

## OPERATORY GENERALIZACJI WARSTWY ZABUDOWY\*

### GENERALISATION OPERATORS OF BUILDINGS LAYER

**Krystian Koziol**

Katedra Geomatyki, Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska  
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

**Słowa kluczowe: generalizacja, operatory generalizacji, norma rozpoznawalności rysunku**  
Keywords: generalisation, generalisation operators, standard of drawing recognition

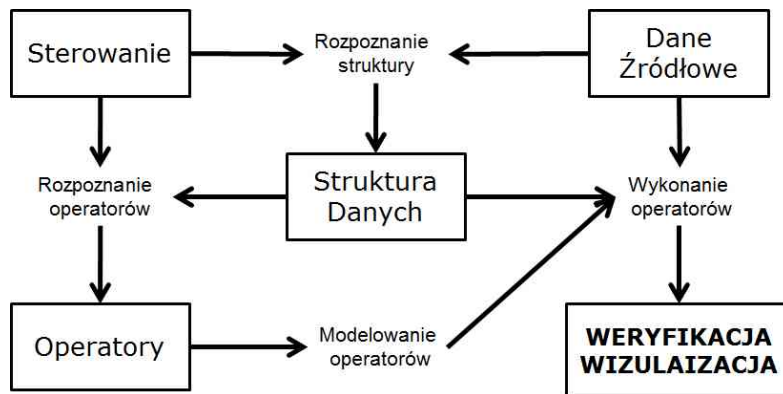
### Wstęp

Ustawa o infrastrukturze danych przestrzennych (Ustawa, 2010) implikuje zapewnienie harmonizacji i interoperacyjności danych gromadzonych w Bazie Danych Obiektów Topograficznych (BDOT). Poprzez harmonizację eliminowany jest efekt redundancji danych oraz powielania procesów zachodzących w poszczególnych bazach danych współtworzących GBDOT. Do procesów tych należy m.in. przetwarzanie i aktualizacja danych. Interoperacyjność pozwala natomiast na wieloaspektowe wykorzystanie danych przestrzennych. W zakresie przetwarzania danych jednym z podstawowych zadań jest uzyskanie wizualizacji przestrzennej bazy danych o ustalonym poziomie uogólnienia. Proces ten, zwany automatyczną generalizacją cyfrową, jest przedmiotem licznych badań. Proces generalizacji jest jednym z podstawowych fundamentów funkcjonowania GBDOT. Model generalizacji Brassela i Weibla (1988) zakłada konieczność określenia odpowiednich operatorów generalizacji (rys. 1). Przewiduje on weryfikację i wizualizację danych po procesie generalizacji, jednakże nie precyzuje przebiegu tych składowych modeli.

Przez rozpoznanie operatorów generalizacji rozumiany jest wybór ze zbioru tych operatorów, które spełnią określone warunki dla danych źródłowych. Tak stworzony zbiór operatorów (załącznik, tabela) podlega modelowaniu, czyli wyznaczeniu wartości parametrów poszczególnych operatorów oraz ustaleniu kolejności ich wykonania. Brak w modelu normy odpowiedzialnej za weryfikację operatorów powoduje niejednoznaczność procesu oraz brak możliwości oceny poprawności wykonanego modelowania procesów. Regnaud i McMaster (2007) w zakresie generalizacji zabudowy podzielili operatory na:

---

\*Praca wykonana w ramach umowy nr N N526 064340 pt. „Automatyzacja zasilania i aktualizacji danych o budynkach w Wielorodzicielskiej Bazie Danych Topograficznych (WBDT) wraz generalizacją danych”.



Rys.1. Model Brassela i Weibla

- 1) redukujące liczbę obiektów:
  - a) selekcję i eliminację,
  - b) typifikację – zastąpienie grupy budynków jednym dominującym,
  - c) amalgamację – połączenie rozłącznych budynków nie zależnie od ich atrybutów,
- 2) zwiększające czytelność:
  - a) przewiększenie,
  - b) upraszczanie,
  - c) lokalne przewiększenie,
  - d) prostokątowanie,
  - e) symbolizację,
- 3) zachowujące związki pomiędzy budynkami:
  - a) przesunięcie,
  - b) obrót,
  - c) obcięcie.

### Norma rozpoznawalności

Definicja minimalnych wymiarów rysunku, podana przez Saliszczewa w oparciu o wymiar minimalny podstawy i wysokości, pozwoliły Chrobakowi na wyznaczenie najkrótszego boku w trójkącie, który nazwał elementarnym (Chrobak, 1999). Definicja trójkąta elementarnego wyrażona jest przez związki krótszego ramienia trójkąta  $a_0$  oraz jego podstawę  $b$ :

$$a_0 = 0,5 \text{ m dla długości podstaw } b \in (0,5-0,7) \text{ mm} \quad (1)$$

oraz

$$a_0 \geq 0,5 \text{ m dla długości podstaw } b \in (0,4-0,5) \text{ mm} \quad (2)$$

Chrobak (1999) na podstawie zależności (1) i (2) zdefiniował rozpoznawalność rysunku linii o grubości 0,1 mm przez zależności:

$$\text{dla mapy analogowej } a_0 = 0,5 \text{ [mm]} \quad (3)$$

$$\text{dla mapy cyfrowej } a_{01} = 0,5 \text{ [mm]} \times M \quad (4)$$

Po uwzględnieniu w zależności (4) definicji trójkąta elementarnego (1, 2) oraz rozdzielając obiekty mapy cyfrowej na naturalne i antropogeniczne otrzymamy definicję normy rozpoznawalności obiektów (Chrobak, 2010). Kształt obiektu naturalnego jest rozpoznawalny, gdy dla jego wierzchołków spełnione są warunki:

$$\varepsilon_{01} = 0,5 \text{ [mm]} \times M \text{ i długości podstawy, } b \in [0,5 \text{ mm} \times M - 0,7 \text{ mm} \times M] \quad (5)$$

$$\varepsilon_{02} \geq 0,5 \text{ [mm]} \times M \text{ i długości podstawy, } b \in [0,4 \text{ mm} \times M - 0,5 \text{ mm} \times M] \quad (6)$$

natomiast dla wierzchołków obiektu antropogenicznego, gdy zachowany jest warunek konieczny:

$$\varepsilon_{03} = 0,4 \text{ [mm]} \times M \quad (7)$$

oraz warunek wystarczający:

$$\text{długości podstawy } b \in [0,5 \text{ mm} \times M - 0,7 \text{ mm} \times M] \quad (8)$$

Przytoczona definicja normy rozpoznawalności kształtu obiektu w zależności od jego typu umożliwi ich weryfikację przy zmianie skali. Jak wykazał Kozioł (2012) zastosowanie normy rozpoznawalności rysunku w algorytmach upraszczania pozwala na eliminację parametru tolerancji zależnej od użytkownika. Eliminacja tego parametru z procesu upraszczania prowadzi do uniezależnienia jego wyniku od operatora i pozwala określić jego wynik jako jednoznaczny (Chrobak, 2010).

## Poprawa topologiczna obiektów

W ramach realizacji projektu badawczego zostały pozyskane dane dotyczące budynków dla wybranej części miasta Krakowa (około 35 000 obiektów). Wybór budynków obejmował reprezentację różnych typów zabudowy (zwarta, gęsta, luźna, rozproszona), różnych funkcji budynków (mieszkaniowe, gospodarcze, kształcenia) oraz rodzaju (jednorodzinne, wielorodzinne, wielokondygnacyjne). Budynki reprezentowane były przez ich kształt oraz atrybuty opisowe. W procesie wstępnej weryfikacji zostały wykryte błędy topologii budynków, które uniemożliwiają zapewnienie wielorozdzielczości GBDOT oraz uniemożliwiają przeprowadzanie procesu generalizacji. W celu usunięcia błędów danych został opracowany algorytm wyszukujący i raportujący wszystkie błędy topologiczne, do których należą:

- nakładanie się kształtów budynków,
- bliskość wierzchołkowa kształtów budynków,
- poligony resztkowe.

Utworzony algorytm weryfikacji i raportowania błędów topologicznych oparto na modelu deterministycznym uwzględniającym dla :

- linii rysunku o szerokości 0,1 mm – warunki (5) i (6),
- linii pomiędzy obrysami sąsiadujących budynków – warunki (7) i (8),
- agregacji budynków – warunki (7) i (8).

## Porządkowanie i hierarchia wierzchołków

Proces generalizacji może przebiegać automatycznie, gdy zbiór danych jest uporządkowany ze względu na klasy i hierarchię obiektów w klasie, co odpowiada warunkom (Richardson, 1993):

- w superklasie – SC dla klas obiektów  $C_i$  spełnione jest:

$$\forall_{C_i \in SC} I(C_i) > I(C_{i+1}) \quad (9)$$

gdzie:

$I$  – jest zbiorem atrybutów charakterystycznych klasy  $C_p$ ,

$C_i$  – jest klasą dla dowolnej klasy  $C_i$  należącej do superklasy S.C.,  
klasa  $C_1$  w hierarchii klas jest wyżej od klasy ( $C_{i+1}$ ) itd.,

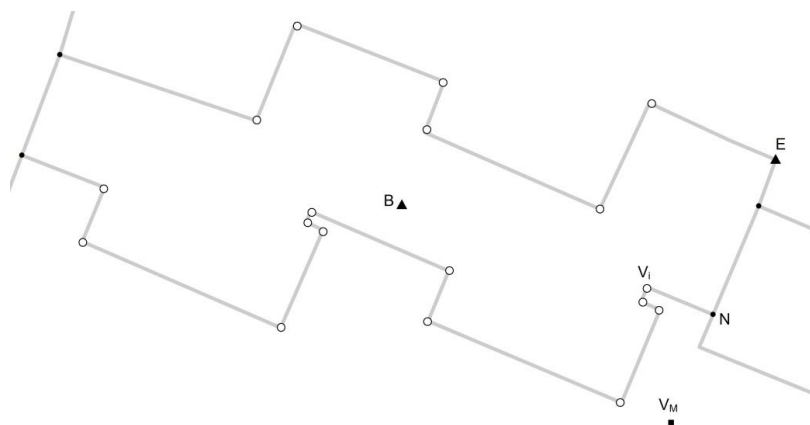
- w klasie  $C_i$  hierarchia obiektów –  $O_j$  określona jest przez:

$$\forall A \in C \text{ i } A_p(O_j) > A_p(O_{j+1}) \quad (10)$$

Po poddaniu generalizacji obiektów zabudowy poszczególne budynki stanowiąc będą elementy uogólnianego zbioru, który musi podlegać uporządkowaniu przed tym procesem. Każdy budynek jest sam w sobie zbiorem elementów grafu (węzeł, krawędź, ściana), który także musi zostać uporządkowany. Do uporządkowania zbioru budynków mają zastosowanie regiony tworzone na podstawie sieci infrastruktury komunikacyjnej i sieci hydrologicznej (Kozioł, 2006). Porządkowanie budynków wewnątrz regionów jest możliwe poprzez wykorzystanie cech:

- topologicznych,
- geometrycznych,
- semantycznych.

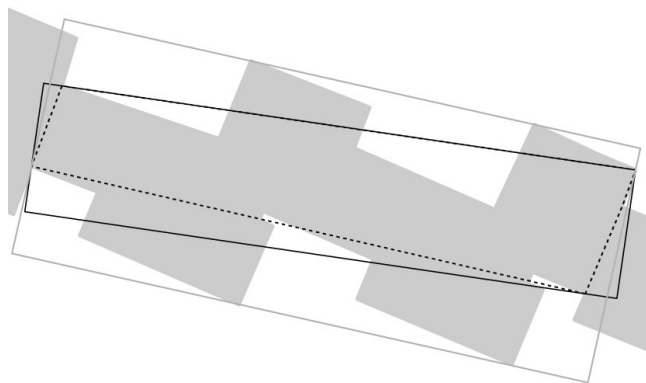
Dla przeprowadzenia w sposób jednoznaczny procesu generalizacji budynków niezbędne jest wprowadzenie punktów niezmiennych obiektu oraz uszeregowanie wierzchołów budyn-



Rys. 2. Budynek i jego hierarchia wierzchołków: B – początek, E – koniec, N – węzły,  $V_i$  – wierzchołki,  $V_m$  – wierzchołki matematyczne

ków w jednolity sposób. Punktami niezmiennymi obiektu zamkniętego jest jego środek geometryczny (początek) oraz punkt najdalej oddalony do tego środka (koniec), nie będący węzłem (Chrobak 2010). Po wyznaczeniu punktów niezmiennych kolejność następnych wierzchołków jest zgodna z ruchem wskazówek zegara. Po ustaleniu wierzchołków początku i końca każdego budynku należy dokonać hierarchizacji wierzchołków ze względu na ich istotność w procesie generalizacji zabudowy (rys. 2).

Na najwyższym poziomie znajdują się punkty niezmiennie, tj. początek (B) i koniec (E). Tworząc dla budynku minimalny prostokąt otaczający (*Minimum Area Bounding Rectangle* – MABR) lub minimalny prostokąt otaczający węzły (*Minimum Area Nodes Bounding Rectangle* – MANBR) uzyskujemy przybliżoną reprezentację geometryczną budynku (rys. 3). Przeprowadzone badania wykazały, że na podstawie minimalnych prostokątów otaczających można uwzględnić następujące warunki:



**Rys. 3.** Budynek (kolor szary) z zaznaczonymi: otoczką wypukłą dla węzłów (linia przerywana), minimalnym prostokątem otaczającym węzły (czarna ciągła), minimalnym prostokątem otaczającym wszystkie wierzchołki budynku (linia jasnoszara)

- jeżeli najkrótszy bok MABR spełnia warunki (7) i (8) to budynek podlega procesowi upraszczania,
- jeżeli najkrótszy bok nie spełnia warunku (7), ale suma boków jest większa niż podwojona wartość  $\epsilon_{03}$  oraz spełniony jest warunek (8) to budynek jest zastępowany geometryczną rozpoznawalną figurą (kwadrat/prostokąt),
- jeżeli powyższe warunki nie są spełnione budynek podlega eliminacji.

Następnymi wierzchołkami w hierarchii są te, które są jednocześnie węzłami (stanowią wierzchołki innych budynków) oraz liczba –  $k$  incydentnych do nich krawędzi spełnia nierówność  $k > 2$  ( $N_i$ ). Stosując normę rozpoznawalności linii rysunku dla obiektów antropogenicznych (7 i 8) uzyskamy hierarchizację pozostałych wierzchołków ( $V_i$ ).

Według Chrobaka (2009) hierarchia danych przestrzennych obiektu dotyczy jego cech geometrycznych i semantycznych, a obiekty są porządkowane geometrycznie, z uwzględnieniem:

- podziału na krzywe pierwszego i wyższego stopnia,
- hierarchii jej wierzchołków, które nie ulegają zmianie w procesie generalizacji kartograficznej,
- progów generalizacji zależnych od skali mapy.

W wyniku hierarchizacji zidentyfikowane zostaną ciągi wierzchołków, które nie spełniają warunków normy o liczbie wierzchołków  $n \geq 4$ . Pozwala to na określenie miejsca wystąpienia podziału na krzywe pierwszego i wyższego stopnia. Podział ten ma znaczenie przy korzystaniu z wybranych operatorów.

## Prostokątowanie

Dla operatora prostokątowania istotnym jest rozdzielenie budynków względem swojego sąsiedztwa. Budynki posiadające sąsiedztwo (wspólne węzły  $N_i$ ) będą traktowane inaczej niż budynki nie posiadające wspólnych węzłów. Podział ten wynika z konieczności zachowania cech topologicznych przed i po procesie. Proces prostokątowania z zastosowaniem normy przebiega od pierwszego wierzchołka  $V_i$  nie będącego węzłem. Algorytm prostokątowania przebiega w sposób następujący:

- ustalenie wartości tolerancji  $\beta_e$  na podstawie ramion kąta  $NV_iV_{i+1}$ ,
- zbadanie wartości kąta  $\alpha$  w wierzchołku  $V_i$  (czy kąt powinien być prosty?),
- wyznaczenie nowego położenia wierzchołka  $V_i'$ .

Jako podstawę funkcjonowania operatora prostokątowania (rys. 4a) przyjęto następującą zasadę: zmiana położenia wierzchołka  $V_i$  musi być mniejsza niż wartość określona w warunku (7). Zastosowanie normy (7) w operatorze prostokątowania powoduje uniezależnienie od operatora wartości zakresu tolerancji kątowej. Chrobak (2010) wykazał, że:

- tolerancja kąta  $\beta_e$ :

$$\frac{\varepsilon_{03}}{d_i} \cong \sin \beta_e \rightarrow \beta_e \cong \arcsin \frac{\varepsilon_{03}}{d_i} \quad i \quad d_i \geq d_{i+1} \geq \varepsilon_{03}, \quad (11)$$

gdzie:  $d_i$  – długość odcinka  $NV_i$ ,  $d_{i+1}$  – długość odcinka  $V_iV_{i+1}$ , oraz spełniają one warunek

$$d_i \geq \varepsilon_{03} \wedge d_{i+1} \geq \varepsilon_{03}$$

gdyż:

$$\beta_e \rightarrow 0, \quad \text{gdy} \quad \varepsilon_{03} \rightarrow 0 \quad (12)$$

- kąt  $\alpha'$  (po procesie), który spełnia zależność:

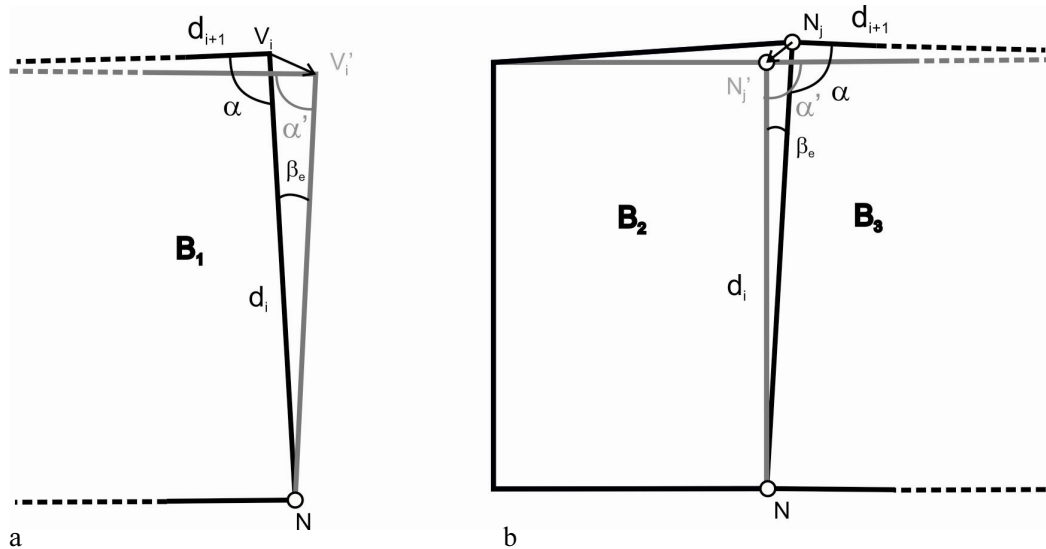
$$\alpha' = \alpha \pm \beta_e \quad (13)$$

gdzie:  $\alpha \neq 90^\circ$   $\alpha' \cong 90^\circ$

- przesunięcia wierzchołka  $V$  do  $V'$  o długość:

$$|V_iV_i'| \leq \varepsilon_{03} \quad (14)$$

w trójkącie  $NV_iV_i'$  (nie spełniającym normy – (7)).



Rys. 4. Prostokątowanie: a – obiektu, b – obiektów sąsiadujących

Dla obiektów sąsiadujących (rys. 4b) występuje konieczność przesunięcia węzła  $N_j$  do położenia  $N_j'$ , które zostanie wykonane podobnie jak w wyżej opisanym algorytmie z dodatkowym warunkiem kierunku wektora  $N_j N_j'$  do wnętrza obiektu. Pozwala to na zachowanie zgodności topologicznej po procesie.

### Operatory przesuwania, łączenia i agregacji

W operatorach przesuwania, łączenia i agregacji ważną rolę odgrywa funkcja buforowania, dla której odległość buforowania wyznaczono na podstawie normy (7). Funkcja ta spełnia rolę sprawdzającą otoczenie i funkcji operacyjnej w trakcie działania operatorów. Rozdzielając zadania tej funkcji w otoczeniu obiektu – z uwzględnieniem zależności (7) i (8) – uzyskujemy funkcję operacyjną –  $d_b$ , działającą dla dwóch obiektów sąsiadujących, w postaci:

$$d_b = \frac{1}{2} \varepsilon_{03} \quad (15)$$

gdzie:  $d_b$  – odległość buforowania wyrażona w metrach.

W wyniku badania otoczenia pojedynczego obiektu zabudowy zgodnie z warunkiem (15) rozróżnić należy następujące relacje przestrzenne:

- styczność krawędziowa całkowita,
- styczność krawędziowa częściowa,
- styczność węzłowa,
- bliskość krawędziowa całkowita,
- bliskość krawędziowa częściowa,
- bliskość węzłowa.

Rozróżnienie poszczególnych relacji determinuje użycie odpowiedniego operatora. W przypadku styczności krawędziowej całkowitej użyty zostanie operator agregacji, polegający na usunięciu krawędzi pomiędzy obiektami z zachowaniem zgodności semantycznej obiektów. Natomiast przy bliskości krawędziowej całkowitej lub częściowej konieczne będzie przesunięcie całości lub części obiektu zgodnie z warunkiem (15).

## Operator typifikacji

Operator typifikacji polega na podziale wyjściowego zbioru obiektów na podzbiory i zastąpieniu podzbioru obiektów jednym obiektem lub większą ich liczbą, przy jednoczesnym zachowaniu charakterystycznych cech obiektów oryginalnych. W wyniku jego działania nie jest zachowana liczba obiektów, ale zachowuje się dominującą geometrię i semantykę w wydzielonym podzbiore. Pierwszym krokiem tego operatora jest identyfikacja i wydzielenie klastrów (Regnault, 1996; Anders i Sester, 2000; Anders, 2003), które umożliwiają zachowanie istotnych cech kartograficznych takich jak orientacja budynków względem osi drogi czy zachowanie dominujących kształtów (Burghardt i Cecconi, 2007). Do najczęściej stosowanych metod klasteryzacji należy zaliczyć:

- graf najbliższego sąsiedztwa (Jarvis i Patrick, 1973),
- minimalne drzewo rozpinające,
- graf relatywnego sąsiedztwa (Toussaint, 1980),
- $\beta$ -szkieletyzację (Kirkpatrick i Radke, 1985),
- siatkę trójkątów Delaunay.

Zdaniem autora, klasteryzacja obiektów zabudowy nie może być przeprowadzona tylko na podstawie analizy obiektów warstwy zabudowy, ale z uwzględnieniem obiektów infrastruktury komunikacyjnej i sieci hydrograficznej otaczającej obiekty zabudowy (Kozioł, 2006). W wyniku przeprowadzonych testów i analiz wyróżniono następujące etapy w operatorze typifikacji:

- klasteryzację ogólną na podstawie sieci komunikacyjnej i hydrograficznej – określenie regionów elementarnych,
- klasteryzację szczegółową – wewnątrz regionów z wykorzystaniem minimalnego drzewa rozpinającego zgodnie z warunkami (5) i (7),
- utworzenie pseudowęzłów na przecięciu granic obiektów i krawędzi minimalnego drzewa rozpinającego.

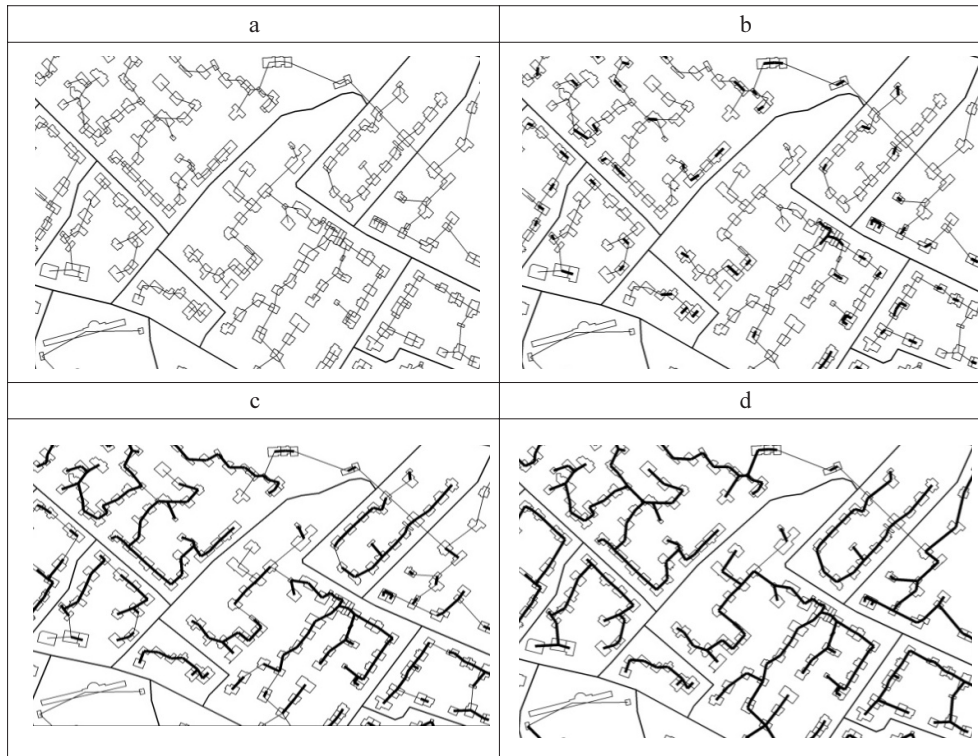
Po utworzeniu minimalnego drzewa rozpinającego (rys. 5) oraz pseudowęzłów należy uwzględnić warunek (9). Warunek ten determinuje zachowanie minimalnego wymiaru między obiektami dla zachowania rozpoznawalności obiektów. Jest to warunek konieczny, natomiast warunkiem wystarczającym jest:

$$d_i(n_i, n_{i+1}) \geq (\varepsilon_{01} + \varepsilon_{03}) \wedge n \geq 2 \quad (16)$$

gdzie:

- $d_i$  – długość krawędzi pomiędzy sąsiadującymi węzłami  $n_i, n_{i+1}$  w minimalnym drzewie rozpinającym,
- $n$  – liczba pseudowęzłów na krawędzi  $n_i$ .





**Rys. 5.** Minimalne drzewo rozpinające (pogrubiona kreska) z uwzględnieniem warunków 7 i 9 dla skal:  
a – pierwotnej, b – 1: 10 000, c – 1: 25 000 d – 1: 50 000

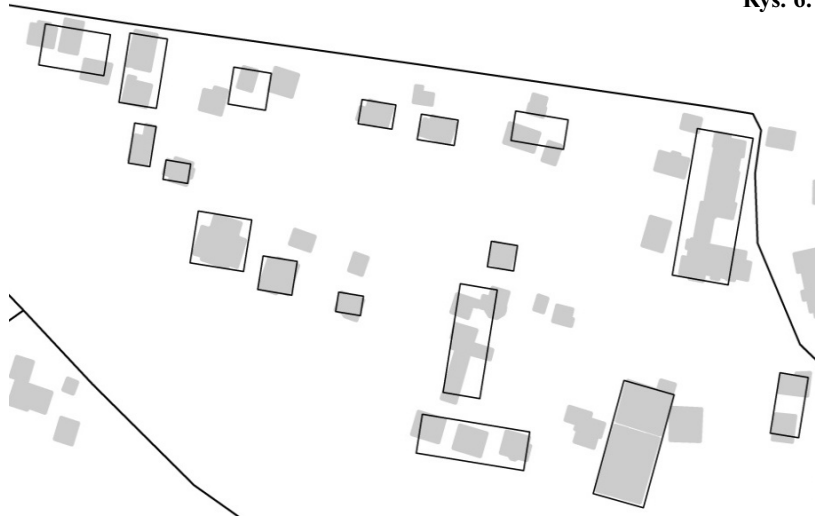
Na podstawie warunku (16) można określić czy budynki stanowią zwartą grupę, czy też są rozłączne w zadanej skali (rys. 5). Warunek (16) może więc być stosowany do określenia typu zabudowy i określenia jej jako zwartej, luźnej czy rozproszonej.

Kolejnym etapem działania operatora typifikacji według Burghardt i Cecconi (2007) jest zastąpienie oryginalnych obiektów reprezentacją geometryczną odpowiadającą cechom. W przeprowadzonych przez autora badaniach do cech tych zostały zaliczone:

- sumaryczna powierzchnia budynków,
- położenie środków geometrycznych,
- stosunek długości do szerokości w tolerancji miary,
- powierzchnia trójkąta rozpoznawalności.

Jednym ze stosowanych rozwiązań jest zmiana wymiarów największego obiektu w podzbiorze (rys. 6).

Rys. 6. Typifikacja zabudowy



### Przewiększanie obiektu

W trakcie hierarchizacji identyfikowane są wierzchołki obiektów, które w docelowej skali są nierozpoznawalne. Łatwo wyobrazić sobie sytuację, w której budynek lub jego część, istotne ze względu na cechy semantyczne lub charakterystyczny kształt budynku ulegają uproszczeniu, schematyzacji lub eliminacji. W takiej sytuacji uruchomiony zostanie operator przewiększania z wykorzystaniem normy (7). Warunek, który muszą spełniać sąsiadujące wierzchołki o odległości mniejszej niż  $\epsilon_{03}$ , to:

$$d_s = 2,5 \times \epsilon_{03} \quad (17)$$

gdzie:

$d_s$  – najkrótsza odległość dla trójkąta elementarnego o najkrótszej długości boku 0,4 mm pomiędzy wierzchołkami nie spełniającymi warunku (7), a obrysem budynku.

Wyznaczenie nowych wierzchołków spełniających warunki (7) i (17)<sup>2</sup> zapewnia rozpoznawalność charakterystycznej części budynku, a utworzone wierzchołki nazwiemy matematycznymi (rys. 2).

### Weryfikacja

Jedną z najważniejszych czynności dla każdego automatycznego procesu jest weryfikacja uzyskanego wyniku. Bez zastosowania normy można oceniać wynik procesu metodami statystycznymi, wykorzystującymi informację o: liczbie obiektów przed i po procesie, zmia-

<sup>2</sup>Warunek (17) zachowuje powierzchnię 40 m<sup>2</sup> ustaloną empirycznie przez W. Ostrowskiego (2008 s. 160) do prezentacji budynków w skali 1:10 000 o wydłużonym kształcie. Wymiar empiryczny powierzchni, autor zastąpił wymiarami normy:  $\epsilon_{03} = 0,4 \text{ mm} \times 10\,000 = 4 \text{ m}$  i  $d_s = 2,5 \times 0,4 \text{ mm} \times 10\,000 = 10 \text{ m}$ . Obszar dla tych wymiarów ma powierzchnię 40 m<sup>2</sup>, co uwiarygodnia warunek normy (7).

nie wymiarów i odległości (MacMaster, 1986). Jednakże stochastyczna ocena wyników nie daje jednoznacznej odpowiedzi czy wynik procesu jest poprawny. Jednym ze wskaźników jakości wyniku procesu automatycznej generalizacji obiektów zabudowy jest liczba powstałych konfliktów (Kozioł, 2011). Według autora liczba konfliktów wpływa na kolejność wykonywanych operatorów. Norma natomiast pozwala usuwać konflikty na drodze automatycznej, co wykazali Chrobak (1999) i Żukowska (2009).

Chrobak (1999) i Kozioł (2009) wykazali, że jednoznacznym miernikiem poprawności automatycznego procesu upraszczania geometrii zabudowy jest przemieszczenie się w procesie środka geometrycznego obiektu. Jeżeli wyznaczony odcinek przekracza wartość warunku (7) oznacza to, że obiekt uległ przekształceniu, które nie zachowuje normy. Odnotowanie nie zachowania normy pozwala na ingerencję operatora w konkretnych miejscach mapy.

## Wnioski

1. Zastosowanie normy zwiększa stopień automatyzacji procesu generalizacji obiektów zabudowy poprzez możliwość:
  - uporządkowania zbioru wejściowego,
  - uzyskania hierarchii wewnętrznej wierzchołków obiektów,
  - weryfikację wyniku procesu ze względu na geometrię i semantykę.
2. Wymienione trzy czynniki uzupełniają model Brassela i Weibla o wymierny sposób weryfikacji procesu generalizacji obiektów.
3. Norma ma zastosowanie w poszczególnych operatorach generalizacji zabudowy, a także do ich oceny z dokładnością trójkąta rozpoznawalności i weryfikacji jednoznaczności procesu.
4. Utworzenie minimalnego drzewa rozpinającego i wykorzystanie normy pozwala na jednoznaczne wykonywanie agregacji i scharakteryzowanie otoczenia budynku, umożliwiając przejście od pojedynczych obiektów (budynki) do obiektów złożonych (zabudowa).

## Literatura

- Anders K.-H., 2003: A hierarchical graph-clustering approach to find groups of objects. [In:] Technical Paper, ICA Commission on Map Generalization, 5th Workshop on Progress in Automated Map Generalization (Paris: IGN).
- Anders K.-H., Sester M., 2000: Parameter-free cluster detection in spatial databases and its application to typification. [In:] Proceedings of IAPRS, vol. 33, Amsterdam.
- Brassel K., Weibel R., 1988: A review and conceptual framework of automated map generalization, *International Journal of Geographical Information Systems* 2 (3).
- Burghardt D., Ceconi A., 2007: Mesh simplification for building typification. *International Journal of Geographical Information Science* Vol. 21, No. 3, March 2007: 283-298.
- Chrobak T., 1999: Badanie przydatności trójkąta elementarnego w komputerowej generalizacji kartograficznej. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne. AGH, Kraków.
- Chrobak T., 2009: Przydatność osnowy kartograficznej i metody obiektywnego upraszczania obiektów do aktualizacji danych w BDT. *Geomatics and Environmental Engineering* 3(1/1): 81-90.
- Chrobak T., 2010: The role of least image dimensions in generalized of object in spatial databases. *Geodesy and Cartography* 59(2): 99-120.
- Chrobak T., Kozioł K., 2009: Digital cartographic generalization of buildings layer in creating data of the topographical database. *Archives of Photogrammetry, Cartography and Remote Sensing* vol. 19: 59-69.

- Jarvis R., Patrick E., 1973: Clustering using a similarity measure based on shared near neighbours. [In:] *IEEE Transactions on Computers*, Vol. 22, No 11: 1025-1034.
- Kirkpatrick D., Radke J., 1985: A framework for computational morphology. [In:] Toussaint G. (ed.), *Computational Geometry*, North-Holland, 217-248.
- Koziol K., 2006: Eliminacja obiektów liniowych z zastosowaniem regionów strukturalnych na przykładzie sieci drogowej. *Roczniki Geomatyki* t. 4, z. 3:109-117, PTIP, Warszawa.
- Koziol K., 2011: Porównanie wybranych algorytmów upraszczania linii na przykładzie reprezentatywnego obszaru testowego. *Roczniki Geomatyki* t. 9, z. 1: 49-57, PTIP, Warszawa.
- Koziol K., 2012: The importance of fixed points in the simplification process, *Archives of Photogrammetry, Cartography and Remote Sensing*, Vol. 23: 169-177.
- McMaster R. B., 1986: A Statistical Analysis of Mathematical Measures for Linear Simplification. *The American Cartographer* 13(2): 103-117.
- Regnauld N., 1996: Recognition of building clusters for generalization. [In:] Proceedings of the 7th International Symposium on Spatial Data Handling, Delft, 4B.1-4B.14.
- Regnauld N., McMaster R.B., 2007: A synoptic view of generalisation operators. [In:] Mackaness W.A., Ruas A., Sarjakoski L.T. (eds), *Generalisation of geographic information: cartographic modelling and applications*. Oxford, UK: Elsevier, 37-66.
- Richardson D. E., 1993: Automatic spatial and thematic generalization using a context transformation model. Doctoral dissertation, Wageningen Agricultural University, Ottawa (Canada).
- Saliszczew K. A., 1998: *Kartografia ogólna*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
- Toussaint G., 1980: The relative neighborhood graph of a finite planar set. [In:] *Pattern Recognition*, vol. 12: 261-268.
- Żukowska M., 2009: Resolving of internal graphic conflicts of broken lines, which shape is subject to simplification. *Geomatics and Environmental Engineering* vol. 3 no. 1: 61-68.

### **Abstract**

*The legal regulations as regards functioning of the spatial data resources in Poland entail interoperability, harmonisation and automation of processes. The assumed automation concerns, among others, the digital generalization of DLM, which should allow multirepresentation of data. In the case of Georeference Database of Topographic Objects GBDOT the generalisation process is also employed during collection and updating of data. It is possible to satisfy the requirement of high automation level if the conditions of data orderliness, classification and hierarchisation are fulfilled and unambiguity of the process is ensured. The author's research focuses on automation of the generalisation process. It consists in defining the algorithms for generalisation operators, taking into account the drawing recognisability norm. The following operators were examined: simplification, elimination, rectangularisation, shifting, joining and typification.*

*The use of the drawing recognisability norm eliminates the parameter, which has been hitherto determined by the user for the generalisation operators. As a result, the unambiguity of the generalisation process is preserved and its verification is possible.*

dr inż. Krystian Koziol  
krystian.koziol@agh.edu.pl  
tel. 12 617 23 85

**Załącznik**

## Zestawienie operatorów i ich zależności od normy

<b>Operator</b>	<b>Opis działania</b>	<b>Norma w operatorze</b>
Hierarchia wierzchołków	– hierarchia wierzchołków zgodnie z rozpoznawalnością i dodatkowymi warunkami; – utworzenie punktów matematycznych	Norma rozpoznawalności 0,4 M przy ustalaniu hierarchii wierzchołków oraz dodawaniu punktów matematycznych $C^2 \rightarrow C^1$ oraz $C^1 \rightarrow C^1$
Eliminacja budynków	– eliminacja obiektów zabudowy niespełniających wymogów wielkości dla danej skali; – ustalenie progów generalizacji dla obiektu	Norma sprawdza rozpoznawalność budynków i oznacza obiekty nierozpoznawalne (MBR, ConvexHulls)
Prostokątowanie	– badanie kątów między wierzchołkami; – zmiana wartości kątów dla wierzchołków niskiej hierarchii	Badanie zmiany wartości kątowej przy nie przekroczonej wartości normy 0,4 M dla wierzchołków
Buforowanie	– wirtualny bufor przylegania; – prostokątny bufor oparty o wartość rozpoznawalności	Wielkość odległości buforowania = 0,4 M
Przewiększanie	– zmiana rozmiaru budynku lub jego części dla wysokiej istotności jego funkcji względem innych budynków funkcja dla tworzenia DCM; – typyfikacja	Wielkość przewiększenia zależna od normy
Przesuwanie	– zmiana położenia granicy budynków lub jego części w celu usunięcia nierozpoznawalnych przestrzeni między budynkami; – usuwanie poligonów resztkowych	Wielkość odległości przesunięcia = 0,4 M oraz $2,5 \times 0,4 M$
Łączenie	– usuwanie granicy między obiektami o jednokowej wartości wybranego atrybutu	Wielkość odległości badania położenia obiektu = 0,4 M