

**CYFROWA GENERALIZACJA KARTOGRAFICZNA WARSTWY BUDYNKÓW
W TWORZENIU DANYCH TOPOGRAFICZNEJ BAZY DANYCH**

**DIGITAL CARTOGRAPHIC GENERALIZATION OF BULDINGS LAYER IN
CREATING DATA OF THE TOPOGRAPHICAL DATABASE**

Tadeusz Chrobak, Krystian Koziol

Katedra Geomatyki, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica
w Krakowie

SŁOWA KLUCZOWE: automatyczna generalizacja kartograficzna, upraszczanie, wielorozdzielcza/wieloreprezentacyjna baza danych topograficznych (WBDT), ewidencja gruntów i budynków (EGiB).

STRESZCZENIE: Proces cyfrowej generalizacji kartograficznej w ostatnich latach jest przedmiotem wzmózonych prac badawczych na potrzeby MRDB (ang. multiresolution/multirepresentation Data Base). Pomimo to proces ten nadal charakteryzuje się interaktywnością operatora. Cyfrowy proces automatycznej generalizacji kartograficznej jest możliwy jedynie przy zastosowaniu metod obiektywnych. Zdefiniowanie rozpoznawalności rysunku jako miary weryfikującej dane geometryczne do prezentacji na mapie zależnej od skali jest czynnikiem umożliwiającym wprowadzenie automatyzacji procesu generalizacji w zakresie upraszczania, agregacji i eliminacji (Chrobak 1999, 2007, Koziol 2006).

Funkcjonowanie topograficznych wielorozdzielczych/wieloreprezentacyjnych baz danych – WBDT jest związane nie tylko z ich tworzeniem, ale także z ciągłą ich aktualizacją, możliwą gdyż funkcjonujące systemy ewidencji gruntów i budynków (EGiB) czy mapy zasadniczej są zasobami ciągle aktualizowanymi. Przedmiotem badań autorów jest zastosowanie operatorów cyfrowej generalizacji kartograficznej opartych na metodzie obiektywnej do zasilania i aktualizacji WBDT w szczególności warstwy budynków z EGiB. W badaniach jest uwzględnione dodatkowo funkcjonowanie osnowy kartograficznej, bez której aktualizacja WBDT z zastosowaniem generalizacji jest niemożliwa. Jako przedmiot testów autorzy wybrali warstwę budynków EGiB w obszarze, obejmującym zabudowę typu: zwartej, luźnej oraz rozproszonej.

1. WSTĘP

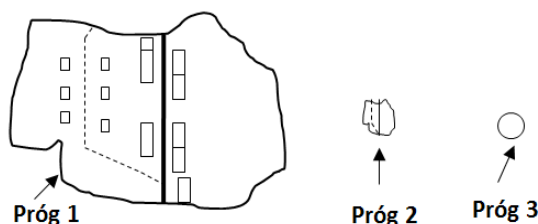
Wykorzystanie map o różnych skalach i przeznaczeniu w dziedzinach: planowanie przestrzenne, geologia, transport, zarządzanie zasobami naturalnymi, ochrona środowiska, obrony, turystyki, statystyki, edukacji, powoduje nowe wyzwania dla cyfrowej generalizacji kartograficznej. Utworzenie jednej bazy danych o wielu reprezentacjach, zmusza do tworzenia różnych poziomów szczegółowości (ang. Level of Details - LoD) obiektów tej bazy. Takie rozwiązanie jest uzasadnione z punktu widzenia kosztów tworzenia bazy oraz procesu z niej tworzenia map w różnych skalach. Tak funkcjonującą bazę można nazwać wieloreprezentacyjną. Utworzenie jej jest możliwe tylko przy

założeniu, że istnieje obiektywny i weryfikowalny proces generalizacji kartograficznej. Autorzy w artykule przedstawiają podstawowe założenia wieloreprezentacyjnej bazy danych topograficznych (WBDT) oraz przedstawiają wstępny algorytm dla generalizacji budynków jako metodę zasilania WBDT danymi o wyższej dokładności i szczegółowości do której zalicza się baza EGIB.

2. PODSTAWOWE WŁASNOŚCI BAZY MRDB

Pojęcie bazy typu MRDB może być rozumiane na różne sposoby. Bazy danych wieloreprezentacyjne/wielorozdzielcze można określić jako bazy przestrzenne o jednym poziomie szczegółowości danych umożliwiającymi ich przekształcenie (zapewniające jednoznaczność wyników) i prezentację w dowolnych skalach mapy.

1. Wieloreprezentacyjna baza przestrzenna – to baza danych o szczegółowości umożliwiającej prezentację obiektów w każdej skali. Kolejne reprezentacje obiektów różnią się stopniem szczegółowości ich geometrii oraz programami generalizacji (rys. 1). Przy czym obiekty o kilku poziomach reprezentacji na mapie, są ściśle powiązane (co jest warunkiem koniecznym) z atrybutami opisowymi bazy danych źródłowych.



Rys. 1. Trzy progi generalizacji (reprezentacje geometryczne) tego samego obiektu powierzchniowego generowanego z bazy danych przestrzennych

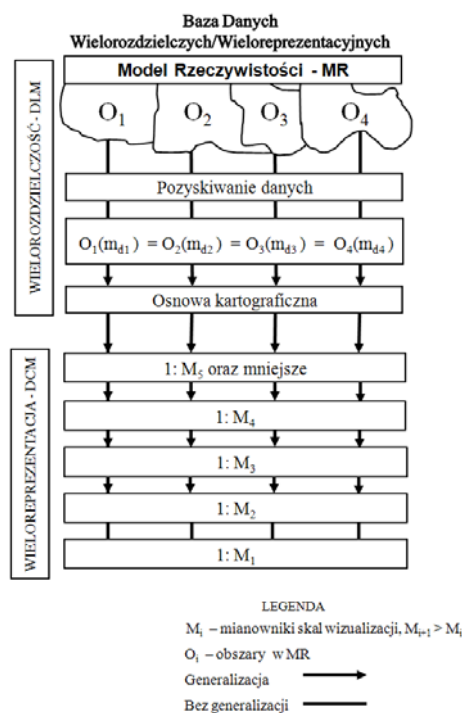
2. Wielorozdzielcza baza przestrzenna – to baza danych, w której zachowana jest jednolitość modelu pojęciowego, a różna szczegółowość i dokładność jej obiektów.

W definicji wielorozdzielczej bazy występuje ograniczenie ilości poziomów uogólnienia obiektów na mapie zależnych od jednakowej dokładności danych i metody wizualizacji w obszarze opracowania.

3. GEOMETRIA OBIEKTÓW WIELOREPREZENTACYJNYCH BAZACH DANYCH

Tworzenie zależnie od potrzeb kilku reprezentacji geometrycznych tych samych obiektów w wieloreprezentacyjnych bazach danych, ma na celu uniknięcie budowy kilku niezależnych baz dla różnych poziomów uogólnienia danych (np. TBD, Vmap2, BDO). W celu osiągnięcia wielu reprezentacji obiektów z jednej bazy danych niezbędne jest

uzyskanie w niej jednolitego pod względem pojęciowym modelu danych i jednakowej dokładności geometrycznej obiektów (rys. 2).



Rys. 2. Schemat funkcjonowania bazy wieloreprezentacyjnej przy założeniu jednakowej dokładności danych

W bazie o jednakowej dokładności danych nie ma ograniczeń ilości poziomów uogólnienia z jednej bazy (por. rys. 2). Wynika z tego, że taka baza wieloreprezentacyjna umożliwia:

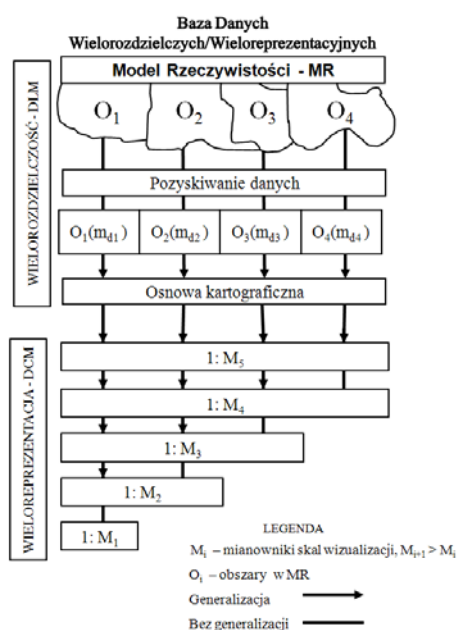
- tworzenie obiektów o dowolnym ich uogólnieniu,
- prezentacje obiektów w dowolnej (bez ograniczeń) skali mapy.

Gromadzenie i przechowywanie obiektów w bazie danych wymaga ich ciągłej aktualizacji. Uwzględnienie w nich dodatkowo osnowy kartograficznej każdego obiektu (Chrobak 2008), jest rozszerzeniem domeny atrybutów bazy MRDB umożliwiającym jej ciągłą aktualizację, gdyż utrzymanie dotychczasowych wieloreprezentacyjnych baz w ciągłej aktualizacji nie jest możliwe co jest ich wadą. Wprowadzenie do domeny atrybutów bazy MRDB jeszcze progów generalizacji (Ratajski 1989), zwiększa stopień automatyzacji prezentacji obiektów z bazy.

W obecnie dostępnych systemach zarządzania bazami danych geograficznych brak mechanizmów specjalnie przygotowanych do tego typu rozwiązań. Jest to spowodowane między innymi brakiem metod obiektowych do automatycznej generalizacji kartograficznej. A próba rozwiązania (Makowski 2005) jest obarczona cechami

wpływającymi negatywnie na funkcjonowanie wieloreprezentacyjnej bazy danych, gdyż w rozwiązaniu tym:

- ograniczony jest zakres prezentacji obiektów całego obszaru z baz o zróżnicowanej dokładności (szczegółowości) danych wektorowych, (rys. 3)
- aktualizacji podlega kilka zamiast jednej bazy danych wektorowych,
- prezentacji obiektów na mapie powiększa koszt procesu przetwarzania danych o różnej dokładności,
- nie wykonalnym jest połączenie danych wektorowych o różnych stopniach generalizacji pierwotnej w bazach danych SIT.



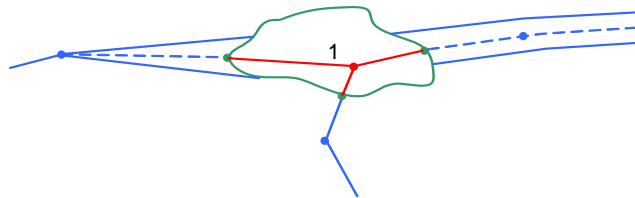
Rys. 3. Model MRDB dla bazy danych różno-dokładnych

W rozwiązaniach przedstawionych schematycznie na rysunku 2 i obciążonym wadami rysunku 3, główną rolę w tworzeniu prezentacji danych uogólnionych na mapie odgrywa automatyczna generalizacja kartograficzna. Brak rozwiązań w tym zakresie stawia pod znakiem zapytania celowość funkcjonowania baz wieloreprezentacyjnych.

4. DEFINICJA OSNOWY KARTOGRAFICZNEJ

Osnowę kartograficzną (Chrobak 2008) stanowią punkty - niezmienniki każdego obiektu, które nie podlegają uproszczeniu lub eliminacji w procesie generalizacji kartograficznej. Niezmiennikiem obiektu w procesie uogólnienia stanowiąc będą także punkty matematyczne (rys.4). W obiektach liniowych i powierzchniowych dodatkowo zdefiniowane będą początkowe i końcowe punkty każdego obiektu. Osnowę kartograficzną dla obiektów:

- punktowych (dla sygnatur punktowych - symboli), wyznacza umowny punkt o ustalonych współrzędnych (x, y),
- liniowych stanowią węzły – punkty początku i końca krzywej łamanej i ich współrzędne (x, y) oraz dodatkowo wyróżnione jej wierzchołki o stopniu węzła co najmniej 3,
- powierzchniowych z wyjątkiem obiektów antropogenicznych (np. budynków), wyznacza punkt będący środkiem geometrycznym obszaru i łączy się z nim punkt, który:
 - o znajduje się na granicy i zachowuje maksymalną odległość (gdy brak określonej hierarchii punktów granicznych),
 - o zachowuje pozycję najwyższą w hierarchii i należy do granicy.



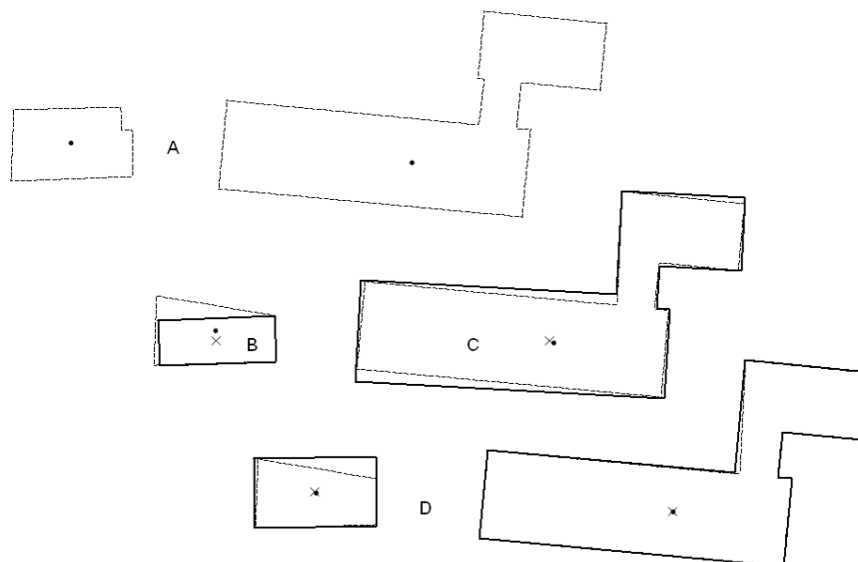
Rys. 4. Przykładowy punkt matematyczny dla obiektu powierzchniowego (Chrobak 2008)

5. ZASTOSOWANIE OSNOWY KARTOGRAFICZNEJ W AUTOMATYCZNEJ GENERALIZACJI

Niezmienniki - punkty wyróżnione w każdym obiekcie. Mają znaczenie przede wszystkim w jednoznacznym procesie uogólnienia obiektów aktualizowanych na mapie. Warunki procesu uogólnienia obiektów metodą obiektywną zapewniają jednoznaczność wyniku oraz możliwość łączenia nowych danych o obiekcie z już istniejącymi w bazie. Dodatkowo, zdefiniowana osnowa kartograficzna przeciwdziała w tworzeniu się poligonów resztkowych (Bielecka, 2005).

Brak w strukturze baz danych atrybutów: o osnowie kartograficznej, progach generalizacji w relacji z metodami wizualizacji obiektów (Chrobak, 2005) to źródło ograniczeń stopnia automatyzacji baz danych wielorozdzielczych/wieloreprezentacyjnych typu MRDB. Powiększenie ilości atrybutów o obiektach w bazie, metoda obiektywna upraszczania (Chrobak, 1999), a także zachowanie topologii i klasyfikacji obiektów to czynniki podstawowe do automatycznego uogólniania danych.

Przykład potwierdzający zalety osnowy kartograficznej w uproszczaniu budynków wraz z ich prostokątowaniem przedstawiono na rysunku 5. W tym przypadku osnową kartograficzną budynków są dwa punkty położone na obwodzie, które stanowią wierzchołki najdłuższego boku przyziemia budynków.



Rys. 5. Przykład funkcjonowania osnowy kartograficznej:

- A) budynki oryginalne,
- B) C) budynki poddane generalizacji przy braku osnowy kartograficznej,
- D) budynki po generalizacji z wykorzystaniem osnowy. Punktem oznaczono środek obiektu pierwotnego, a krzyżem zaznaczony został środek procesie generalizacji.

6. ALGORYTM GENERALIZACJI DLA WARSTWY BUDYNKÓW

Generalizacja kartograficzna jest odpowiedzialna za zmniejszenie złożoności obiektów na mapie. Głównym celem procesu jest redakcja mapy, taka aby obiekty znajdujące się na mapie były rozpoznawalne, a przekaz informacji jednoznaczny. Redukcja wynikająca ze zmiany skali prowadzi do konfrontacji pomiędzy obiektami, a „przestrzenią” na mapie. Zmniejszenie skali powoduje zmniejszenie ilości miejsca na mapie, jednocześnie czytelność i rozpoznawalność wymaga nie jednokrotnie uwypuklenia wybranych cech obiektów w celu utrzymania relacji między obiektami i czytelnością mapy. Konflikt pomiędzy „przestrzenią” mapy, a obiektami posiadającymi swoje reprezentacje w wybranej skali rozwiązany może być przy zastosowaniu odpowiedniego algorytmu upraszczania oraz odpowiedniej selekcji danych (Weibel i Dutton, 1999).

Warstwa budynków należy do dominującej treści map topograficznych, a zmiany kształtu i zmiany lokalizacji tych obiektów mogą być prowadzone tylko przy zachowaniu cech geometrycznych oraz topologicznych, co znacząco ogranicza możliwości projektowania rozwiązań w procesie generalizacji kartograficznej. Kształty budynków zazwyczaj podlegają najmocniejszym zmianom w wyniku działania generalizacji kartograficznej (zmiana w prostokąt lub kwadrat, eliminacja, grupowanie lub połączenie). Natomiast na mapach topograficznych od 1:10000 do 1:50000, geometria poszczególnych

budynków jest zachowana (Regnault et al., 1999), a budynki są niekiedy powiększone ze względu na cel i zakres funkcji mapy topograficznej (orientacja, informacja).

Müller (1990) przeprowadził analizę niemieckich map topograficznych z uwzględnieniem zmian w obszarach o różnej gęstości zabudowy. Jego badania wykazują kontekstowy charakter uogólnienia kartograficznego z uwzględnieniem zmian w obszarach o różnej gęstości zabudowy.

Tabela 1. Zmiany rozmiaru powierzchni dla dróg, budynków oraz obszarów zabudowanych w wybranych skalach .

Skala	Drogi	Budynki	Obszar zabudowany
1: 5 000	Brak zmian	Brak zmian	Brak zmian
1:25 000	x2 – x4	Małe zmiany	Brak zmian
1:50 000	x4 – x8	x1.5 – x2	X1.2
1:100 000	x6 - x16	x2 – x4	X1.5
1:200 000	x32	x4 – x8	X2

x2 – x4 oznacza: od dwu do czterokrotnego zmniejszenia powierzchni

Tabela 2. Zmiany w ilości budynków dla obszarów o zabudowie zwartej i rozproszonej.

Skala	Zabudowa zwarta	Zabudowa rozproszona
1: 5 000	Brak zmian	Brak zmian
1:25 000	60%- 80% pozostaje	Brak zmian
1:50 000	30% -40% pozostaje	80% pozostaje
1:100 000	10% scalonych w blok	30% - 50% pozostaje
1:200 000	0%-3% scalonych w blok	0% -10% pozostaje

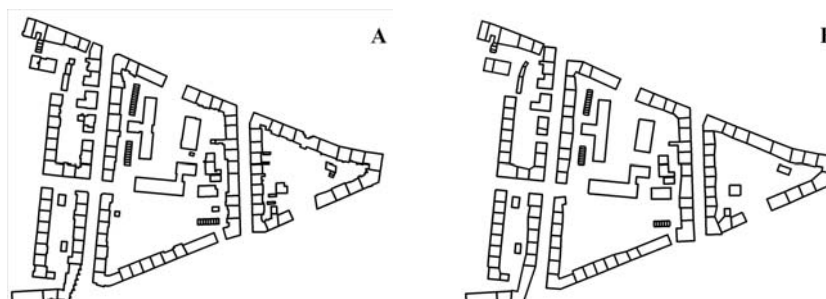
Przedstawiona przez Müller kontekstowa analiza procesu uogólnienia wskazuje na istotność atrybutów opisowych w procesie upraszczania. Metoda obiektywna do upraszczania geometrii danych przy wykorzystaniu osnowy kartograficznej zapewnia jednoznaczność przekształceń geometrycznych. A atrybuty opisowe o znaczeniu semantycznym w tej metodzie wykorzystywane są do ustalania hierarchii detali w upraszczanych budynkach.



Rys. 6. Rysunek budynków w skali 1 : 2000:
A) dane oryginalne,
B) dane przetworzone do skali 1:10000, na rysunku oznaczono:
1 - upraszczanie elementów nierozpoznawalnych budynku,
2 - pozostawienie elementów charakterystycznych w budynkach,
3 - eliminacja budynków nierozpoznawalnych.

Założenia algorytmu do tworzenia i aktualizacji danych przestrzennych WBDT w zakresie warstwy zabudowy:

1. Wykorzystanie metod obiektywnych,
2. Weryfikacja danych po uogólnieniu metoda obiektywną,
3. Zapewnienie ciągłej aktualizacji danych WBDT,
4. Geometrię budynków wszystkich klas są przetwarzane w ten sam sposób.



Rys. 7. Rysunek budynków w skali docelowej dla WBDT: A - bez przetwarzania w skali 1:10000, B - po przetworzeniu w skali 1:10000.

Procedury algorytmu do zasilania WBDT z baz danych o wyższej dokładności danych (odpowiadającej skalom 1: 500 - 1 : 5000) dla warstwy zabudowy przy założeniu braku osnowy kartograficznej.

Propozycja etapów algorytmu zabudowy:

1. Ustalenie tolerancji dokładnościowej wierzchołków budynków,
2. Zapis danych wektorowych o budynkach w modelu topologicznym krawędziowo – węzłowym, wraz z wyznaczeniem środków geometrycznych budynków,
 - a. utworzenie tabeli węzłów i wierzchołków,
 - b. utworzenie tabeli krawędzi,
 - c. dla krawędzi posiadających wewnątrz budynku po jedno tylko stornie ustalenie kierunku tak aby budynek zawsze znalazł się po lewej stronie,
 - d. utworzenie tabeli poligonów,
3. Wyznaczenie niezmienników każdego budynku przez wskazanie w obiekcie poligonowym boku o maksymalnej długości pomiędzy sąsiadującymi wierzchołkami,
4. Ustalenie pierwszego i następnego wierzchołka budynku,
5. Eliminacja obiektów (rys. 6.3), o czterech wierzchołkach i długościach boków nie większej niż ϵ ,
6. Usunięcie detali budynków (rys. 6.1) przy założeniu, że wierzchołki podlegają eliminacji, gdy odległości rzędnych od linii (ściany budynku) są mniejsze lub równe ϵ , przypadek szczególny (rys. 6.2) - wierzchołki sąsiadujące o odległości mniejszej niż ϵ , nie są usuwane, gdy ich odległość od linii (ściany budynku) jest większa bądź równa wartości $1.6 * \epsilon$.
7. Prostokątowanie obiektów przy zachowaniu maksymalnego przesunięcia punktu nie większego niż wartości ϵ (rys. 7),
8. Buforowanie, szukanie obiektów znajdujących się w polu bufora w odległości mniejszej niż zadana rozpoznawalność rysunku,
9. Łączenie budynków wskazanych w punkcie 7,

7. WNIOSKI

Zastosowanie procesów generalizacji kartograficznej z wykorzystaniem metody obiektywnej jest zasadne, gdyż w znaczącym procencie proces przebiega w sposób automatyczny. Ze względu na brak jasno zdefiniowanych procedur pojęciowych generalizacji powinny one być przedmiotem dalszych badań doskonalących zasilanie danymi atrybutowymi.

Zastosowanie osnowy kartograficznej jest niezbędne dla jednoznacznej aktualizacji danych w bazach topograficznych. Przedstawiony algorytm generalizacji budynków wykazuje zadawalające wyniki, jednakże wymaga jeszcze oceny i weryfikacji. Dotychczasowe pozytywne rezultaty testów wskazują na jego wykorzystanie do zasilania baz danych topograficznych jak również na uniwersalizm w znaczeniu: upraszczania, agregacji i eliminacji obiektów dla potrzeb dowolnych skal.

8. LITERATURA

- Bielecka E., 2005. *Systemy informacji geograficznej, teoria i zastosowania*. Wydawnictwo PJWSTK Warszawa
- Chrobak T., 2008. *Przydatność osnowy kartograficznej i obiektywnej metody upraszczania obiektów do aktualizacji danych w BDT*, praca w druku
- Chrobak T., Koziol K., Szostak M., Żukowska M. 2007 *Podstawy cyfrowej generalizacji kartograficznej*. Wydawnictwa AGH, Kraków
- Chrobak T., 1999. *Badanie przydatności trójkąta elementarnego w komputerowej generalizacji kartograficznej*. AGH Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków,
- Chrobak T., 2005. *Komputerowa redakcja kartograficzna wspomagana automatyczną generalizacją*. Geoinformatica Polonica nr 7. Polska Akademia Umiejętności w Krakowie.
- Koziol K., 2006: *Eliminacja obiektów liniowych z zastosowaniem regionów strukturalnych na przykładzie sieci drogowej*. Annals of Geomatics, Vol. IV, Number 3, p.109-117
- Koziol K., Żukowska M., 2007: *Zastosowanie metody Chrobaka upraszczania linii w rastrowych technikach pozyskiwania danych*. Annals of Geomatics, Vol. IV, Number 3, p.227-238
- Müller, J.-C., 1990. Rule Based Generalization: Potentials and Impediments. In: *Proceedings of 4th International Symposium on Spatial Data Handling*, Vol. 1, pp. 317-334.
- Praca zbiorowa: (Red) Makowski A. 2005 *Systemy informacji topograficznej kraju*. Oficyna wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa
- Ratajski L., 1989. *Metodyka kartografii społeczno-gospodarczej*. PPWK, Warszawa.
- Regnauld, N., Edwardes, A., Barrault, M., 1999. Strategies in Building Generalization: Modelling the Sequence, Constraining the Choice. *3rd ICA Workshop on Progress in Automated Map Generalization*, Ottawa.
- Weibel, R. and Dutton, G., 1999. Generalizing Spatial Data and Dealing with Multiple Representations. In: Longley, P., M.F.Goodchild, D.J.Maguire and D.W.Rhind, (eds.) *Geographical Information Systems: Principles, Techniques, Management and Applications*, 2nd Edition, Vol.1, Cambridge: GeoInformation International, pp. 125-155.

DIGITAL CARTOGRAPHIC GENERALIZATION OF BUILDINGS LAYER IN CREATING DATA OF THE TOPOGRAPHICAL DATABASE

KEY WORDS: automatic cartographic generalization, simplifying, multiresolution/multirepresentation topographic database, cadastral database

SUMMARY: The process of digital cartographic generalization has in recent years been an object of intensified research works for the purposes of MRDB. Yet this process still is characterized by an interactivity of the operator. The digital process of the automatic cartographic generalization is possible only with the application of objective methods. Defining the recognizability of the picture as the means of verifying geometrical data for the presentation on the map dependent on the scale is a factor, which allows to implement the automation of the generalization process as regards simplifying, aggregating, and eliminating (Chrobak 1999, 2007, Koziol 2006).

The functioning of topographical multiresolution/multirepresentation databases (MRDB) is associated not only with generating them, but also with their constant updating. The updating is possible, since the land and building registry systems or base map systems constitute resources, which are kept constantly updated. The object of research conducted by the authors is the application of the operators of digital cartographic generalization based on the objective method to feed and update the MRDB, and in particular the layer of buildings in the land and building registry.

The research additionally includes the functioning of the cartographic network, without which the MRDB updating with the use of generalization would be impossible. As the subject of tests, the authors chose the layer of buildings in the land and building registry in the area, which included compact, loose and dispersed building development.

Prof. dr hab. inż. Tadeusz Chrobak
e-mail: chrobak@agh.edu.pl
tel. +12 6172270

Dr inż. Krystian Koziol
e-mail: krystian.koziol@agh.edu.pl
tel. +12 6173323