego odbioru za pomocą zmysłów człowieka. Własności topologiczne pomiędzy poszczególnymi obiektami są w tym modelu zachowywane w sposób pośredni – mogą być odczytywane metodą interpretacji obrazu.

Bazy danych wielorozdzielczych

W ostatnich latach światową tendencją staje się opracowanie i wykorzystanie technologii MRDB do budowania wielorozdzielczych baz danych referencyjnych (Mackaness, Ruas, Sarjakoski, 2007). Bazy te umożliwiają gromadzenie w spójnej strukturze danych o różnym poziomie uogólnienia pojęciowego lub/i dokładności geometrycznej.

Bazę danych MRDB można określić jako bazę danych przestrzennych umożliwiającą przechowywanie reprezentacji rzeczywistych obiektów geograficznych na różnym poziomie uogólnienia (dokładności, precyzji, skali lub rozdzielczości). Istotą tego podejścia jest zdefiniowanie relacji pomiędzy obiektami reprezentującymi w bazie MRDB rzeczywisty obiekt topograficzny na różnych poziomach generalizacyjnych.

Korzystając z bazy MRDB uzyskuje się:

- możliwość prowadzenia wieloskalowej analizy danych przestrzennych,
- możliwość automatycznego zasilania (propagacji) bazy danych na wielu poziomach skalowych na podstawie aktualizacji modelu podstawowego,
- automatyzację procesu zasilania danymi przestrzennymi systemów produkcji map na różnym poziomie skalowym.

Baza taka zawiera wszystkie klasy obiektów niezbędne do opracowania map w skalach mniejszych od bazy źródłowej. Proces tworzenia map polega w tym przypadku w dużej mierze jedynie na wykonaniu generalizacji kształtu, położenia, eliminacji obiektów niespełniających kryteriów wielkościowych oraz na wykonaniu redakcji mapy (wygenerowanie i ustalenie opisów, odsunięcia obiektów, nadanie symboliki itp.).

Przy konstruowaniu bazy danych MRDB najistotniejszym zagadnieniem jest utworzenie powiązań (ang. *links*) pomiędzy obiektami na różnych poziomach uogólnienia. Istnieją dwa potencjalne sposoby rozwiązania tego problemu:

- 1) utworzenie połączeń pomiędzy obiektami reprezentującymi obiekt topograficzny,
- 2) opracowanie nowego poziomu generalizacyjnego bazy na podstawie podstawowego modelu topograficznego.

Zastosowanie drugiego z omawianych podejść jest relatywnie proste, pozostawia bowiem znaczną swobodę w konstruowaniu modelu pojęciowego bazy dla danych uogólnionych. Utworzenie połączeń pomiędzy obiektami bazodanowymi reprezentującymi rzeczywisty obiekt w dwóch różnych, predefiniowanych bazach danych przestrzennych, z reguły wiąże się z wieloma poważnymi problemami, zarówno natury koncepcyjnej jak i technologicznej. Szczególnie problematyczne może być zbudowanie jednoznacznych relacji pomiędzy bazami danych topograficznych o zróżnicowanym modelu pojęciowym i przeznaczeniu (np. bazy cywilne i wojskowe).

Istnieje kilka metod wzajemnej identyfikacji obiektów na różnych poziomach bazy MRDB:

- wariant atrybutowy zakłada, że wszystkie obiekty przechowywane są w jednym zbiorze danych, różnicowanie poziomu uogólnienia (*Level of Details* – LoD) realizowane jest przez określenie specyficznych, właściwych dla danego poziomu atrybutów geometrycznych i opisowych,
- wariant „z dołu do góry” (*bottom-up*) zakłada istnienie dwóch lub więcej zbiorów danych, połączonych atrybutem określającym LoD na danym poziomie uogólnienia,
- wariant „z góry na dół” (*top-down*) umożliwia budowanie połączeń od obiektu uogólnionego do elementów źródłowych (np. od terenu zabudowy zwartej do poszczególnych budynków).

Baza Danych Georeferencyjnych

Na początku XXI w. infrastrukturę informacji przestrzennej w Polsce tworzyły trzy bazy danych referencyjnych: TBD, VMap L2 oraz BDO (Gotlib, Iwaniak, Olszewski, 2007). W oparciu o wymienione bazy danych w latach 2002–2003 powstała w Głównym Urzędzie Geodezji i Kartografii „Koncepcja Krajowego Systemu Informacji Geograficznej”. Aby możliwy był przepływ danych pomiędzy poszczególnymi komponentami KSIG, konieczna była jednak harmonizacja modelu pojęciowego, wchodzących w jego skład wymienionych baz danych o charakterze referencyjnym. Są to bowiem oddzielne bazy opracowane dla różnych poziomów skalowych, niepowiązane ze sobą w żaden sposób, opracowane na podstawie innych źródeł danych, pod kątem nieco innych zastosowań i powstające w innych uwarunkowaniach organizacyjno-technologicznych. Bazę Danych Topograficznych należy uznać za produkt spełniający wspomnianą wcześniej ideę separacji baz danych przestrzennych od opracowań kartograficznych (komponent TOPO i NMT zgodny z modelem topograficznym oraz komponent KARTO zgodny z modelem kartograficznym). Wytworzona w latach 2000–2005 baza VMap L2 (pierwszej edycji) jest natomiast produktem hybrydowym, bez wyraźnego rozdzielenia cech modelu DLM i DCM.

Ze względu na fakt zaniechania współpracy cywilnej i wojskowej służby topograficznej, kontynuacja prac nad uspołnieniem baz TBD i VMap stała się jednak bezcelowa. Tym istotniejsze stało się zatem ściśle powiązanie dwóch urzędowych baz danych referencyjnych o skrajnie zróżnicowanym modelu pojęciowym, aktualności, dokładności geometrycznej i formacie zapisu danych: TBD i BDO.

Celem autorów artykułu była zatem integracja modeli pojęciowych baz danych TBD i BDO. Chodziło o opracowanie takiego modelu danych, aby umożliwił gromadzenie w jednej wielorozdzielczej bazie danych zarówno danych topograficznych, jak i uogólnionych danych przestrzennych do celów analiz i opracowań przeglądowych. Model pojęciowy Bazy Danych Georeferencyjnych (BDG) powinien zagwarantować:

- kompletny opis terenu z określonym poziomem szczegółowości,
- wydzielenie obiektów ciągłego pokrycia terenu z wykorzystaniem kryterium fizjonomicznego (kompleksy pokrycia terenu),
- identyfikację obiektów użytkowania terenu pod kątem pełnionych przez nie funkcji (kompleksy użytkowania terenu),
- jednoczesne występowanie klas obiektów, szczegółowych i zagregowanych (np. budynki i tereny zabudowy lub jezdnie dróg i drogi) koniecznych do odpowiedniego przedstawienia danych o różnych skalach bazowych.

Przygotowywane obecnie (m.in. przez autorów artykułu) rozporządzenie wykonawcze (Rozporządzenie, projekt) do ustawy o infrastrukturze informacji przestrzennej (Ustawa, 2010), implementującej w Polsce zapisy dyrektywy INSPIRE, uwzględnia ww. założenia koncepcyjne. Budowana na podstawie tego rozporządzenia Baza Danych Georeferencyjnych będzie tworzona jako baza typu MRDB złożona z dwóch komponentów topograficznych: TOPO10 i TOPO250 oraz komponentów kartograficznych: KARTO10, KARTO25, KARTO50, KARTO100, KARTO250, KARTO500 i KARTO1000 (rys. 2). Dla rozwoju geoinformacji w Polsce szczególnie ważne jest zatem opracowanie metodyki budowy dwupoziomowej struktury bazy BDG (zasilania w procesie generalizacji komponentu TOPO250 danymi TOPO10), a także wizualizacji kartograficznej danych referencyjnych oraz ich wieloskalowej analizy.

Zintegrowany model danych musi dawać możliwości przedstawienia obiektów stanowiących komponenty TOPO10 i TOPO250. Model BDG w znacznym stopniu opiera się na modelu TBD w wersji 2.0.4, jednak został znacznie rozszerzony w zakresie tych klas obiektów, których zarówno reprezentacja geometryczna, jak i atrybutyzacja dla prezentacji w skalach przeglądowych, odbiega od modelu topograficznego. Dotyczy to zwłaszcza sieci komunikacyjnych dla których, poza osiami jezdni, w bazie muszą znaleźć się także osie dróg oraz węzły drogowe – obiekty reprezentujące sieć drogową w TOPO250 (rys. 3).

Innym przypadkiem nie występującym dotychczas w bazie danych topograficznych jest punktowa reprezentacja miejscowości. Zmiana reprezentacji geometrycznej umożliwiła zasilenie danych komponentu TOPO250 danymi TOPO10. Umożliwiła też zastosowanie idei niezmienników przestrzennych, pełniących istotną rolę np. w generalizacji danych.

Przewidziano też dodatkowe tabele danych opisowych (zwane tabelami wykazowymi), w których gromadzone będą informacje o obiektach takich jak: porty morskie i rzeczne, lotniska (np. kody IATA i ICAO) elektrownie czy zakłady przemysłowe (np. klasyfikacja branżowa). Podstawowa charakterystyka tych obiektów, które w TBD reprezentowane były jako kompleksy użytkowania terenu, jest niezbędna do opracowań pochodnych (w skalach przeglądowych).

W ramach założeń koncepcyjnych zrezygnowano z identyfikacji w modelu BDG elementów charakterystycznych dla modeli kartograficznych, takich jak: nazwa, linia brzegowa (obok obszaru wody), linia pomocnicza, granica czy siatka geograficzna. Obiekty te, występujące np. w dotychczasowej strukturze BDO, jako elementy kartograficzne pojawiają się na etapie wizualizacji i przechowywane będą w komponentach KARTO – w odpowiedniej skali.

Ważnym elementem BDG są tabele słownikowe (listy kodowe). Wartości słownikowe, w większości zaczerpnięte ze specyfikacji TBD, zostały usystematyzowane. W przypadku,

Tabela 1. Słownik zagregowany BDG (fragment)

		[SL_MATERIAL_NAW]		
		wartości zagregowane	wartości szczegółowe	
MATERIAL_NAWIERZCHNI Materiał nawierzchni jezdni	T	Twarda	Br	bruk
			Bt	beton
			Kk	kostka kamienna
			Kl	klinkier
			Kp	kostka prefabrykowana
			Mb	masa bitumiczna
	U	Utwardzona	Pb	płyty betonowe
			Tl	tłuczeń
			Zw	żwir
	G	Gruntowa	Gz	stabilizowana żwirem lub żuzłem
			Gr	grunt naturalny

gdy atrybut ma charakter liczbowy – np. liczba pasów, położenie (poziom) w stosunku do powierzchni gruntu, szerokość, to przyjmowane są wartości liczbowe. Jeśli atrybuty nie dotyczą słownikowych wartości liczbowych, czy logicznych, to stosowane są tekstowe, unikalne oznaczenia kodowe. Cechą charakterystyczną BDG jest występowanie słowników hierarchicznych, w których zastosowanie konkretnej wartości jest uzależnione od poziomu szczegółowości danych referencyjnych (tab. 1). Wartości zagregowane stosuje się wyłącznie w TOPO250, natomiast wartości szczegółowe wyłącznie w TOPO10. Wartości, które się nie agregują mogą być wykorzystywane zarówno w TOPO10, jak i w TOPO250.

TOPO10 i TOPO250

Celem budowy komponentu TOPO10 (a także TOPO250) jest wykorzystanie zgromadzonych danych do wszelkiego rodzaju analiz opartych o informacje przestrzenne, do integracji z innymi bazami tematycznymi GIS, dla innych opracowań (tematycznych, militarnych, branżowych, planistycznych) oraz lokalizacji obiektów. Model pojęciowy TOPO10 odpowiada zakresowi informacyjnemu mapy topograficznej w skali 1:10 000. Jednym z zastosowań bazy TOPO10 jest system produkcji urzędowych map topograficznych w skalach 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000 i 1:100 000 oraz map tematycznych w tych skalach, np. sozologicznej, hydrograficznej, geologicznej itp. Baza TOPO250 może być natomiast wykorzystywana do takich zastosowań jak:

- planowanie przestrzenne oraz analizy na poziomie krajowym i europejskim,
- wizualizacja zjawisk, obiektów i procesów na poziomie ogólnokrajowym do celów statystycznych, studialnych, koncepcyjnych w zakresie ochrony środowiska, rozwoju infrastruktury, zjawisk demograficznych, ochrony zdrowia, gospodarki, edukacji,
- produkcja map w skalach 1:250 000 i mniejszych,
- zasilanie w dane referencyjne specjalistycznych systemów GIS o małej szczegółowości informacji.

Komponent TOPO10 bazy BDG jest tworzony w oparciu o wektoryzację ortofotomapy cyfrowej, pomiary bezpośrednie, wykorzystanie wielkoskalowych opracowań kartograficznych (mapa zasadnicza) oraz danych zawartych w innych rejestrach prowadzonych przez instytucje publiczne. Zakłada się, że źródłem danych komponentu TOPO250 są wyłącznie dane z TOPO10.

Zastosowane w modelu pojęciowym BDG definicje obiektów zostały opracowane na trzech poziomach klasyfikacyjnych: od ogólnych do bardziej szczegółowych, bez odnoszenia się do konkretnej skali referencyjnej i określania minimalnych wielkości powierzchni oraz długości. Na pierwszym poziomie klasyfikacyjnym zdefiniowano następujące kategorie: Sieci cieków (SW), Sieci dróg i kolei (SK), Sieci uzbrojenia terenu (SU), Kompleksy pokrycia terenu (PK), Budowle i urządzenia (BB), Kompleksy użytkowania terenu (KU), Obiekty inne (OI), Tereny chronione (TC), Podziały administracyjne (AD). Dla przykładu Sieci cieków na drugim poziomie klasyfikacyjnym dzielą się na: Odcinki rzek i strumieni, Odcinki kanałów i Odcinki rowów melioracyjnych. Na trzecim poziomie w tej kategorii znajdują się takie wydzielenia jak: Rzeka, Strumień, Kanał, Rów melioracyjny zbiorczy, Rów melioracyjny zwykły. Dzięki takiemu podejściu możliwe jest nie tylko kompleksowe definiowanie i kodowanie wszystkich obiektów w komponentach TOPO10 i TOPO250, ale również swobodne profilowanie prezentacji kartograficznych dla różnych skal.

Model danych przestrzennych TOPO250, podobnie jak komponentu TOPO10, jest zgodny z założeniami modelu topograficznego danych przestrzennych. Zakres tematyczny TOPO250 odpowiada przeglądowej mapie ogólnogeograficznej w skali 1:250 000. Podobnie jak w TOPO10 zastosowano tu trójpoziomą hierarchizację klas obiektów. Ze względu jednak na konieczne uogólnienia, niektóre klasy obiektów występujące w TOPO10 nie są reprezentowane w TOPO250, np. budynki, budowle sportowe, obiekty przyrodnicze, obiekty związane z komunikacją. Różnice w modelu danych polegają również na wprowadzeniu

Tabela 2. Różnice pomiędzy modelem danych BDO i TOPO250

Lp.	Poziom 1 – BDO (tematy)	Poziom 1 – BDG
1.	PODZIAŁ ADMINISTRACYJNY	AD – Podziały administracyjne
2.	HYDROGRAFIA	SW – Sieci cieków PK – Kompleksy pokrycia terenu BB – Budowle i urządzenia OI – Obiekty inne
3.	TRANSPORT	SK – Sieci dróg i kolei BB – Budowle i urządzenia OI – Obiekty inne
4.	OSADNICTWO	SU – Sieci uzbrojenia terenu PK – Kompleksy pokrycia terenu KU – Kompleksy użytkowania terenu AD – Podziały administracyjne
5.	POKRYCIE TERENU	PK – Kompleksy pokrycia terenu
6.	OBSZARY CHRONIONE	TC – Tereny chronione
7.	RZEŻBA
8.	NAPISY	brak odpowiednika
9.	SIATKA	brak odpowiednika

alternatywnych typów geometrycznych do pewnych klas obiektów, np. zastąpienie geometrii powierzchniowej reprezentacją punktową, która w strukturze TOPO10 dla danej klasy nie występuje, np. dla budowli hydrotechnicznych.

W porównaniu do struktury Bazy Danych Ogólnogeograficznych najistotniejszą zmianą w TOPO250 jest rezygnacja z podziału tematycznego, charakterystycznego dla BDO, na rzecz podziału technicznego, stosowanego dotychczas w TBD (tab. 2). Istnieje jednak możliwość ekstrakowania warstw tema-

tycznych z BDG przez odpowiednią selekcję obiektów i skomponowanie odpowiedniej wizualizacji. Opracowanie wspólnej systematyki obiektów ułatwi nie tylko zarządzanie BDG na etapie zasilania, ale także aktualizację danych TOPO250 na podstawie TOPO10.

Zasilanie TOPO250 danymi TOPO10

Zasilenie danymi komponentu TOPO250 odbywa się poprzez tzw. generalizację modelu (ang. *model generalization*) danych TOPO10. Zastosowanie generalizacji modelu jest warunkowane tym, że zarówno dane źródłowe, jak i wynikowe mają zawierać reprezentację położenia, kształtu i wielkości obiektów w układzie odniesienia z założoną dokładnością modelu topograficznego. Dzięki temu, że TOPO10 jest wyłącznym źródłem danych, wszystkie obiekty występujące w TOPO250 charakteryzują się zbliżoną dokładnością położenia i zachowaniem niezbędnych relacji topologicznych. Szczególną rolę ma zachowanie precyzyjnej lokalizacji tzw. niezmienników geometrycznych (np. punktów węzłowych) wykorzystywanych w procesie tworzenia i aktualizacji TOPO250.

Z założenia obiekty bazy danych odzwierciedlają prawidłowe relacje topologiczne pomiędzy modelowanymi obiektami świata rzeczywistego. W procesie tworzenia bazy TOPO250 przyjmuje się więc zasadę, że przebiegi granic administracyjnych, zasięgi miejscowości oraz granice terenów chronionych powinny być uszójnione z przebiegiem innych obiektów liniowych, takich jak rzeki i drogi lub obiektów obszarowych, jak lasy i zbiorniki wodne, z zachowaniem odpowiednich relacji przestrzennych.

W przeprowadzonych badaniach zaproponowano ogólną metodykę automatycznego zasilania komponentu TOPO250 danymi TOPO10. Opracowano także prototypowy system informatyczny umożliwiający implementację i testowanie tego procesu. W ramach prowadzonych prac testowych przyjęto założenie, aby w maksymalnym stopniu bazować na funkcjonalności dostępnej w istniejącym na rynku oprogramowaniu GIS. Celem badań było bowiem głównie opracowanie koncepcji automatycznej propagacji informacji geograficznej w wieloskalowej bazie danych topograficznych, nie zaś optymalizacja informatyczna tego procesu. Do prac testowych wykorzystano pakiety GeoMedia Professional i ArcGIS, rozszerzone o dedykowane funkcje generalizacyjne (Karyś, 2010). Docelowa implementacja funkcjonalności systemu będzie realizowana bezpośrednio w środowisku narzędziowym bazy danych Oracle Spatial 10g. Przy tworzeniu wersji testowej istotną rolę odgrywało dobranie narzędzi GIS umożliwiających zachowanie w trakcie procesu generalizacji relacji topologicznych pomiędzy poszczególnymi obiektami, a zwłaszcza klasami obiektów. Decydującym czynnikiem przy ocenie przydatności oprogramowania była obsługa tzw. modelu topologicznego danych oraz użycie tego modelu w procesie generalizacji. Dane uzyskane w wyniku działania programu zostały poddane ocenie. Dokonano ich porównania z danymi źródłowymi oraz istniejącymi bazami danych o zbliżonej szczegółowości (Baza Danych Ogólnogeograficznych). W oparciu o dostępne w pakietach GeoMedia i ArcGIS komponenty stworzono narzędzia, które automatyzują proces generowania bazy danych TOPO250.

Podstawowymi operatorami generalizacji modelu topograficznego są: selekcja (celowy wybór) oraz uproszczenie i agregacja atrybutowo-przestrzenna. Na podstawie analizy danych źródłowych, a także pożądanego rezultatu, autorzy opracowali tabelę kryteriów wyboru poszczególnych obiektów ze źródłowej bazy danych TOPO10 (tab. 3). Tabela ta pozwoliła na opracowanie bazy wiedzy systemu generalizacji przez dobór odpowiednich war-

Tabela 3. Parametryzacja generalizacji modelu TOPO10 do TOPO250

Lp.	Klasa	Kod klasy	Selekcja	Agregacja
1	Odcinki rzek i strumieni	SWRS_L	cieki główne (PRZEBIEG_CIEKU = 'Cgl') o długości powyżej 4 km (klasa CIEKI, atrybut DLUGOSC >= 4.0), stałe (OKRESOWOSC = 0), płynące po powierzchni ziemi (POLOZENIE_CIEKU = 1), ramiona poboczne o długości powyżej 750 m (PRZEBIEG_CIEKU = 'Rbc' and CIEKI.DLUGOSC >= 0.75)	segmenty o identycznych wartościach atrybutów (przy czym: RODZAJ_RZEKI = 'RS', jedno ID_CIEKU dla cieków jako całości, z relacyjnie powiązanej tabeli CIEKI, POLOZENIE_CIEKU = 1), attribut SZEROKOSC – wartość średnia
2	Odcinki kanałów	SWKN_L	kanały główne (PRZEBIEG_CIEKU = 'Cgl') o długości powyżej 4 km (klasa CIEKI, atrybut DLUGOSC >= 4.0), stałe (OKRESOWOSC = 0), płynące po powierzchni ziemi (POLOZENIE_CIEKU = 1), ramiona poboczne o długości powyżej 750 m (PRZEBIEG_CIEKU = 'Rbc' and CIEKI.DLUGOSC >= 0.75)	segmenty o identycznych wartościach atrybutów (przy czym: jedno ID_CIEKU dla cieków jako całości, z relacyjnie powiązanej tabeli CIEKI, POLOZENIE_CIEKU = 1), attribut SZEROKOSC – wartość średnia
3	Odcinki rowów melioracyjnych	SWML_L	wszystkie rowy melioracyjne zbiorcze (RODZAJ_ROWU_MEL = 'Rb') i wybór rowów melioracyjnych zwykłych (RODZAJ_ROWU_MEL = 'Rm')	uwzględnić wzajemne relacje przestrzenne (min. odległość 500m) i relacje topologiczne z obiektami klas SWRS_L, SWKN_L

tości plików parametrycznych, sterujących procesem selekcji atrybutowo-geometrycznej poszczególnych obiektów. Zdefiniowane i zapisane w formie tabeli kryteria konwertowane są automatycznie do postaci plików parametrycznych XML, umożliwiającą sterowanie procesem generalizacji.

Uproszczenie geometryczne realizowane jest przy wykorzystaniu algorytmu iteracyjnego Wanga, rozbudowanego o zachowywanie relacji topologicznych pomiędzy poszczególnymi klasami obiektów i obiektami. W przypadkach koniecznych system informatyczny dokonuje także zmiany reprezentacji geometrycznej (redukcji wymiaru topologicznego) poszczególnych obiektów.

Zaproponowana przez autorów metoda zasilania bazy danych TOPO250 danymi TOPO10 zakłada wykorzystanie 7 różnych operatorów generalizacji. Najistotniejszą rolę odgrywają jednak:

- 1) selekcja (wybór obiektów wg zaproponowanych kryteriów geometryczno-trybutowych),
- 2) agregacja,
- 3) uproszczenie, pozwalające na zachowanie istotnych relacji topologicznych pomiędzy poszczególnymi obiektami i klasami obiektów.

Procedura agregacji obszarów została użyta przy generalizacji kompleksów pokrycia terenu. Po lewej stronie rysunku (rys. 4a, 4b) znajdują się kompleksy pokrycia terenu pochodzące z bazy źródłowej (TOPO10), po prawej (rys. 4c, 4d) z bazy wynikowej (TOPO250) – obrazujące ten sam obszar. Zastosowana procedura agregacji umożliwiła integrację początk-

kowo rozłącznych obszarów. W procesie generalizacji zachowywany jest także chorochromatyczny podział kompletny i zupełny kompleksów pokrycia terenu.

Opracowanie komponentów KARTO

Celem budowy komponentów KARTO jest wykorzystanie ich do drukowania map topograficznych oraz jako podkładu kartograficznego (tła) w produkcji map tematycznych. Zgodnie z założeniami BDG (rys. 2) produkty kartograficzne opracowywane są na podstawie komponentów TOPO10 i TOPO250, co w sposób zasadniczy różnicuje proces redakcji kartograficznej map w skalach pochodnych: 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000 (z TOPO10) oraz 1:500 000, 1:1 000 000 (z TOPO250), wprowadzając w proces opracowania kartograficznego element generalizacji geometrycznej obiektów. Opracowania kartograficzne będące zasobem BDG przygotowywane są według zdefiniowanych, spójnych zasad w zakresie redakcji map oraz przy wykorzystaniu określonych bibliotek znaków.

Autorzy artykułu po raz pierwszy w historii polskiej kartografii podjęli próbę opracowania spójnego szeregu skalowego map topograficznych w skalach 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000 i 1:100 000 oraz map przeglądowych w skalach 1:250 000, 1:500 000 i 1:1 000 000. Podstawą opracowania tych map będzie generalizacja i wizualizacja dwupoziomowej Bazy Danych Georeferencyjnych. Komponent TOPO10 tej bazy będzie wykorzystany do opracowania map topograficznych, a komponent TOPO250 do opracowania map przeglądowych.

Przy opracowaniu koncepcji map w standardzie BDG należało rozwiązać przede wszystkim trzy zasadnicze problemy:

- 1) określenie zakresu treści przedstawianej na mapach w poszczególnych skalach oraz uspoźnienie modeli pojęciowych dla poszczególnych map i ich korelacja z modelem pojęciowym BDG,
- 2) ustalenie zasad generalizacji obiektów w ramach poszczególnych kategorii z jak najpełniejszym wykorzystaniem możliwości jej automatyzacji,
- 3) nadanie poszczególnym mapom szeregu skalowego odpowiedniej, możliwie jednolitej formy graficznej.

Przy doborze elementów treści map kierowano się: funkcjami i sposobami wykorzystania map; pojemnością graficzną określoną przede wszystkim skalą mapy i technologią jej reprodukcji; tradycyjnie ukształtowanym zakresem treści polskich map topograficznych, z niezbędnym uwzględnieniem nowych potrzeb i uwarunkowań.

Na mapie 1:10 000 przedstawionych zostanie 176 kategorii treści. Ich liczba zmniejsza się sukcesywnie w mniejszych skalach, np. w skali 1:100 000 – do 105 kategorii, a w skali 1:1 000 000 – do 46 kategorii.

Podstawą do określenia zakresu treści map projektowanego szeregu skalowego były opracowane w latach 90. XX wieku koncepcje cywilnych map topograficznych w skalach 1:10 000 i 1:50 000, map stanowiących komponent Bazy Danych Ogólnogeograficznych, a także map 1:10 000 w standardzie TBD. Przyjęto bowiem założenie, że nowe mapy powinny nawiązywać, na ile to możliwe, do modeli pojęciowych i rozwiązań graficznych stosowanych na tych mapach. Z drugiej jednak strony niezbędne okazało się wprowadzenie wielu dość istotnych zmian.

W porównaniu do dotychczas opracowanych cywilnych map topograficznych oraz map stanowiących komponent BDO wprowadzono następujące istotne zmiany:

- zrezygnowano z umieszczania na mapach topograficznych punktów osnowy geodezyjnej,
- zmieniono kryteria klasyfikacji dróg, stosując jako kryterium przewodnie klasę drogi (mapy topograficzne) lub kategorię zarządzania (mapy w skalach przeglądowych),
- ujednolicono klasyfikację dróg i ulic, rezygnując z wyróżniania ulic za pomocą odrębnego znaku (skale 1:10 000 – 1:100 000),
- na mapach w skalach 1:25 000 – 1:100 000 wprowadzono klasyfikację budynków wg przewodniej funkcji (mieszkalne, użyteczności publicznej, gospodarcze, przemysłowe, sakralne) oraz obszarów zabudowy zwartej, gęstej wielorodzinnej, jednorodzinnej i przemysłowo-składowej,
- na mapie w skali 1:25 000 wyróżniono obszary zabudowy jednorodzinnej, a na mapach w skalach 1:100 000–1:1 000 000, podobnie jak na cywilnej mapie 1:50 000, wprowadzono klasyfikację zabudowy opartą na kryteriach: funkcjonalnym i fizjonomycznym,
- na mapach w skalach 1:250 000–1:1 000 000 wszystkie przedstawiane miejscowości są reprezentowane przez sygnatury zróżnicowane według liczby mieszkańców.

Na rysunku 5 przedstawiono fragment arkusza mapy topograficznej w skali 1: 50 000 w nowej szacie graficznej.

Podsumowanie i wnioski

Przeprowadzone badania i prace projektowe stanowią zaledwie pierwszy krok do pełnej implementacji w Polsce zapisów ustawy o infrastrukturze informacji przestrzennej. Aby opracować kompletną bazę BDG należy zgromadzić dane przestrzenne dla obszaru pokrytego blisko 17 000 arkuszy mapy topograficznej w skali 1:10 000 oraz uogólnić zgromadzone informacje, a także zadbać o stałą aktualizację tych danych. Kluczowe znaczenie ma także zgromadzenie i udostępnienie w serwerach katalogowych wiarygodnych metadanych opisujących dane referencyjne oraz umożliwienie dostępu do danych i usług przestrzennych w krajowym geoportalu. Istotnym elementem rozwoju IIP w Polsce jest także budowa profesjonalnego systemu zarządzania bazą BDG. Pozwoli to zarówno na obniżenie kosztów półautomatycznej aktualizacji dwóch komponentów topograficznych i siedmiu komponentów kartograficznych, jak i na ułatwienie dostępu do danych zgromadzonych w spójnej pojęciowo i ciąglej obszarowo bazie danych przestrzennych.

Istotnym elementem prac nad rozporządzeniem „referencyjnym” (Rozporządzenie, projekt) było pełne uspołnienie modelu pojęciowego baz TBD i BDO i zastąpienie ich zintegrowanym, dwupoziomowym systemem BDG. Autorzy pokusili się także o próbę pełnej integracji szeregu skalowego map topograficznych i przeglądowych, generowanych z Bazy Danych Georeferencyjnych. Prace te nie są jednak zakończone. Opracowane koncepcje kompozycyjne i graficzne wymagają przeprowadzenia testów na wybranych obszarach o różnym stopniu zainwestowania.

Również proces zasilania uogólnionego komponentu topograficznego bazy BDG danymi źródłowymi TOPO10 wymaga dalszych prac i modyfikacji. Testowane przez autorów artykułu prototypowe systemy informatyczne umożliwiają implementację półautomatycznego procesu zasilania komponentu TOPO250 danymi TOPO10. Bardziej złożony model generalizacji informacji geograficznej powinien w pełni uwzględniać możliwości jakie oferuje baza

danych typu MRDB. Najlepszym, z punktu widzenia nakładów pracy, podejściem jest użycie technologii polegającej na przeniesieniu jedynie zmienionych obiektów z poziomu najdokładniejszego do poziomów mniej dokładnych. Ten sposób aktualizacji wymaga zastosowania w praktyce teorii wieloreprezentacyjnych baz danych (MRDB). W celu dostosowania zaproponowanej technologii do pracy z bazą MRDB należałoby zmodyfikować procedury generalizacji tak, aby zapisywały powiązania pomiędzy obiektami źródłowymi i wynikowymi. Wykorzystując takie powiązanie, przy modyfikacji lub usunięciu obiektu, może zadziałać mechanizm propagacji zmian do pochodnych komponentów bazy danych. Przejście na technologię opartą o MRDB musi poprzedzić dokładne przetestowanie istniejących procedur generalizacji. Zastosowanie MRDB, oprócz usprawnienia procesu aktualizacji bazy danych, ułatwia również wykonywanie analiz przestrzennych w oparciu o dane o różnej dokładności. Istotną trudnością w zastosowaniu praktycznym tego typu systemów jest brak oprogramowania narzędziowego przeznaczonego do zarządzania bazami danych MRDB.

Literatura

- Głazewski A., 2006: Modele rzeczywistości geograficznej a modele danych przestrzennych. *Polski Przegląd Kartograficzny* t.38 nr 3/2006 str.217-225
- Gotlib D., Iwaniak A., Olszewski R., 2007: Budowa Krajowej Infrastruktury Danych Przestrzennych w Polsce. Harmonizacja baz danych referencyjnych. Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Wrocław.
- Karyś A., 2010: Opracowanie technologii tworzenia komponentu TOPO250 Bazy Danych Georeferencyjnych metodą automatycznej generalizacji danych komponentu TOPO10. Praca magisterska opracowana w Zakładzie Kartografii PW pod kierunkiem dr. inż. Roberta Olszewskiego.
- Mackaness W., Ruas A., Sarjakoski T., 2007: Generalisation of geographic information: cartographic modelling and application, Elsevier.
- Makowski (red.), 2005: System informacji topograficznej kraju. Teoretyczne i metodyczne opracowanie koncepcyjne, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa.
- Ostrowski W., 2008: Semiotyczne podstawy projektowania map topograficznych na przykładzie zabudowy. Praca habilitacyjna, Uniwersytet Warszawski.
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji w sprawie sposobu i trybu tworzenia, aktualizacji i udostępniania bazy danych obiektów topograficznych oraz bazy danych obiektów ogólnogeograficznych, a także tworzenia standardowych opracowań kartograficznych – projekt.
- Spiess E., 2005: Topographic Maps. Map Graphics and Generalization. Cartographic Publication Series No. 17, Swiss Society of Cartography.
- Ustawa z dnia 4 marca 2010 r. o infrastrukturze informacji przestrzennej (Dz.U. 2010 nr 76 poz. 489).
- Weibel R., 1991: Amplified intelligence and rule-base systems, [In:] Buttenfield, B. McMaster R. (ed.), Map generalization: making rules for knowledge representation, Longman, London.
- Weibel R., 1995: Map generalization in the context of digital systems, *Cartography and GIS*, vol. 22, no. 4.

Abstract

Development and utilisation of MRDB technology to create multi-resolution reference data bases has recently become a world trend. These data bases allow for collecting data of diversified levels of model generalisation or/and geometric accuracy in a coherent data structure. These trends are also taken into account by the regulation to the Act on the Spatial Information Infrastructure, aimed at implementation of the INSPIRE Directive in Poland. The topographic Georeference Database (BDG), created on the basis of this regulation, will be developed as a MRDB type data base, consisting of two topographic components: TOPO10 and TOPO250 and a series of cartographic components: KARTO10, KARTO25, KARTO50, KARTO100, KARTO250, KARTO500

and KARTO1000. In order to develop geo-information in Poland, it is particularly important to develop the methodology of creation of a two-level structure of the BDG (supplying with TOPO10 data in the process of generalisation of TOPO250 component), as well as cartographic visualisation of reference data and its multiscale analysis.

The objective of creating the TOPO10 (as well as TOPO250) component is to utilise acquired data for various analyses based on spatial information for integration with other thematic GIS data bases and for location of objects. The objective of creating KARTO components is to use them for printing topographic maps and to use them as cartographic background for production of thematic maps.

The TOPO10 component is the basic source topographic database. The TOPO250 is a derivative data base, developed as a result of distinguishing selected TOPO10 elements and their generalisation. The TOPO250 database is a review topographic data base.

Production of official topographic maps at scales of 1:10,000, 1:25,000, 1:50,000 and 1:100,000 as well as thematic maps such as soil, hydrographic, geological maps at the same scales, are selected applications of the TOPO10 database.

The authors developed not only the conceptual model of the BDG, understood as a two-level MRDB type data base, but they also developed an idea of generation of topographic maps at various scales, semi-automatically edited on the basis of the source topographic database.

mgr Maria Andrzejewska
maria@gridw.pl

mgr Bartłomiej Bielawski
bartlomiej.bielawski@intergraph.com

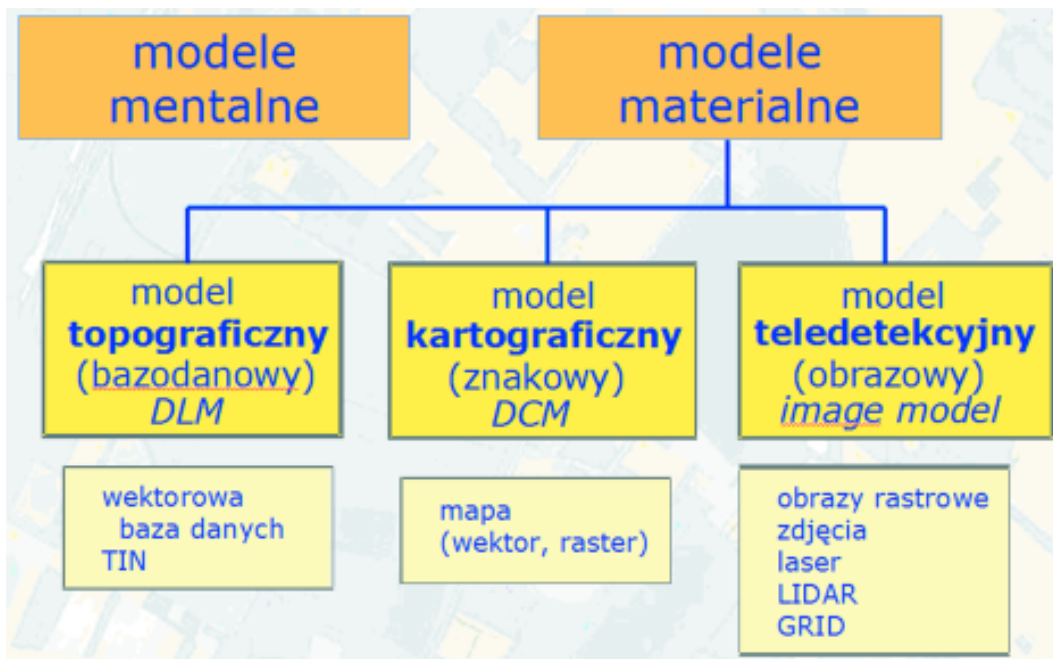
dr inż. Andrzej Głażewski
a.glazewski@gik.pw.edu.pl

dr inż. Dariusz Gotlib
d.gotlib@gik.pw.edu.pl

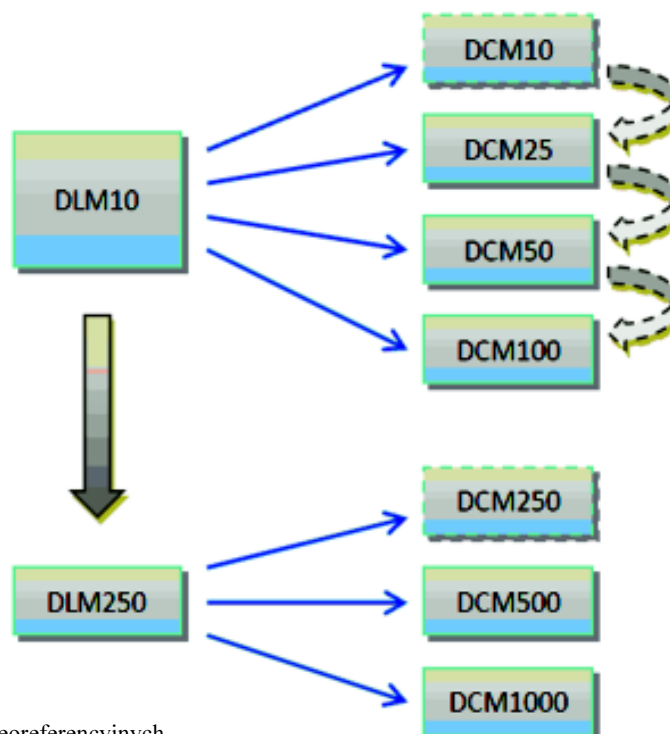
dr inż. Paweł Kowalski
p.kowalski@gik.pw.edu.pl

dr hab. inż. Robert Olszewski
r.olszewski@gik.pw.edu.pl

dr hab. Wiesław Ostrowski
ostrowies@uw.edu.pl



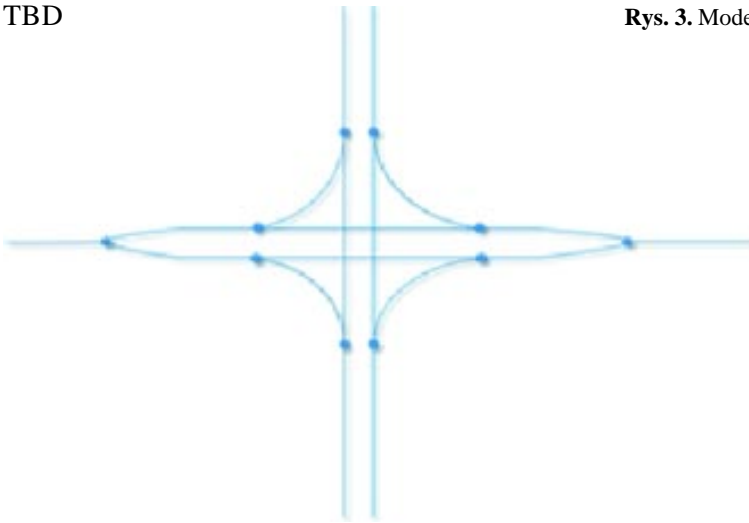
Rys. 1. Relacje pomiędzy modelami danych przestrzennych (Gładzowski, 2006)



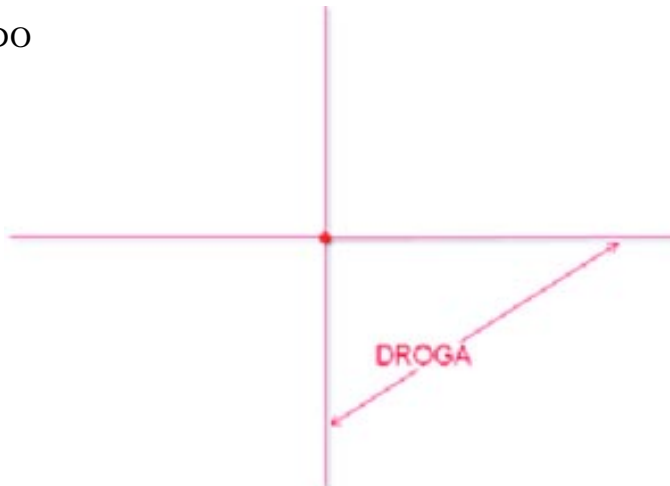
Rys. 2. Komponenty Bazy Danych Georeferencyjnych

Rys. 3. Modelowanie osi jezdni i osi dróg

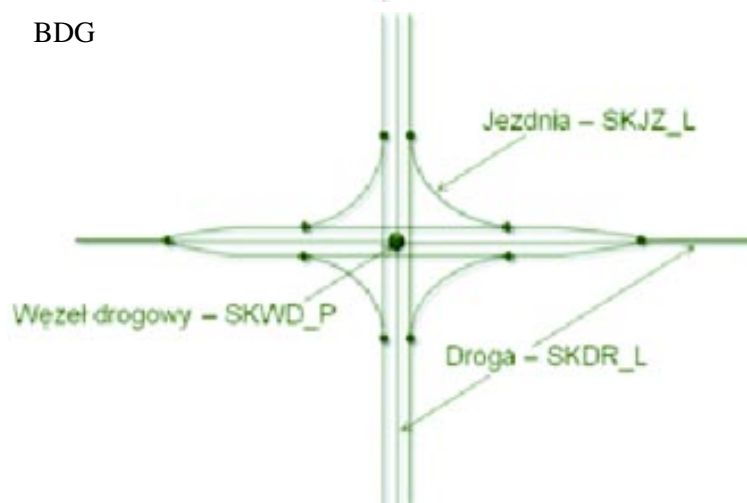
TBD

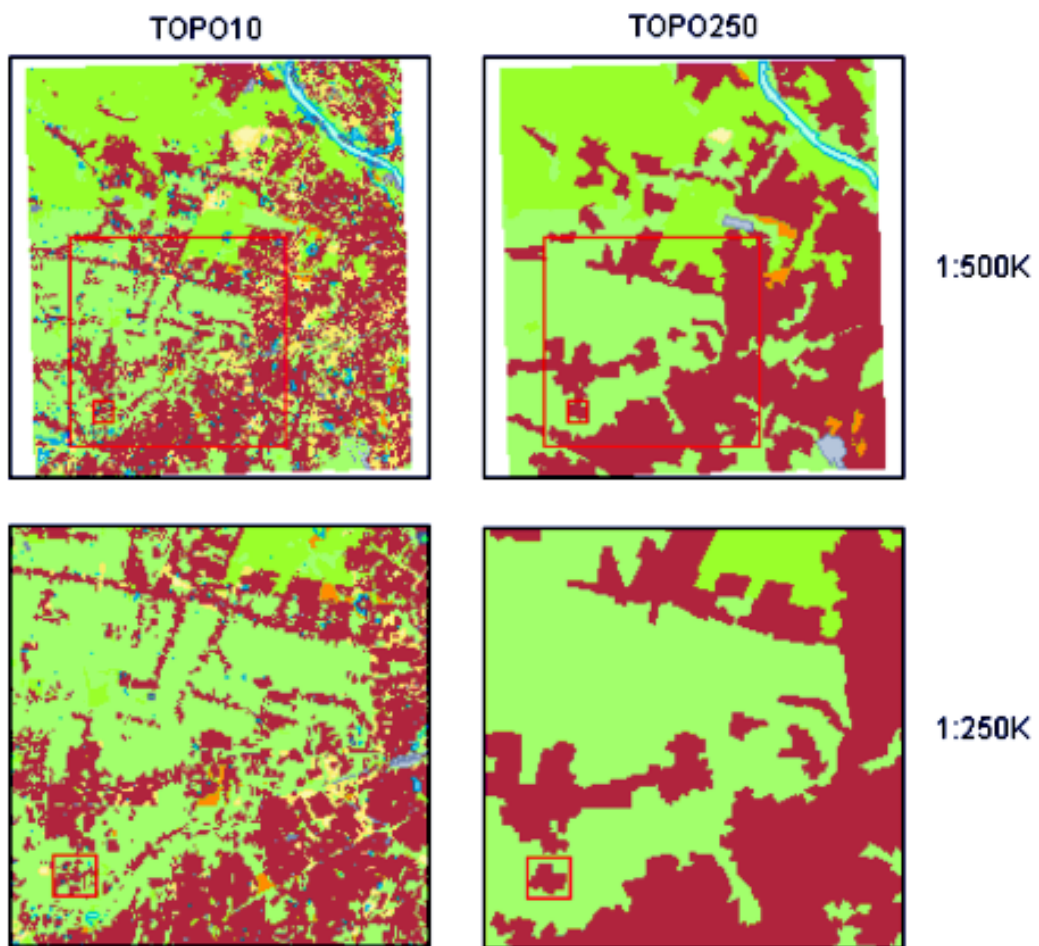


BDO

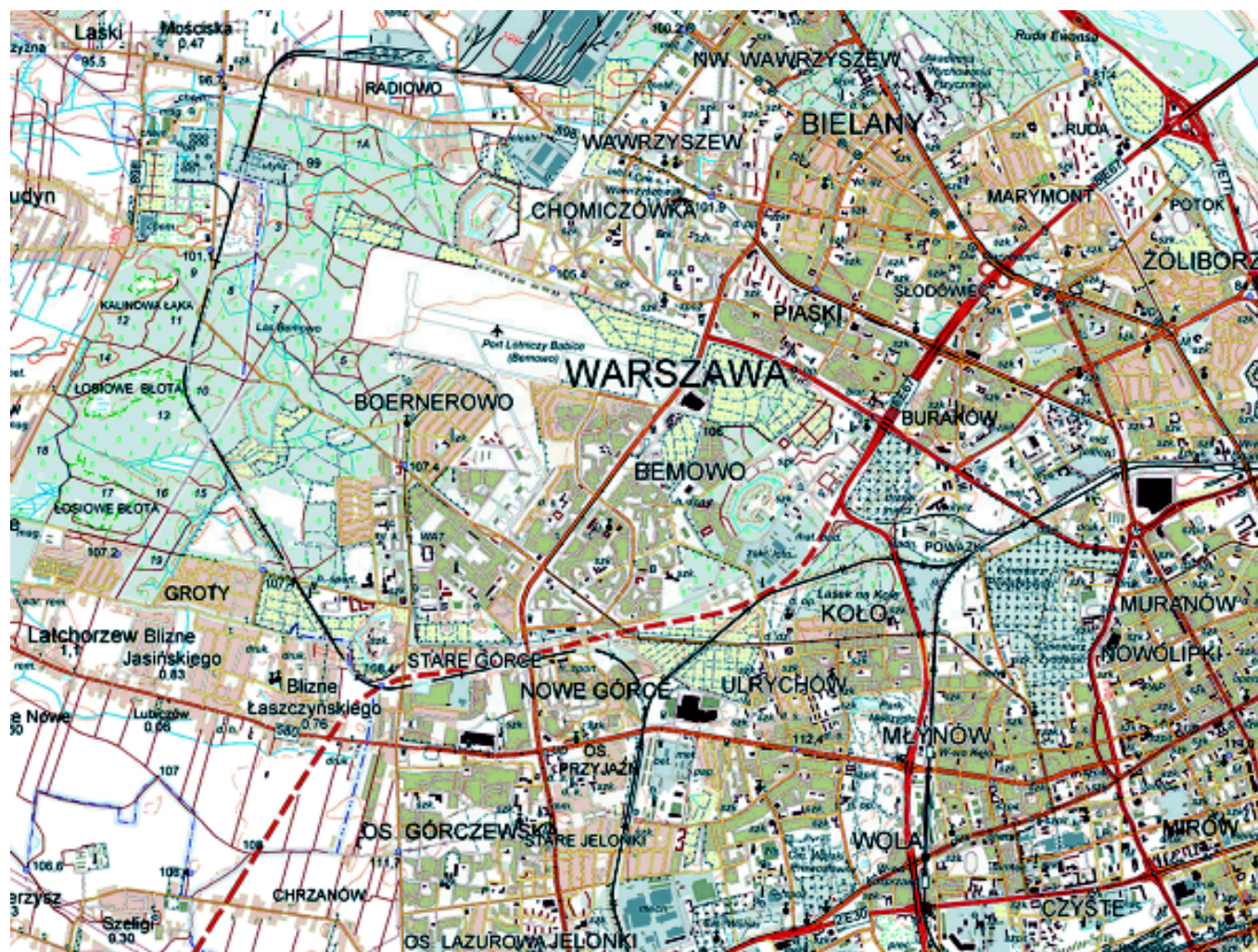


BDG





Rys. 4. Agregacja kompleksów pokrycia terenu



Rys. 5. Mapa topograficzna w skali 1: 50 000 w nowej szacie graficznej (fragment arkusza)