

**GENERALIZACJA WARSTWY ZABUDOWY
Z ZASTOSOWANIEM REGIONÓW DROGOWYCH
NA PRZYKŁADZIE
BAZY DANYCH TOPOGRAFICZNYCH**

**GENERALIZATION OF BUILDINGS LAYER WITH
THE USE OF STRUCTURAL REGIONS
OF ROAD NETWORK ON THE EXAMPLE
OF A TOPOGRAPHIC DATABASE**

Marta Szostak¹, Krystian Koziol²

¹ Zakład Geodezji i Kartografii, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska,
Akademia Górniczo-Hutnicza im. St. Staszica w Krakowie

² Laboratorium GIS i Teledetekcji, Katedra Ekologii Lasu,
Wydział Leśny Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja w Krakowie

Słowa kluczowe: regiony strukturalne sieci drogowej, TBD, generalizacja obiektowa
Keywords: structural regions of road network, topographic database, objects generalization

Wstęp

Baza Danych Topograficznych (TBD) zgodnie z Wytocznymi technicznymi (2003) jest to spójny system informacyjny, który powinien funkcjonować dla obszaru całego kraju i spełniać zadania polegające na gromadzeniu, zarządzaniu i udostępnianiu danych topograficznych. Wszystkie działania w ramach funkcjonującego systemu TBD oparte są o ustalenia prawne. Określenie to obejmuje zarówno zasób danych, system informatyczny do zarządzania danymi jak i odpowiedni system finansowania i organizacji (Gotlib, Iwaniak, Olszewski, 2006). W skład zasobu danych TBD wchodzi:

- zasób podstawowy – część zasobu danych TBD zorganizowana i zapisana zgodnie z ogólnie przyjętymi standardami dotyczącymi budowy baz danych przestrzennych, zawierająca dane pomiarowe, niezniekształcone w wyniku zabiegów redakcyjnych związanych z prezentacjami kartograficznymi, obciążone jedynie generalizacją pierwotną danych wynikającą z metod pomiaru i przyjętego modelu pojęciowego.
- zasób kartograficzny – część zasobu danych TBD, utworzony zgodnie z kartograficznym modelem danych, przez przekształcenie zasobu podstawowego służącego do opracowania prezentacji kartograficznej, zarówno w ramach TBD jak i w zewnętrznych systemach produkcji map.

Model pojęciowy danych zasobu podstawowego TBD obejmuje większość obiektów przedstawianych na mapach topograficznych. W najbardziej ogólnym podejściu są to następujące kategorie tematyczne danych: hydrografia, drogi, koleje, uzbrojenie terenu, roślinność, zabudowa, granice i rzeźba terenu.

Zabudowa – charakterystyka procesu generalizacji

Zabudowa jest tym elementem treści map topograficznych, który ulega znaczącym zmianom w ciągu skalowym tych map. Na mapie topograficznej w skali 1:10 000 zabudowa prezentowana jest wyłącznie za pomocą konturów poszczególnych budynków lub budowli, natomiast na mapach topograficznych w mniejszych skalach wizualizowane są zarówno poszczególne budynki jak i stosowane są oznaczenia powierzchniowe dla obszarów zabudowanych. W związku z tym w TBD współistnieją klasy umożliwiające przedstawienie zabudowy na różnych poziomach uogólnienia i zapewnienie możliwości integracji danych właściwych różnym poziomom uogólnienia. Są to „Tereny zabudowy” o charakterystyce odpowiadającej poziomowi szczegółowości mapy topograficznej 1:50 000 oraz „Budynki” właściwe dla poziomu szczegółowości mapy topograficznej 1:10 000. Zasadniczym, zatem problemem w procesie redakcji map topograficznych w skalach mniejszych niż 1:10 000 jest rozróżnienie, kiedy budynki pokazywać konturem obrysu przyziemia, a które budynki przedstawić jako tereny zabudowy.

Zabudowę miejską z przewagą budynków mieszkalnych oraz wiejską zabudowę zagrodową przedstawia się albo za pomocą znaków pojedynczych budynków lub zagród, albo jako obszary zabudowane, w zależności od gęstości przede wszystkim budynków mieszkalnych. Oznaczane na mapie budynki mieszkalne nie podlegają w zasadzie generalizacji ilościowej¹. Natomiast budynki przemysłowe, budynki użyteczności publicznej oraz zespoły innych budynków niemieszkalnych przedstawia się zawsze za pomocą znaków pojedynczych budynków. W wypadku znacznego zagęszczenia podlegają one generalizacji ilościowej.

Poniżej zostanie zaprezentowany sposób generalizacji zabudowy, opierający się na ustaleniu rozpoznawalności treści pokazywanej na mapie topograficznej w dowolnej skali. Dla realizacji tych zadań zostaną wykorzystane następujące algorytmy:

- upraszczania obszarów zamkniętych (Chrobak, 1999),
- budowy i upraszczania regionów drogowych (Koziół, 2002),
- wyznaczania progów generalizacji (Chrobak, 2003).

Istota prowadzenia procesu generalizacji zabudowy dla wybranego obszaru i określonej skali mapy topograficznej jest następująca:

1) dane wejściowe procesu zgromadzone w TBD to: superklasa „Budowle i Urządzenia”, a w niej klasa „Budynki” (dokładność właściwa dla mapy topograficznej w skali 1:10 000), superklasa „Kompleksy Pokrycia Terenu”, a w niej klasa „Tereny Zabudowy” (dokładność właściwa dla mapy topograficznej w skali 1:50 000),

2) wygenerowanie regionów drogowych (na podstawie danych TBD zgromadzonych w superklasie – „Sieci Dróg i Kolei”, sklasyfikowanie ich i dokonanie eliminacji regionów

¹ Generalizacja ilościowa – zmniejszenie liczby informacji prowadzące do poprawy jakości jej odbioru. W generalizacji ilościowej wyróżnić należy generalizację formy oraz generalizację treści (Ratajski, 1998).

niespełniających kryterium rozpoznawalności rysunku². Ma to na celu ustalenie regionów elementarnych³, które będą stanowiły podstawę dla przeprowadzania procesu generalizacji zabudowy,

3) „buforowanie” poszczególnych obiektów klasy „Tereny Zabudowy” wewnątrz kolejnych regionów elementarnych (po wcześniejszym ustaleniu przynależności obiektów do poszczególnych regionów elementarnych) w celu ustalenia ich wzajemnej rozpoznawalności na mapie. Prowadzi to do utworzenia obszarów zabudowy „złożonych”, powstałych z połączenia wzajemnie nierozpoznawalnych lub posiadających wspólną krawędź obszarów zabudowy o tym samym atrybucie na odpowiednim poziomie klasyfikacji (np. zabudowa blokowa gęsta),

4) upraszczanie i eliminacja poszczególnych budynków,

5) upraszczanie i eliminacja poszczególnych terenów zabudowy.

Tworzenie regionów i eliminacja regionów

Regiony to obszary powierzchniowe, których granice zewnętrzne tworzą obiekty liniowe będące drogami (ulicami) znajdujących się najniżej w klasyfikacji ustawowej (drogi powiatowe posiadające numerację). Regiony elementarne są obszarami najmniejszymi powierzchniowo w sieci drogowej – superklasy, składającymi się z ulic tworzących sieć lokalną. Sieć ta jest niezależna w każdym regionie elementarnym, dzięki czemu ustalona jedna domena atrybutów ma zastosowanie w klasyfikacji ulic (obiektów) każdego regionu elementarnego opracowywanej mapy.

Przy budowie regionów, tj. obiektów złożonych z elementarnych, zastosowane zostaną dwa rodzaje reguł zdefiniowanych przez Molenaara (1989):

1) reguły określające klasy obiektów elementarnych tworzących obiekt złożony,

2) reguły określające relacje topologiczne między obiektami elementarnymi (tzn. przyległość, połączenie, np.).

Rozpatrując sieć drogową (rys. 1a) na pewnym ograniczonym obszarze, można powiedzieć, że regiony klas niższych zawierają się w regionach klas wyższych. Pierwszy region o najwyższej klasie stanowi granica opracowania. Kolejnym będą regiony tworzone przez drogi klasy krajowej, następnie wojewódzkiej aż do regionów elementarnych utworzonych na podstawie dróg najniższej klasy posiadającej numerację (klasyfikację), w tym wypadku drogi powiatowe.

W wyniku działania algorytmów budowy regionów zostaną utworzone regiony różnych klas (rys. 1b), o ustalonej hierarchii.

Istnienie klasyfikacji i topologii obiektów to podstawowe warunki w procesach automatycznych. Szczególną uwagę należy zwrócić na proces eliminacji, który bez jednoznacznej klasyfikacji nie może zostać przeprowadzony. Sposobem na uniknięcie konieczności wprowadzania nowych atrybutów jest uzyskanie atrybutów klasyfikujących opartych na atrybutach topologicznych – wynikających z geometrii i logiki sieci drogowej (Chrobak, 1999,

² Rozpoznawalność rysunku – minimalne wymiary obiektu na mapie pozwalające na rozpoznanie kształtu obiektu i relacji pomiędzy obiektami na mapie

³ Region elementarny – region, w którym granice zewnętrzne są tej samej lub różnej klasy, ale krawędzie wewnętrzne są jednej i to najniższej klasy.

2000; Koziół, 2002). Wartości atrybutów zdefiniowanych przez Chrobaka (Koziół, 2003) są podstawą do wykonania jednoznacznej klasyfikacji dróg kołowych z zastosowaniem regionów.

Podstawowymi atrybutami klasyfikacji są: liczba encji, ranga encji i atrybut połączenia. Największe wartości tych atrybutów przypadają regionom o dużej liczbie dróg (ulic) obliczone na podstawie stopnia węzła i istniejącej hierarchii w sieci drogowej. Atrybut długości drogi (ulicy) został w klasyfikacji uwzględniony jako 0,01 jego wartości. Natomiast miarą rozpoznawalności regionu będzie wartość atrybutu pola powierzchni.

Po przeprowadzonej klasyfikacji regionów strukturalnych sieci drogowej można przeprowadzić proces automatycznej eliminacji regionów. Eliminacja regionu powoduje eliminację wszystkich jego dróg wewnętrznych, a czynnikiem decydującym o eliminacji jest rozpoznawalność rysunku mapy. Chcąc dokonać procesu automatycznej eliminacji niezbędne jest określenie atrybutu wskazującego na pozostawienie lub usunięcie obiektu.

W przypadku automatycznej eliminacji regionów drogowych należy je traktować jako poligony, a powierzchnię tego poligonu jako atrybut umożliwiający ocenę rozpoznawalności regionu. Jako powierzchnię porównawczą przyjęto pole powierzchni koła o promieniu równym:

$$R = 0,6 \times M_j \quad (1)$$

gdzie M_j to mianownik skali mapy docelowej, natomiast współczynnik 0,6 wynika z rozpoznawalności rysunku (Chrobak, 1999).

Po wyborze regionów nie spełniających kryterium należy dokonać ich eliminacji, jednakże w przypadku regionów sieci drogowej eliminacja przebiega na drodze agregacji z jednym z regionów sąsiadujących. Atrybutem wskazującym właściwy region nadrzędny jest wartość klasy dróg, ulic lub ciągów komunikacyjnych stanowiących granicę regionu. Znając wartość klasy wszystkich granic regionu do agregacji wybierany jest ten, który jest najniżej w klasyfikacji.

Regiony, których granice należą do jednej klasy (np. drogi klasy powiatowej) podlegają agregacji poprzez krawędź, należącą do obiektu złożonego (droga, ulica, ciąg komunikacyjny), którego suma atrybutów klasyfikujących jest najniższa. W ten sposób uzyskany zostaje zgeneralizowany zbiór regionów ze zbioru wyjściowego. Utworzone algorytmy wykorzystują związki topologiczne i funkcje opisane w rozdziałach poprzednich.

Weryfikacja terenów zabudowy pod względem ich wzajemnej rozpoznawalności

Mając ustalone regiony elementarne dla mapy topograficznej w zadanej skali możemy przejść do „buforowania” poszczególnych obszarów zabudowy w kolejnych regionach elementarnych. Jest istotne, aby dokonywać tego wewnątrz regionów elementarnych, gdyż drogi są tym elementem przestrzeni geograficznej, który powoduje rozdzielanie obszarów zabudowy. W związku z tym, jeżeli mamy już określone, które drogi będą stanowiły treść tworzonej mapy możemy określić granice poszczególnych terenów zabudowy z uwzględnieniem możliwości ich wzajemnej rozpoznawalności na mapie i przynależności do poszczególnych regionów drogowych.

Aby dokonać oceny czy krawędzie sąsiadujących wybranych dwóch obszarów zabudowy będą rozpoznawalne jako oddzielne czy nie, tworzymy bufor wokół każdego z nich o szerokości równej połowie miary progowej rozpoznawalności rysunku w danej skali, określonej przez Chrobaka (1999) jako:

$$\varepsilon_j = s \times M_j \quad (2)$$

gdzie: s – najkrótsza długość boku trójkąta (wynosząca 0,6 mm)

M_j – mianownik skali mapy nowo opracowywanej.

Sprawdzając, czy utworzone bufora przecinają się, ustalamy czy będą te dwa obszary widoczne na mapie jako rozdzielne, czy nie. Jeżeli nie to dokonujemy możliwych połączeń obiektów i uzyskujemy w ten sposób „złożone” obszary zabudowy, które będą podstawą do dalszej generalizacji (rys. 2)

Proces upraszczania i eliminacji budynków

Proces upraszczania i eliminacji poszczególnych budynków obejmuje:

- 1) łączenie obiektów o wspólnej krawędzi,
- 2) upraszczanie kształtu i eliminację poszczególnych obiektów wolnostojących i połączonych,
- 3) prostokątowanie powstałych obiektów,
- 4) określenie progów generalizacji – warunki dla zmiany metody prezentacji zabudowy,
- 5) sprawdzenie powstałych możliwych konfliktów.

Po ustaleniu przynależności budynków do poszczególnych obszarów zabudowy, można dokonać wewnątrz tych obszarów połączenia budynków o wspólnej krawędzi, a następnie procesu upraszczania ich kształtu i ewentualnej eliminacji obiektów. Upraszczenie kształtu obiektów oparte jest na algorytmie Chrobaka (1999) do upraszczania krzywych zamkniętych, wzbogaconym o opcję prostokątowania (jest ona niezbędna dla budynków, które charakteryzują się w większości prostopadłością krawędzi – dla terenu zabudowy nie musi być stosowana).

Dodatkowo w algorytmie tym zostają zastosowane progi generalizacji ustalone przez Chrobaka (2000). Próg generalizacji dla prezentacji zabudowy jako obszarów zabudowy lub jako poszczególnych budynków zostaje wyznaczony z zależności:

$$100 (l_i - \sigma) = B_i \quad (3)$$

gdzie:

$B_i \in [-5, 10)$

σ – odchylenie standardowe, równe 68%,

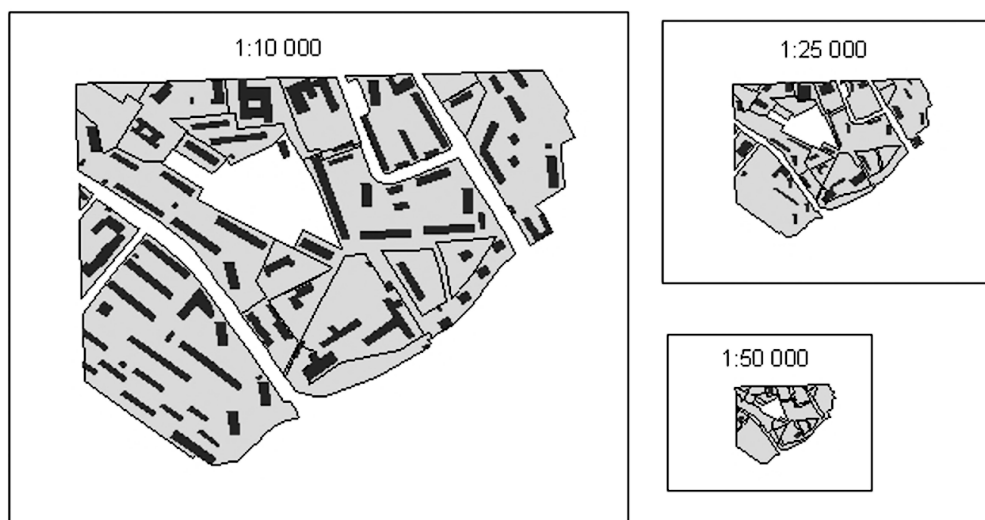
l_i – stosunek powierzchni budynków po procesie upraszczania do powierzchni budynków pierwotnych w danym obszarze zabudowy oraz w następnym etapie w poszczególnych regionach elementarnych.

Z wzoru (3), ustala się metodę prezentacji zabudowy na mapie, w postaci:

- budynków, gdy jest spełniona zależność,
- obszarów, gdy nie jest spełniona zależność.

Ostatnim etapem jest sprawdzenie czy nie powstały konflikty pomiędzy uzyskanymi budynkami, czyli czy nie przecinają się i czy są wzajemnie rozpoznawalne. W tym celu wykorzystany został bufor rozpoznawalności, a obiekty niespełniające założonego kryterium zostają połączone.

Ostateczny efekt po przeprowadzonym procesie upraszczania i eliminacji budynków w wybranym regionie elementarnym dla skal: 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000 został pokazany na rysunku 3.



Rys. 3. Wynik upraszczania i eliminacji budynków w wybranym regionie elementarnym dla skal: 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000

Upraszczenie i eliminacja poszczególnych terenów zabudowy

Upraszczenie i eliminacja poszczególnych terenów zabudowy jest prowadzona na „zbuforowanych” terenach zabudowy. Dla wybranego poziomu klasyfikacji dokonujemy zhierarchizowania poszczególnych powstałych obiektów wg ich powierzchni w poszczególnych grupach obiektów (ta sama wartość atrybutów na przyjętym poziomie klasyfikacji np. poziom 3 TBD: rodzaj zabudowy – blokowa, charakter zabudowy – gęsta). Dokonujemy upraszczania kształtu poszczególnych obszarów analogicznie jak dla budynków, przy czym nie stosujemy prostokątowania, a progi generalizacji stosujemy następująco:

- dla poszczególnych obszarów metody prezentacji są następujące: krzywa łamana, krzywa wygładzona, symbol (w przypadku symbolu – pozostałe obszary niżej w hierarchii również przedstawiamy symbolem),
- jeżeli nie zostaje spełniona zależność (3) przy założeniu, że l_i to iloraz łącznej powierzchni obszarów zabudowy po przeprowadzonym procesie do powierzchni pierwotnej tych obszarów na danym poziomie klasyfikacji, to zmieniamy metodę prezentacji, pokazując obszary pierwotne na wyższym poziomie klasyfikacji i przeprowadzamy od początku procedurę upraszczania terenów zabudowy.

W procesie doboru właściwej metody prezentacji nie wykorzystujemy już przynależności tych obszarów do regionów elementarnych, gdyż w odróżnieniu do budynków, sposób prezentacji obszarów zabudowy musi być jednorodny dla całej mapy. Regiony, w przypadku obszarów zabudowy, wykorzystujemy do wstępnego przygotowania danych, czyli przeprowadzenia „buforowania”.

Podsumowanie

Regiony drogowe odgrywają znaczącą rolę w procesie generalizacji warstwy zabudowy bazy danych topograficznych, stanowiąc ostateczne granice dla terenów zabudowy na najbardziej uogólnionym poziomie.

Drogi są tym elementem, który w największym stopniu określa granice terenów zabudowanych i w związku z tym to właśnie ustalenie regionów elementarnych i eliminacja dróg będzie poprzedzało proces generalizacji zabudowy. Regiony elementarne i granice dróg będą stanowiły bazę dla przeprowadzenia agregacji obszarów zabudowy niespełniających kryterium wzajemnej rozpoznawalności, ponieważ uchronią przed możliwymi konfliktami pomiędzy warstwą zabudowy i dróg – agregacją obszarów, wewnątrz których na prezentowanej mapie znalazłaby się droga. Jednocześnie dzięki zastosowaniu regionów elementarnych, będzie można przyspieszyć eliminację poszczególnych obszarów zabudowy i budynków – brak rozpoznawalności regionu na mapie pociąga automatycznie eliminację poszczególnych terenów zabudowy i budynków przynależących do tego regionu. Dodatkowo granice regionów elementarnych pozwolą na określenie metody prezentacji budynków w tych regionach.

Literatura

- Chrobak T., 1999: Badanie przydatności trójkąta elementarnego w komputerowej generalizacji kartograficznej. Kraków, UWND AGH.
- Chrobak T. 2003: Badanie krzywych łamanych – przekształcanym obiektywnym algorytmem globalnym – jako danych geometrycznych uogólnionych. Praca wykonana w ramach badań statutowych nr 11.11.150.478, KBN-AGH Kraków, niepublikowana.
- Gotlib D., Iwaniak A., Olszewski R., 2006: Budowa Krajowej Infrastruktury Danych Przestrzennych w Polsce – harmonizacja baz danych referencyjnych, Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Wrocław.
- Kozioł K., 2002: Badanie przydatności teorii grafów w budowie regionów dla sieci dróg kołowych, *Geodezja*, Tom 8, Zeszyt 1, AGH, Kraków.
- Kozioł K., 2003: Przydatność regionów jako obszarów strukturalnych w automatycznej generalizacji kartograficznej obiektów liniowych. Rozprawa doktorska. AGH.
- Molenaar M., 1998: An Introduction to the Theory of Spatial Object Modeling for GIS. Taylor & Francis, Londyn.
- Ratajski L., 1989: Metodyka kartografii społeczno gospodarczej, PPWK, Warszawa.
- Wytyczne techniczne Baza Danych Topograficznych. GUGiK, Warszawa 2003.

Summary

In this paper characteristics of the generalization process of the topographic database in the layer of built-up area was presented. The elements of this layer make the content of topographic and thematic maps and they are also subdued to significant changes during a change of scale. The proposed way of generalization of built-up area is based on the establishing of recognition of the content on the topographic map, in any selected timescale. The base for the correct generalization of objects of selected built-up area and a definite scale of a topographic map is the definition of the ability to recognize individual objects. This process leads to making complex objects that are made by a proper aggregation of individual objects possessing common edge outlining single buildings.

The main subjects of the paper include simplification of the shape and the elimination of sectors in the built-up area and buildings, as well as the definition of conditions of automatic change in the method of presentation of built-up area (buildings → built-up areas). In the discussed processes, the usefulness of the application of structural regions in the classification and elimination of internal objects was shown.

mgr inż. Marta Szostak
mszostak@agh.edu.pl
tel. (012) 617 33 23

dr inż. Krystian Koziol
rlkoziol@cyf-kr.edu.pl
<http://argis.les.ar.krakow.pl>
tel./fax (012) 662 50 82










Rys. 1. Fragment TBD: a – siec drogowa jako graf palnarny z podziałem na drogi krajowe (kolor czerwony), wojewódzkie (kolor zielony), powiatowe (kolor brązowy), pozostałe (kolor czarny); b – regiony elemntarne utworozne na podstawie węzłów i krawędzi



LEGENDA:

RODZAJ ZABUDOWY, CHARAKTER ZABUDOWY

	1,2		4,3
	1,3		5,2
	3,2		5,3
	3,3		sklasyfikowane regiony elementarne
	4,2		

Rys. 2. Tereny zabudowy TBD – dane pierwotne i po wykonaniu „buforowania” dla skali 1:50 000