

**BAZY REFERENCYJNE  
DANYCH PRZESTRZENNICH W POLSCE  
JAKO BAZY WIELOSKALOWE  
– cele, możliwości, technologie**

REFERENCE SPATIAL DATABASES  
AS MULTIRESOLUTION DATABASES  
– objectives, possibilities and technologies

**Dariusz Gotlib**

Instytut Fotogrametrii i Kartografii Wydział Geodezji i Kartografii  
Politechnika Warszawska

**Słowa kluczowe: GIS, MRDB, baza danych przestrzennych, infrastruktura danych przestrzennych**

Keywords: GIS, MRDB, spatial database, spatial data infrastructure

## **Wprowadzenie**

W procesie tworzenia map jak i baz danych geograficznych najczęściej wybierany jest określony „poziom skalowy” (definiujący zakres treści i dokładność położenia obiektów), który wpływa zarówno na możliwości późniejszego wykorzystania bazy danych jak i na czas oraz koszty jej opracowania. Obraz rzeczywistości przedstawiany przez tak skonstruowaną bazę danych jest tak samo dokładny i szczegółowy w dowolnym fragmencie opracowywanego obszaru. W przypadku opracowań w skalach średnich i dużych oznacza to najczęściej długi okres dojścia do kompletnego pokrycia terytorium całego kraju danymi i duże różnice w stanie aktualności pomiędzy terenami opracowanymi na początku i końcu prac.

O ile jednak w przypadku opracowania tradycyjnej mapy w zasadzie nie ma innej możliwości, o tyle w przypadku tworzenia bazy danych nie istnieją bariery technologiczne wymuszające takie postępowanie. Warto więc rozważyć możliwość opracowywania bazy danych o treści zmieniającej się w różnych fragmentach przestrzeni w zależności od charakteru opracowywanego terenu, potrzeb jej użytkowników na poszczególnych obszarach oraz przesłanek organizacyjno-ekonomicznych np. od rodzaju dostępnych aktualnych materiałów źródłowych. Stworzenie takiej bazy danych wymaga opracowania specjalnego modelu danych, a następnie odpowiednich metod analiz i dostępu do danych, w tym metod wizualizacji danych. Podejście takie rodzi szereg wyzwań zarówno w sensie technologii informatycznych jak i wiele inspiracji dotyczących metod prezentacji kartograficznej. Korzyścią jest możli-

wość znacznie szybszego pokrycia spójnymi danymi geograficznymi dużych terenów i optymalizacja kosztów tworzenia i utrzymania bazy danych.

Jednym z możliwych rozwiązań jest rozwiązanie polegające na opracowaniu bazy danych o różnych poziomach szczegółowości w różnych częściach przestrzeni, ale z zachowaniem tej samej dokładności opisu geometrycznego obiektów. Zastosowanie takiej koncepcji umożliwiłoby stosunkowo szybkie opracowanie bazy danych w skali całego kraju na poziomie dokładności właściwym np. dla Bazy Danych Topograficznych (TBD) i map topograficznych 1:10 000, ale o ograniczonym zakresie treści odpowiadającym np. bazie VMap L2 czy mapie 1:50 000. W razie potrzeby teren przedstawiony w sposób uogólniony mógłby ulec uszczegółowieniu wraz z pojawieniem się takich potrzeb. Podejście to pozwala na szybki rozwój bazy danych już w pierwszym etapie, dzięki obniżeniu kosztów tworzenia bazy danych i umożliwia etapowe uzupełnianie danych aż do docelowego poziomu szczegółowości przedstawienia terenu.

Udana realizacja takiego rozwiązania z jednej strony wprowadzić może nowy sposób widzenia i konstrukcji baz danych GIS, z drugiej strony może mieć duże znaczenie ze względów ekonomiczno-organizacyjnych.

## Cele budowy „wieloskalowych”<sup>1</sup> baz danych referencyjnych

Na wstępie należy rozważyć co należy rozumieć pod pojęciem „wieloskalowa” baza danych? Nie istnieje jednoznaczna powszechnie przyjęta definicja tego typu bazy danych. Bazy te nazywa się również „wielorozdzielczymi” lub „wieloreprezentacyjnymi”. Mówiąc o „wieloskalowości” należy mieć tu na uwadze przede wszystkim skalę obserwacji, a nie pojęcie skali związane bezpośrednio z możliwością przedstawienia rysunku terenu na papierze czy monitorze komputera. Na potrzeby dalszych rozważań przyjmijmy, iż jako wieloskalowe bazy danych możemy rozumieć co najmniej trzy rodzaje baz danych o następujących cechach:

1. Bazy, w których w różnych obszarach modelowanej przestrzeni geograficznej przyjęto różny poziom dokładności geometrycznej i szczegółowości danych (lub jeden z tych elementów) z zastrzeżeniem, że dane te stanowią jedną spójną całość pod względem pojęciowym, geometrycznym i topologicznym.

2. Bazy, w których zapisuje się dla każdego obiektu kilka jego reprezentacji geometrycznych charakterystycznych, pod względem dokładności przedstawienia obiektu, dla różnych poziomów generalizacyjnych (poziomów skalowych) z zastrzeżeniem, że dane te są ściśle ze sobą powiązane i odniesione do jednego bytu świata realnego.

3. Bazy w których poszczególne warstwy informacyjne charakteryzują się różnym poziomem dokładności geometrycznej i szczegółowości właściwym dla różnych poziomów generalizacyjnych z zastrzeżeniem, że dane te stanowią jedną spójną całość pod względem pojęciowym, geometrycznym i topologicznym.

Konieczność budowy „wieloskalowych” baz danych o charakterystyce zdefiniowanej w punkcie pierwszym wynika przede wszystkim z przesłanek ekonomicznych. Utrzymanie bazy w „dużej skali” jest bardzo kosztowne a jej utworzenie bardzo czasochłonne. Budowa

---

<sup>1</sup> Określenie to należy traktować jako propozycję do czasu przyjęcia powszechnie akceptowanego polskiego określenia dla omawianego typu baz danych

takich baz danych wywołuje szereg pytań. Czy konieczne jest utrzymywanie na każdym terenie tak wysoce dokładnej bazy danych? Kiedy efektywnie możemy korzystać z takiej bazy danych: gdy osiągniemy pokrycie 50, 80 czy 100% interesującego obszaru? Co zrobić, aby do czasu osiągnięcia pełnego pokrycia obszaru danymi o docelowej dokładności i szczegółowości korzystać z tych danych w efektywny sposób?

Z drugiej strony w rozpoczynającej się dobie mobilnego GIS, kiedy systemy informacji geograficznej muszą być dostępne w miniaturowych komputerach przenośnych, a czas odpowiedzi na praktycznie każde pytanie nie powinien przekraczać kilka sekund, pojawia się problem optymalizacji dokładności i szczegółowości wykorzystywanych bazy danych. W praktyce oznacza to, iż w tego typu systemach udostępnia się bazy o zmiennym zakresie treści i szczegółowości w różnych częściach przestrzeni. Bazy danych powinny zawierać tylko tyle informacji ile jest to niezbędne ze względu na zdefiniowane funkcje systemu operującego na tych danych. Doskonałym przykładem mogą być systemy nawigacji samochodowej dostępne na różnych urządzeniach mobilnych włącznie z telefonem komórkowym.

Budowa baz danych o charakterystyce przedstawionej w punkcie drugim powodowana może być natomiast dążeniem do efektywnego zarządzania danymi, w szczególności zarządzania procesem spójnej aktualizacji danych i procesem generalizacji danych. W przypadku, w którym dla danego obszaru opracowano bazę danych o dużej dokładności, najczęściej istnieje potrzeba jej generalizacji do mniejszego poziomu dokładności i ograniczenia zakresu treści w związku z różnymi potrzebami odbiorców tych danych. Obecnie najczęściej efektem procesu generalizacji jest oddzielna baza danych lub kilka oddzielnych baz danych. Utrudnia to zarządzanie danymi w szczególności ich aktualizację i utrzymanie spójności pomiędzy danymi zgeneralizowanymi i źródłowymi. Alternatywą dla tej sytuacji jest przechowywanie różnych reprezentacji geometrycznych danego obiektu generowanych w procesie generalizacji w jednej bazie danych, ściśle powiązanych ze sobą. Takie bazy danych określa się w języku angielskim mianem MRDB (*Multiresolution/Multirepresentation DataBase*). Tworzenie baz typu MRDB jest przedmiotem badań i pierwszych wdrożeń w czołowych ośrodkach naukowo-badawczych na świecie, a eksperymenty praktyczne dotyczą m.in. takich baz danych jak francuska BD TOPO i BD CARTO oraz niemiecki ATKIS.

W trzecim wspomnianym powyżej przypadku, w którym możemy mówić o wieloskalowej bazie danych, mamy do czynienia z sytuacją, w której różne warstwy informacyjne w tej samej bazie danych charakteryzują się różną dokładnością geometryczną. O takim podejściu do konstrukcji bazy danych decydować mogą przede wszystkim przesłanki ekonomiczne lub po prostu dostępność informacji o różnym poziomie dokładności na danym terenie.

Najciekawsze i najistotniejsze z punktu widzenia rozwoju infrastruktury danych przestrzennych są dwa pierwsze rodzaje baz wieloskalowych.

Wśród najważniejszych korzyści wynikających z zastosowania tych koncepcji można wymienić:

- obniżenie kosztów i czasu tworzenia bazy danych w relacji do przewidzianych dla niej funkcji,
- możliwość wieloskalowej analizy danych przestrzennych,
- możliwość automatycznego zasilania (propagacji) bazy danych na wielu poziomach skalowych na podstawie aktualizacji modelu podstawowego,
- możliwość automatyzacji procesu zasilania danymi przestrzennymi systemów produkcji map na różnym poziomie skalowym,
- możliwość zwiększenia wydajności działania systemów, w których optymalizacja wielkości bazy danych odgrywa kluczową rolę np. różnorodnych systemów mobilnych GIS.

## Metodyka i technologia

Nie istnieje dzisiaj dostępne, standardowe oprogramowanie GIS wspierające bezpośrednio budowę tego typu baz danych (za wyjątkiem omówionego trzeciego rodzaju baz wieloskalowych, który nie wymaga specjalnych technik zarządzania bazą danych). Aby zrealizować tego typu rozwiązania projektanci muszą tworzyć więc własne modele danych, własne funkcje i procedury zarządzania danymi.

Utworzenie wieloskalowej bazy danych wymaga przede wszystkim:

1. Uwzględnienia w modelu danych „miejsca” na dość rozbudowane metadane opisujące poziom dokładności i szczegółowości przedstawienia poszczególnych obiektów w bazie danych. Metadane konieczne są przede wszystkim zarówno ze względu na wiarygodność prowadzonych analiz na danych wieloskalowych jak i na prawidłowość procesów generalizacji danych.

2. Utworzenia odpowiedniej hierarchii pojęć w modelowanej przestrzeni i przyjęcia odpowiedniej klasyfikacji danych. W celu zrealizowania idei bazy wieloskalowej koniecznym jest sklasyfikowanie obiektów w sposób hierarchiczny, tak aby poszczególne poziomy hierarchii odpowiadały różnym poziomom szczegółowości dla danego modelu danych. Oznacza to dość nietypowe z punktu widzenia baz danych podejście, w którym w jednej bazie danych mogłyby współistnieć obiekty należące do klas na różnych poziomach hierarchii. Np. pomimo, iż klasa „Teren leśny lub zadrzewiony” jest nadklasą w stosunku do klas „Las liściasty” i „Las iglasty” to w jednej bazie danych mogą wystąpić obiekty zaklasyfikowane zarówno jako „Las liściasty”, „Las iglasty” oraz jako „Teren leśny lub zadrzewiony”. W razie potrzeby i możliwości uszczegółowienia bazy danych na danym obszarze w trakcie jej rozwoju możliwe jest zaklasyfikowanie obiektów „Teren leśny lub zadrzewiony” do niższego poziomu klasyfikacyjnego. Schematycznie przedstawia to rysunek 1.

3. Tworzenia bazy danych jako bazy „ciągłej przestrzennej” i realizowanie zmiany poziomów dokładności i szczegółowości danych na granicach wydzieleni administracyjnych np. granice miast, granice gmin itp., a nie na sztucznych wydzieleniach np. arkusz mapy.

4. Utworzenia odpowiednich relacji pomiędzy reprezentacją geometryczną tego samego obiektu dla różnych poziomów generalizacyjnych i utworzenia systemu wzajemnej identyfikacji obiektów na różnych poziomach wieloskalowej bazy danych. Istnieje kilka metod wzajemnej identyfikacji obiektów na różnych poziomach bazy MRDB (Hampe, M., Anders, K. and Sester, M, 2003):

- wariant atrybutowy zakładający, że wszystkie obiekty przechowywane są w jednym zbiorze danych, a 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*) zakładający istnienie dwóch lub więcej zbiorów danych, połączonych atrybutem określającym LoD na danym poziomie uogólnienia,
- wariant „z góry na dół” (*top – down*) umożliwiający budowanie połączeń od obiektu uogólnionego do elementów źródłowych (np. od terenu zabudowy zwartej do poszczególnych budynków).

Należy zwrócić szczególną uwagę na fakt, że rozpatrywane zagadnienie konstruowania baz wieloskalowych jest tu rozpatrywane niezależnie od zagadnienia procesu generalizacji bazy danych. Dotyczy bowiem sposobu projektowania struktury bazy danych a nie metody-

ki generalizacji. Sam proces generalizacji może przebiegać prawie całkowicie niezależnie. Proces generalizacji może być ręczny lub automatyczny – w konstrukcji bazy rozważamy jedynie sposób zapisu wyników tego procesu.

Jednym z największych wyzwań stojących przed użytkownikami baz wieloskalowych danych jest metodyka analizy i wizualizacji danych. Nie istnieją bowiem w tym zakresie żadne standardowe metody lub metodyki, choć jak wskazuje praktyka produkcyjna może to być z powodzeniem realizowane (rys. 2).

## **Możliwości zastosowania baz wieloskalowych dla potrzeb budowy referencyjnych baz danych w Polsce**

Podczas tworzenia referencyjnej bazy danych dla obszaru kraju najkorzystniejsze byłoby opracowanie w bardzo krótkim czasie podstawowej bazy danych na największym poziomie szczegółowości (np. odpowiadającym mapom 1:10 000), a następnie z tak utworzonej bazy danych tworzenie opracowań pochodnych. W praktyce jest to jednak nieosiągalne. Realne jest natomiast zastosowanie podejścia, w którym tworzona byłaby baza danych o tym samym, wysokim poziomie dokładności geometrycznej (rzędu 5 m) dla całego terytorium kraju jednak o różnym poziomie szczegółowości w różnych obszarach, zależnie od rodzaju terenu (np. inaczej na terenie zurbanizowanym, w obszarach zalewowych a inaczej na terenie leśnym). Takie podejście byłoby korzystne w przypadku tworzenia bazy danych topograficznych w Polsce, z jednym jednak zastrzeżeniem: gdyby nie było dostępnej w skali kraju bazy VMap L2 oraz porozumienia pomiędzy cywilną i wojskową służbą geodezyjno-kartograficzną w sprawie jej dalszej aktualizacji. Porozumienie to zakłada wspólną aktualizację bazy wojskowej VMap L2 w oparciu o te same ortofotomapy, w oparciu o które tworzy się Bazę Danych Topograficznych. Oznacza to jednocześnie decyzję o podniesieniu dokładności bazy VMap L2. W tej sytuacji należy poszukiwać innych rozwiązań w zakresie budowy Bazy Danych Topograficznych. Naturalnym jest w takiej sytuacji dążenie do połączenia obu baz danych w celu utworzenia jednej, spójnej pojęciowo referencyjnej bazy danych. Wymaga to zarówno wprowadzenia pewnych zmian w konstrukcji bazy VMap L2 jak i wprowadzenia drugiego poziomu uogólnienia danych w Bazie Danych Topograficznych.

Możliwe jest to jednak tylko w sytuacji, kiedy zdecydujemy się na zastosowanie koncepcji wieloskalowych baz danych. Nie jest to zadanie proste w sensie technologicznym i metodycznym. Integracja dwu oddzielnie tworzonych baz danych jest zagadnieniem skomplikowanym. Wymaga przede wszystkim uspoźnienia modeli pojęciowych integrowanych baz danych. Prace w tym zakresie zostały w ostatnim czasie podjęte z inicjatywy GUGiK przez powołany zespół ekspertów i wykazały możliwości harmonizacji modelu obu baz danych w zakresie wybranych, istotnych klas obiektów. Spójne modele danych TBD i VMap L2 umożliwić mogą stworzenie wieloskalowej bazy danych w obszarze całego kraju. Wieloskalowej, to znaczy odpowiadającej poziomem dokładności geometrycznej i szczegółowości na obszarze całego kraju opracowaniom 1: 25 000 – 1: 50 000 (dane z VMap L2 drugiej edycji), a w wybranych obszarach opracowaniom 1:10 000 (Baza Danych Topograficznych). Korzystnym czynnikiem wpływającym na zwiększenie szans takiej integracji pomiędzy TBD i VMap L2 jest fakt, iż przy projektowaniu TBD poddano analizie model pojęciowy VMap przewidując konieczność procesu integracji w przyszłości. Model pojęciowy Bazy Danych Topo-

graficznych zdefiniowany przez odpowiednie Wytyczne Techniczne TBD pozwala na podstawową integrację danych prezentowanych dotychczas na mapach cywilnych 1:10 000 i 1:50 000.

Proponowane podejście jest podejściem nowym, nie stosowanym dotąd w praktyce w naszym kraju. Koncepcja ta jest zbieżna w podstawowych założeniach z koncepcją tworzenia baz „wielorozdzielczych” i „wieloreprezentacyjnych” na świecie. Możliwość zastosowania tego podejścia w Polsce została zasygnalizowana m.in. w wynikach prac badawczych prowadzonych na Politechnice Warszawskiej w ramach projektu definiującego koncepcję Systemu Informacji Topograficznej kraju oraz w artykule „Jedna referencyjna baza danych. Czy to możliwe?” (D.Gotlib, A. Iwaniak i R. Olszewski 2005).

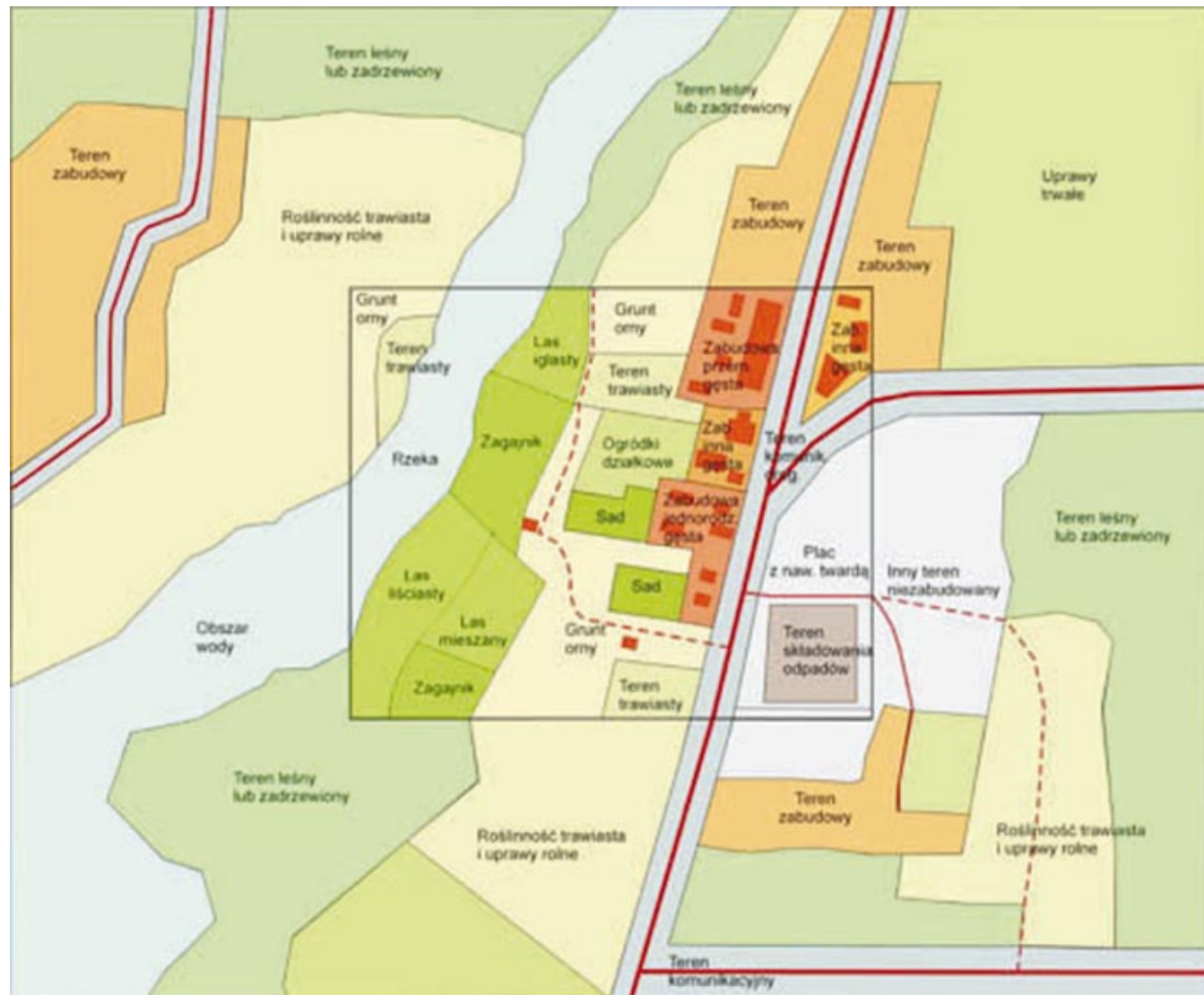
### Literatura

- Gotlib D., Lebiecki M., Olszewski R., 2004: Investigating possibilities to develop the BDT in Poland as a MRDB type database, ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation, 20-21 August 2004, Leicester.
- Gotlib D., 2004: Możliwość wykorzystania bazy danych o różnym stopniu szczegółowości do budowy krajowej infrastruktury danych przestrzennych, Międzynarodowe Seminarium pt. „Infrastruktura danych przestrzennych w Polsce i Europie – strategia, standardy, metadane i generalizacja”, Wrocław, 1-3 grudnia, 2004, Akademia Rolnicza we Wrocławiu.
- Gotlib D., Iwaniak A., Olszewski R., 2005: Jedna referencyjna baza danych topograficznych. Czy to możliwe?, Geodeta nr 1/2005 (116).
- Gotlib D., Iwaniak A., Olszewski R., 2005: SDI in Poland – concept of topographic reference system for thematic, harmonized databases, Proceedings of the 22st International Cartographic Conference (ICC), A Coruña, Spain, July 9-16-2005.
- Hampe, M., Anders K. and Sester M., 2003: MRDB applications for data revision and real-time generalisation, Proceedings of the 21st International Cartographic Conference (ICC) Durban, South Africa, 10. 16 August 2003.

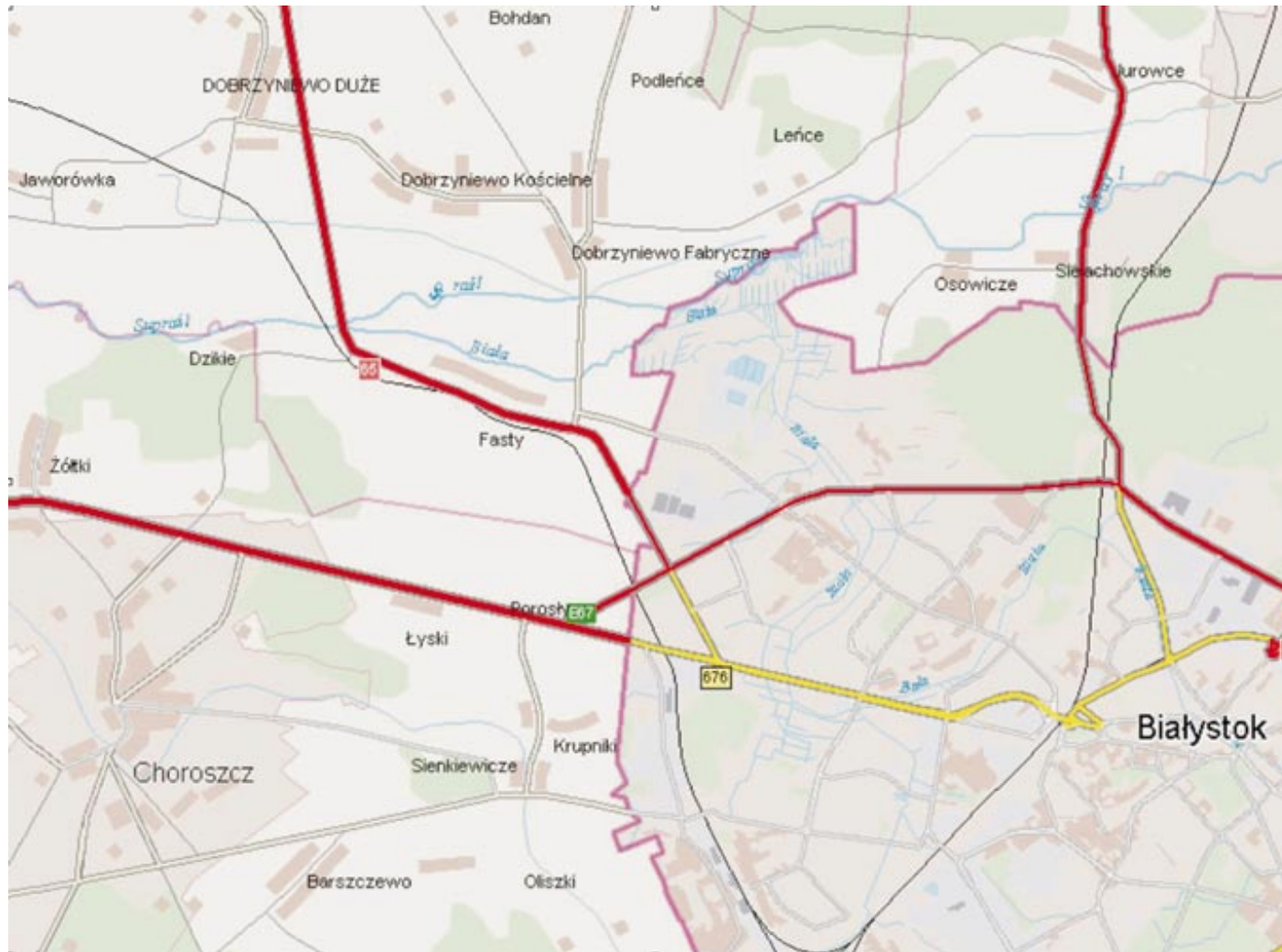
### Summary

*The paper presents a general concept of multiscale (multiresolution, multirepresentation) spatial databases. It is proposed to consider this concept when developing a Polish Spatial Data Infrastructure based on Topographical Databases and military VMaps.*

dr inż. Dariusz Gotlib  
d.gotlib@gik.pw.edu.pl  
d.gotlib@ppwk.pl  
tel. (0-22) 660 73 09



**Rys. 1.** Przykład pokazujący schematycznie możliwość współlistnienia w jednej bazie danych obiektów należących do klas na różnych poziomach klasyfikacji



**Rys. 2.** Przykład wizualizacji z produktu NAVIGO firmy PPWK opartego o wieloskalową bazę danych łączącą dane na poziomie skal 1:100 000 (miejscowości Choroszcz, Dobrzyń...) z danymi na poziomie skalowym 1:10 000 (miasto Białystok) z zachowaniem poprawnych zależności topologicznych i wizualizacji „ukrywającej różnicę poziomów skalowych