

Michał LUPA, Wojciech SARLEJ, Adam PIÓRKOWSKI  
Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Katedra Geoinformatyki  
i Informatyki Stosowanej

Artur KRAWCZYK

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Katedra Ochrony Tere-  
nów Górniczych, Geoinformatyki i Geodezji Górniczej

## WYKORZYSTANIE METOD MORFOLOGII MATEMATYCZNEJ W PROCESIE GENERALIZACJI BAZ DANYCH PRZESTRZENNYCH<sup>1</sup>

**Streszczenie.** Niniejszy artykuł porusza temat generalizacji obiektów geometrycznych w bazach danych przestrzennych, na podstawie metod morfologii matematycznej. Zbadano wpływ przykładowych operacji, tj.: erozji, dylatacji, otwarcia i zamknięcia, na stopień szczegółowości danych oraz efektywności czasowej zapytań. Wykazano, iż metody morfologii matematycznej w połączeniu z algorytmami redukcji wierzchołków mogą być traktowane z powodzeniem jako nowatorskie podejście w procesie optymalizacji baz danych przestrzennych.

**Słowa kluczowe:** bazy danych przestrzennych, generalizacja danych, morfologia matematyczna, optymalizacja baz danych przestrzennych

## USING MATHEMATICAL MORPHOLOGY METHODS IN THE PROCESS OF GENERALIZATION IN SPATIAL DATABASES

**Summary.** This article describes the issue of geometric objects generalization in spatial databases with methods of mathematical morphology. The authors studied the impact of exemplary operations, i.e.: erosion, dilatation, opening, closing on the level of the data details and time efficiency of queries. It has been shown that the mathematical morphology methods can be successfully treated as a novel approach in spatial databases optimization.

**Keywords:** spatial databases, data generalization, mathematical morphology, spatial databases optimization

---

<sup>1</sup> Praca finansowana w ramach badań statutowych Katedry Geoinformatyki i Informatyki Stosowanej

## 1. Wprowadzenie

Bazy danych przestrzennych pełnią kluczową rolę we współczesnych systemach informacyjnych, których podstawą jest przetwarzanie informacji geograficznej. Znaczący postęp technologiczny w dziedzinie kartografii komputerowej zaowocował powstaniem Systemów Informacji Geograficznej (ang. *Geographic Information Systems*, w skrócie – GIS). Dane katalogowane dotychczas w formie analogowej (za pomocą map papierowych), zaczęto poddawać procesowi digitalizacji, ten zaś wymagał opracowania odpowiednich metod archiwizacji tak przygotowanych danych. Doprowadziło to do powstania dwóch standardów: OGC [1, 2] i SQL/MM – Spatial [3], pozwalających na zunifikowanie formatów przechowywania danych – WKB (ang. *Well-Known Binary*), definiowania obiektów – WKT (ang. *Well-Known Text*) oraz funkcji, stanowiących przestrzenne rozszerzenie języka SQL [4].

Wraz z rozwojem technik pozyskiwania danych, pozwalających na gruntowną analizę powierzchni ziemi, pojawiły się opracowania cechujące się wysoką rozdzielczością. Spowodowało to zwiększenie objętości przetwarzanych danych na skutek wzrostu szczegółowości składowanych obiektów geometrycznych, a co za tym idzie obniżenie efektywności czasowej wykonywanych operacji po stronie bazy. To natomiast wymusiło na twórcach oprogramowania konieczność rozwoju metod, które mogłyby zredukować czas oraz złożoność operacji związanych z analizą danych przestrzennych. Niestety problem ten jak dotychczas pozostaje zagadnieniem, którego rozwiązania są trudno dostępne, a co za tym idzie nie są powszechnie znane. Wśród opracowań pozwalających na zwiększenie efektywności zapytań obserwujemy tendencję, w której autorzy skupiają się na składni języka SQL. Jednym z nich jest praca [5], związana z przekształceniami algebraicznymi zapytań. Autorzy [6, 7] zwrócili uwagę na możliwość wykorzystania algebry Peano do dekompozycji zapytań, zaś w przypadku [8] zaproponowano regułę optymalizację zapytań już na etapie ich tworzenia. W niniejszym artykule skupiono się jednak na podejściu, w którym zwiększanie efektywności zapytań odbywa się poprzez odpowiednie przygotowanie danych – ich generalizację.

Klasyczny proces cyfrowej generalizacji kartograficznej polega na tworzeniu widoków danych w skalach mniejszych, na podstawie źródłowych baz danych przestrzennych, w taki sposób, aby obiekty były rozpoznawalne, zgodnie z normą rozpoznawalności, a przekaz informacji jednoznaczny [9, 10, 11].

Generalizacja kartograficzna, jako jedna z metod optymalizacji baz danych, powinna być szczególnie stosowana wtedy, kiedy możliwa jest generalizacja bezstratna (przypadek rzadki). Metody generalizacji stratnej natomiast mają sens tylko i wyłącznie przy zadanym wskaźniku jakości (normie rozpoznawalności) [8]. Koncepcja przyjęta przez autorów nieco różni się od klasycznych metod generalizacji i bazuje na podstawowych operacjach morfolo-

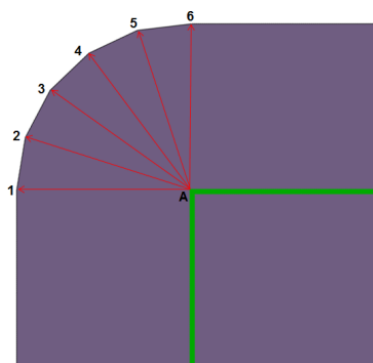
gii matematycznej, które zostały wykorzystane do odpowiedniego przygotowania danych poprzez ich uproszczenie.

## 2. Morfologia matematyczna w procesie generalizacji baz danych przestrzennych

Przekształcenia morfologiczne w komputerowej analizie obrazu są jednym z najważniejszych typów operacji. W ich wyniku zmieniona zostaje struktura obiektów widocznych na obrazie. Operacje morfologiczne dzielą się na operacje podstawowe (erozja, dylatacja) oraz złożone (otwarcie, zamknięcie) [12].

Alternatywnym podejściem do zagadnienia generalizacji baz danych przestrzennych jest wykorzystanie metod morfologii matematycznej, która ma sens wyłącznie przy założeniu, iż poszczególne warstwy mapy traktowane są jak obrazy cyfrowe. Ponadto, dane na mapach cyfrowych reprezentowane są przez obiekty geometryczne, dlatego wyżej wymienione algorytmy można z powodzeniem stosować w procesie przygotowania danych przestrzennych.

W wyniku działania algorytmów implementujących metody morfologiczne zaobserwowano znaczący wzrost liczby nieistotnych punktów. W pracy [4] wykazano, iż liczba wierzchołków ma kluczowy wpływ na czas przetwarzania danych, opłacalne zatem stało się zastosowanie procedury, która wpłynie na redukcję szczegółowości mapy.



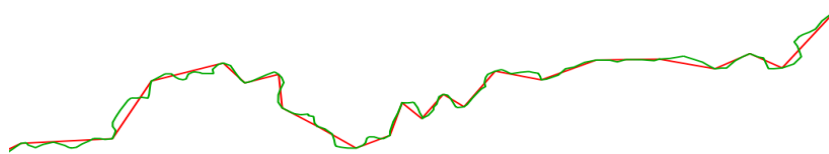
Rys. 1. Wierzchołek A przekształcony na sześć wierzchołków zbędnych

Fig. 1. Point A transformed into six new points

Powyższy rysunek (rys. 1) przedstawia przypadek, w którym wierzchołek A został wygładzony. W wyniku tej operacji powstało sześć wierzchołków, które z punktu widzenia analizy są zbędne, a ich obecność znacząco wpływa na prędkość obliczeń, co wykazano w późniejszych rozdziałach. Również w wyniku akwizycji obciążonej pewnym błędem lub digitalizacji automatycznej powstają punkty, które nie są istotne z punktu widzenia późniejszej analizy czy wizualizacji. W przypadku wizualizacji obiektów przy odpowiednim oddaleniu, obiekty małe, w których załamania linii leżą blisko siebie, są wyświetlane jako linia prosta lub nawet, przy dużym oddaleniu, jako pojedynczy punkt. Pomimo tego, iż użytkownik nie

widzi detali, do pamięci komputera załadowane są współrzędne, które, choć nieistotne, znacząco wpływają na czas wizualizacji.

W pracy skorzystano z algorytmu upraszczania Douglasa-Peuckera, który jest iteracyjną metodą redukcji punktów krzywej (rys. 2), opierającą się na podejściu całościowym [13].



Rys. 2. Przykład użycia algorytmu Douglasa-Peuckera: zielona linia<sup>2</sup> – oryginał, czerwona linia – uproszczenie przy użyciu algorytmu D-P

Fig. 2. An example of using Douglas-Peucker algorithm

### 2.1. Erozja i dylatacja

Działaniu erozji poddane zostały obiekty reprezentujące warstwę linii brzegowej. W wyniku przekształcenia obiekty na mapie zmniejszyły swoją wielkość. W przypadku wybrzeża usunięte zostały niewielkie wyspy oraz półwyspy. Brzegi wieloboków zostały wygładzone, a przewężenia, będące w rzeczywistości zatokami, zwiększyły swój rozmiar. W zależności od wielkości użytego elementu strukturalnego, mapa wynikowa traci na szczegółowości, jednocześnie zachowując największe pod względem powierzchni wieloboki, które również zostały zmniejszone. Obiekty poddane dylatacji zwiększyły rozmiar, a te, które były położone blisko siebie, zostały połączone, tworząc pojedyncze, większe wieloboki. Zatoki i otwory wewnątrz obszarów zostały zamknięte.

Jak wspomniano wcześniej, erozja i dylatacja są metodami, które w znaczny sposób modyfikują kształt oryginalnych obiektów, więc nie przeprowadzano na nich testów, a jedynie posłużyły one do przeprowadzenia innych przekształceń morfologicznych. Poniżej przedstawiono przykładowe wyniki operacji, w których mapa została poddana działaniu erozji (rys. 3).



Rys. 3. Po lewej – mapa przed erozją, po prawej – mapa po dwukrotnej erozji

Fig. 3. At the left – a map before erosion, at the right a map – after double erosion

<sup>2</sup> Rysunki w kolorach dostępne są na portalu zeszytów Studia Informatica: <http://znsl.aei.polsl.pl/>.

## 2.2. Otwarcie

Otwarcie, czyli złożenie erozji i dylatacji, doprowadziło do zredukowania liczby drobnych szczegółów. Wyspy leżące blisko lądu zostały z nim połączone, przewężenia zostały usunięte, przez co powstały nowe obiekty na mapie (rys. 4). Obraz generalizowany operacją otwarcia o dużym elemencie strukturalnym, cechuje się niską szczegółowością oraz wygładzonymi brzegami (rys. 5).



Rys. 4. Po lewej – mapa przed operacją otwarcia, po prawej – mapa po otwarciu elementem strukturalnym 1

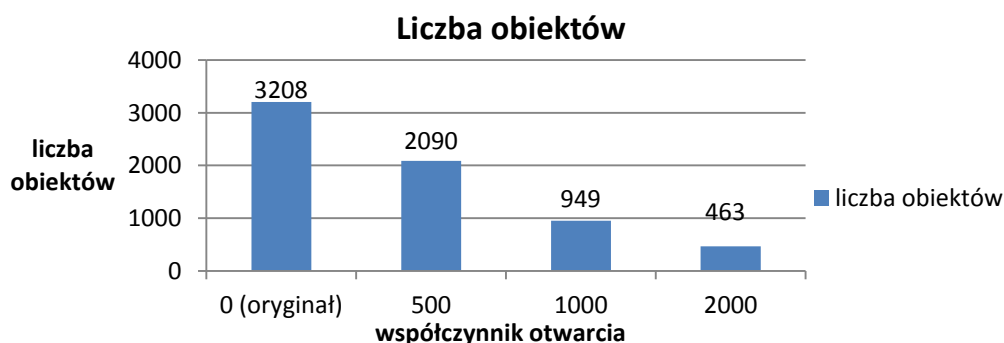
Fig. 4. At the left – a map before opening, at the right – a map after opening with ‘1’



Rys. 5. Po lewej – mapa po otwarciu elementem strukturalnym 2, po prawej – mapa po otwarciu elementem strukturalnym 4

Fig. 5. At the left – a map after opening with ‘2’, at the right after – a map after opening with ‘4’

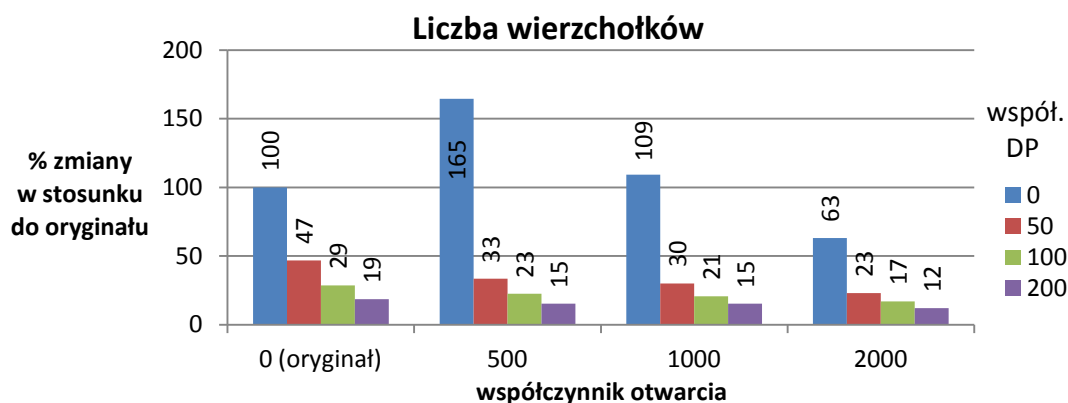
### 2.2.1. Podstawowe statystyki



Rys. 6. Wykres liczby obiektów w zależności od wielkości elementu strukturalnego i współczynnika Douglasa-Peuckera

Fig. 6. The number of the objects depending on structural element size and Douglas-Peucker rate

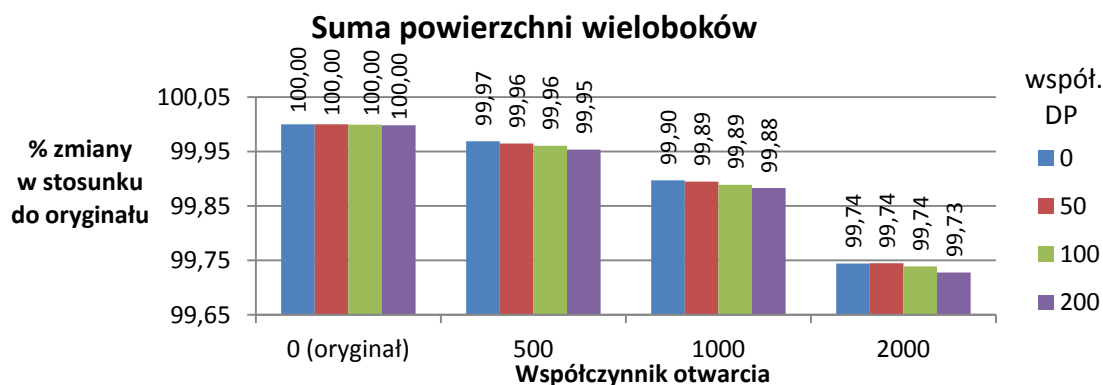
Liczba obiektów ulega zmniejszeniu wraz ze wzrostem współczynnika otwarcia. Zgodnie z definicją, usunięte zostały małe obiekty, choć na skutek eliminacji przewężeń powstały nowe wieloboki (rys. 6). Otwarcie znacząco przyczynia się do spadku liczby szczegółów, a co za tym idzie wzrostu wydajności bazy danych, w której składowane są dane przestrzenne. Należy również zauważyć, iż wielkość współczynnika algorytmu Douglasa-Peuckera, służącego do redukcji wierzchołków, nie wpływa na liczbę obiektów na mapie (rys. 7). Do testów wykorzystano przykładowe dane obszaru Alaska [14].



Rys. 7. Wykres liczby wierzchołków w zależności od wielkości elementu strukturalnego i współczynnika Douglasa-Peuckera

Fig. 7. The number of vertices depending on structural element size and Douglas-Peucker rate

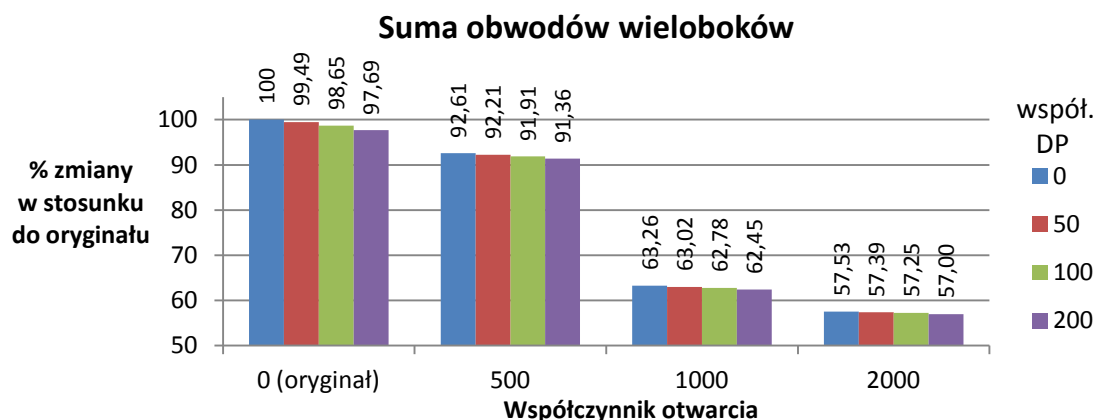
Zgodnie z opisaną wcześniej cechą, otwarcie, wygładzając brzegi wieloboków, wpływa na wzrost liczby wierzchołków. W wyniku działania otwarcia o współczynniku 500, wzrost jest znaczący i wynosi ponad 64% w stosunku do oryginału. Z tego powodu do redukcji punktów użyto funkcji Douglasa-Peuckera. Na podstawie uzyskanych wyników można wnioskować, iż operacje morfologiczne muszą być powiązane z algorytmami redukującymi liczbę wierzchołków, ponieważ wyraźnie wpływają na ich liczbę. Jak wykażą kolejne badania, liczba wierzchołków ma również duże znaczenie przy wydajności przetwarzania bazy danych.



Rys. 8. Wykres sum powierzchni w zależności od wielkości elementu strukturalnego i współczynnika Douglasa-Peuckera

Fig. 8. The sum of areas depending on structural element size and Douglas-Peucker rate

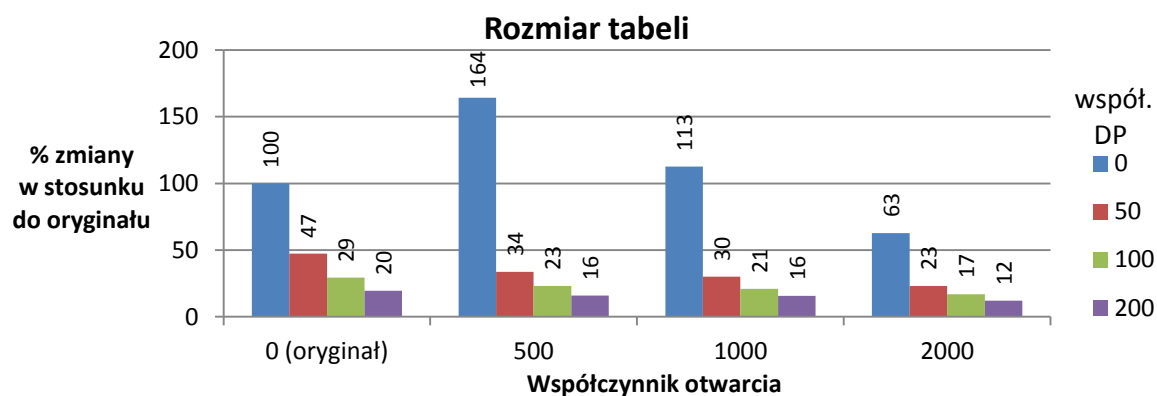
Operacja otwarcia nieznacznie zmniejsza generalizowany obszar. Z uwagi na bardzo dużą powierzchnię analizowanego wieloboku, zmiany są mniejsze niż 1%. Modyfikacja współczynnika algorytmu Douglasa-Peuckera ma bardzo niewielki udział w redukcji powierzchni. Należy mieć na uwadze, że pomimo braku widocznych zmian na wykresie, redukcja wierzchołków ma wpływ też na wielkość pola powierzchni, jednak w przypadku analizowanego obszaru nie przekracza on 0,01% (rys. 8).



Rys. 9. Wykres sum obwodów w zależności od wielkości elementu strukturalnego i współczynnika Douglasa-Peuckera

Fig. 9. The sum of perimeters depending on structural element size and Douglas-Peucker rate

Znacząca procentowa zmiana długości obwodów przy współczynniku otwarcia 1000 oznacza, iż zakres działania operacji z tym parametrem uchwycił najwięcej szczegółów (rys. 9). Można to wyjaśnić odległością od głównych wieloboków, która pozwalała na ich redukcję poprzez przyłączenie do większych obiektów lub całkowite usunięcie.



Rys. 10. Rozmiar tabeli przechowującej geometrię w zależności od wielkości elementu strukturalnego i współczynnika Douglasa-Peuckera

Fig. 10. The size of the table that stores the geometry depending on structural element size and Douglas-Peucker rate

Zgodnie ze specyfikacją przechowywania danych w standardzie OpenGIS, liczba wierzchołków bezpośrednio wpływa na rozmiar bazy danych przechowującej dane przestrzenne. Wykresy liczby wierzchołków (rys. 7) oraz rozmiaru tabeli geometrii (rys. 10) są ze sobą silnie skorelowane.

### 2.2.2. Czasy wykonywanych zapytań

Za czas przetwarzania zapytań przyjęto minimalny czas uzyskany w wyniku przeprowadzenia trzech pomiarów. Wyniki przedstawiono w postaci procentowej, gdzie 100% to czas wykonywania zapytania na oryginalnej mapie, bez żadnych modyfikacji.

W ramach badań wykorzystano przykładowe dane obszaru Alaska, udostępnione przez twórców oprogramowania QuantumGIS [14]. Analizę ograniczono do dwóch warstw: „alaska”, stanowiącej warstwę bazową, obejmującą granicę obszaru Alaski, oraz „trees”, przedstawiającej tereny zalesione. Zaproponowano następujące zapytania testowe:

Z1 – zapytanie badające rozłączność warstw „alaska” oraz „trees”:

```
SELECT * FROM alaska, trees WHERE ST_Disjoint(alaska.geom, trees.geom);
```

Z2 – zapytanie badające przecięcia warstw „alaska” oraz „trees”:

```
SELECT * FROM alaska, trees WHERE ST_Overlaps(alaska.geom, trees.geom);
```

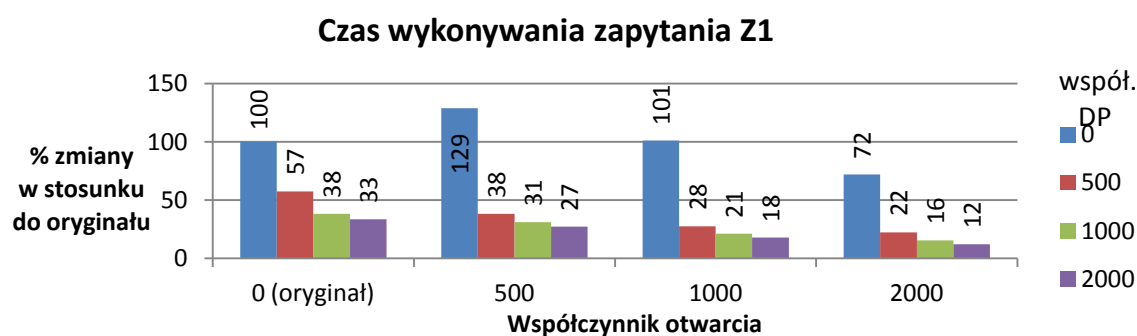
Z3 – zapytanie, które w wyniku zwraca te obszary warstwy „alaska”, w których zawiera się warstwa „trees”:

```
SELECT * FROM alaska, trees WHERE ST_Contains(alaska.geom, trees.geom);
```

Badania zostały przeprowadzone na komputerze o następującej specyfikacji:

- konfiguracja sprzętowa:
  - procesor: Intel Core i7; 3,4 GHz,
  - pamięć RAM: 4 GB,
  - dysk twardy: 750 GB; 7200 RPM .
- konfiguracja programowa:
  - system operacyjny: Windows 7, z zainstalowanym Service Pack 1,
  - PostgreSQL w wersji 9.1.2, z systemem PostGIS w wersji 2.0.0.

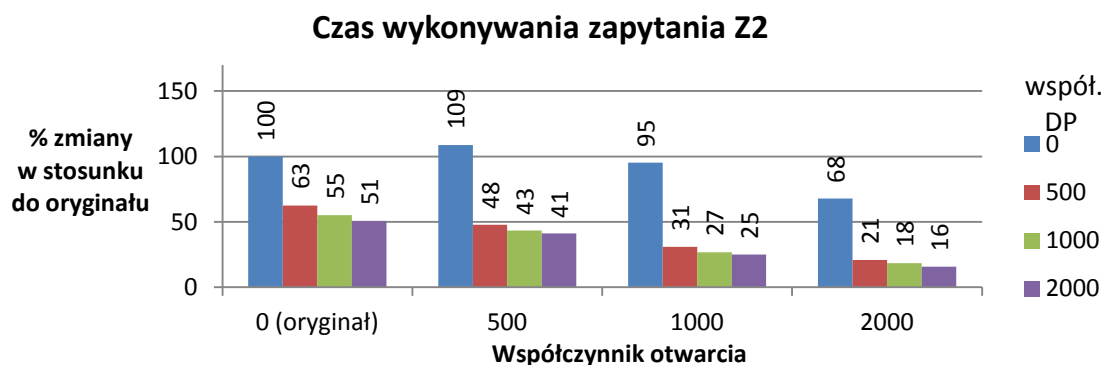
Badania przeprowadzono przy wyłączonej pamięci podręcznej, która znacznie przyspiesza pracę systemu zarządzania bazą danych, jednak w trakcie testów wydajności prowadzi do fałszywych pomiarów czasów.



Rys. 11. Wykres czasu wykonywania zapytania Z1 w zależności od wielkości elementu strukturalnego i współczynnika Douglasa-Peuckera

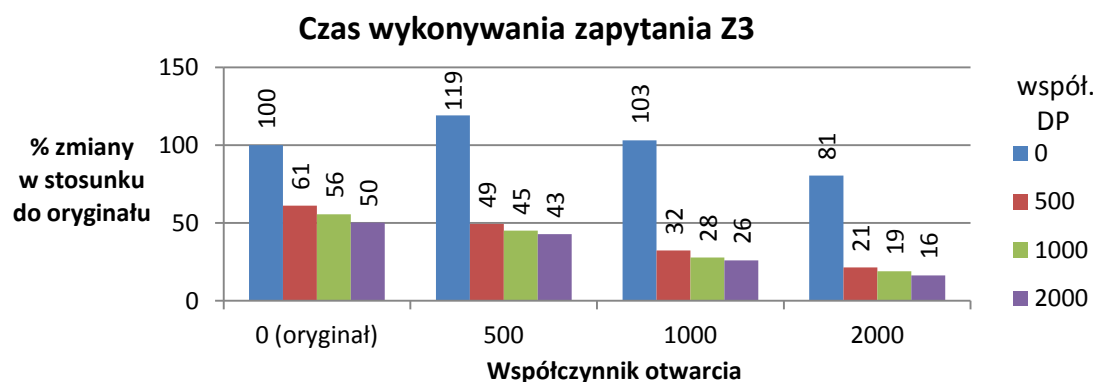
Fig. 11. Minimal query times for Z1 query depending on structural element size and Douglas-Peucker rate





Rys. 12. Wykres czasu wykonywania zapytania Z2 w zależności od wielkości elementu strukturalnego i współczynnika Douglasa-Peuckera

Fig. 12. Minimal query times for Z2 query depending on structural element size and Douglas-Peucker rate



Rys. 13. Wykres czasu wykonywania zapytania Z3 w zależności od wielkości elementu strukturalnego i współczynnika Douglasa-Peuckera

Fig. 13. Minimal query times for Z3 query depending on structural element size and Douglas-Peucker rate

Z uzyskanych czasów wynika, iż generalizacja za pomocą metod morfologicznych jest skuteczna tylko w połączeniu z algorytmem upraszczającym linie. Bezpośredni wpływ na czas wykonywania zapytań ma liczba wierzchołków, która w przypadku otwarcia bez zastosowania algorytmu Douglasa-Peuckera znacznie się zwiększa (rys. 11, 12, 13). Nawet pomimo usunięcia około 70% obiektów, czas zapytania nieznacznie wzrasta, z uwagi na wygładzenie linii, przez które pojawiają się dodatkowe, zbędne wierzchołki.

### 2.3. Zamknięcie

W wyniku działania operacji zamknięcia, wypełnione zostały drobne otwory wewnątrz obiektów oraz zatoki, a linia brzegowa została wygładzona (rys. 14). Istotną rzeczą jest to, iż w odróżnieniu od pojedynczej erozji lub dylatacji, kształt oraz wielkość dużych obiektów na mapie nie uległy znaczącej zmianie (rys. 15).



Rys. 14. Po lewej – mapa przed operacją zamknięcia, po prawej – mapa po zamknięciu elementem strukturalnym 1

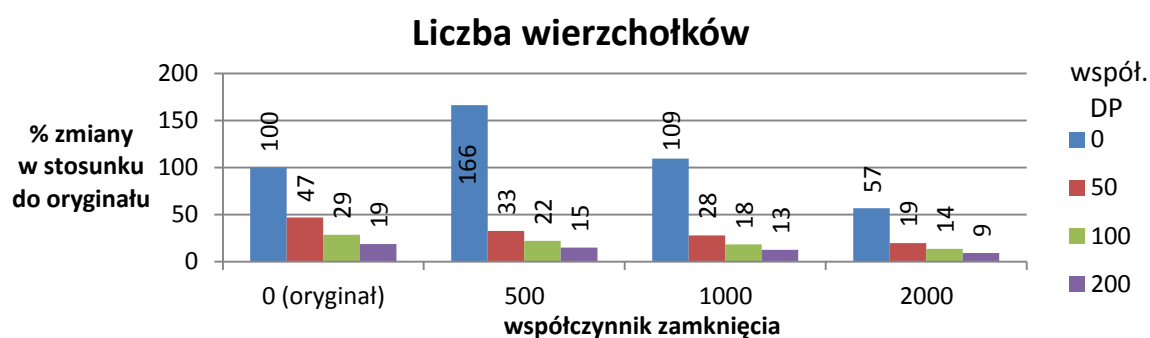
Fig. 14. At the left – a map before closing operation, at the right – a map after double closing operation with structural element '1'



Rys. 15. Po lewej – mapa po zamknięciu elementem strukturalnym 2, po prawej – mapa po zamknięciu elementem strukturalnym 4

Fig. 15. At the left – a map after closing with '2', at the right – a map after closing with '4'

### 2.3.1. Podstawowe statystyki



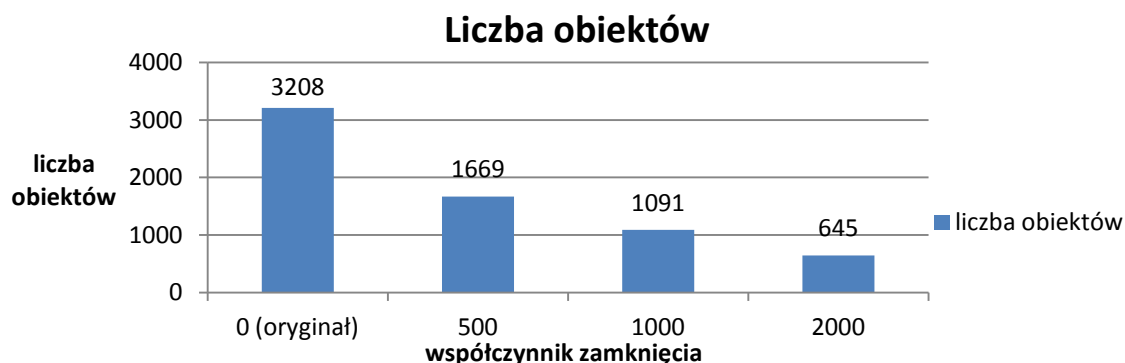
Rys. 16. Wykres liczby wierzchołków wieloboków w zależności od wielkości elementu strukturalnego i współczynnika Douglasa-Peuckera

Fig. 16. The number of vertices depending on structural element size and Douglas-Peucker rate

Analogicznie do operacji otwarcia, wykazano, iż samo przekształcenie morfologiczne jest nieefektywne i przynosi dużo lepsze wyniki w połączeniu z algorytmem redukcji wierzchołków (rys. 16).

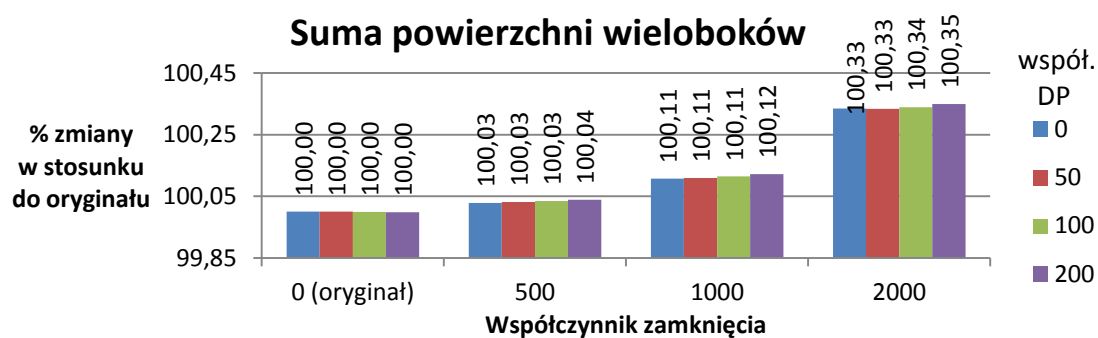
Zamknięcie spowodowało znaczną zmianę liczby obiektów. Już w przypadku, w którym współczynnik zamknięcia był równy 500, zanotowano spadek liczby obiektów o prawie 50%,

zaś w przypadku, kiedy tenże współczynnik wynosił 2000, redukcja obiektów wynosiła około 80% (rys. 17).



Rys. 17. Wykres liczby obiektów w zależności od wielkości elementu strukturalnego i współczynnika Douglasa-Peuckera

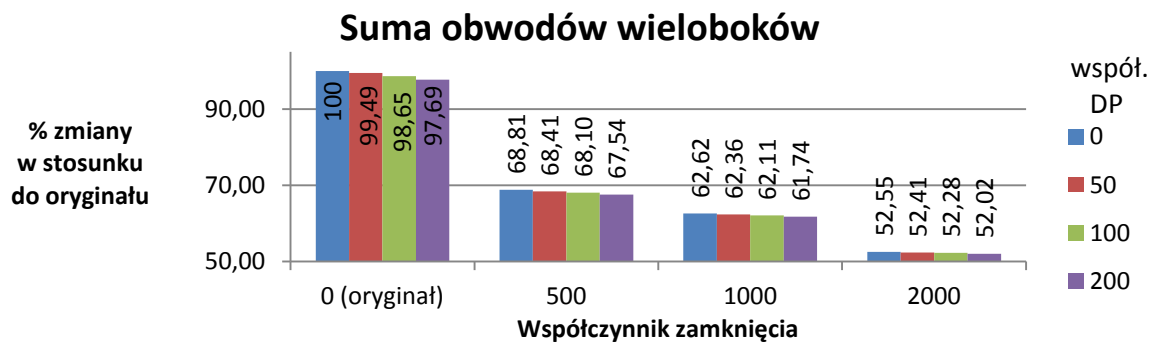
Fig. 17. The number of geometric objects depending on structural element size and Douglas-Peucker rate



Rys. 18. Wykres sum powierzchni wieloboków w zależności od wielkości elementu strukturalnego i współczynnika Douglasa-Peuckera

Fig. 18. The sum of areas depending on structural element size and Douglas-Peucker rate

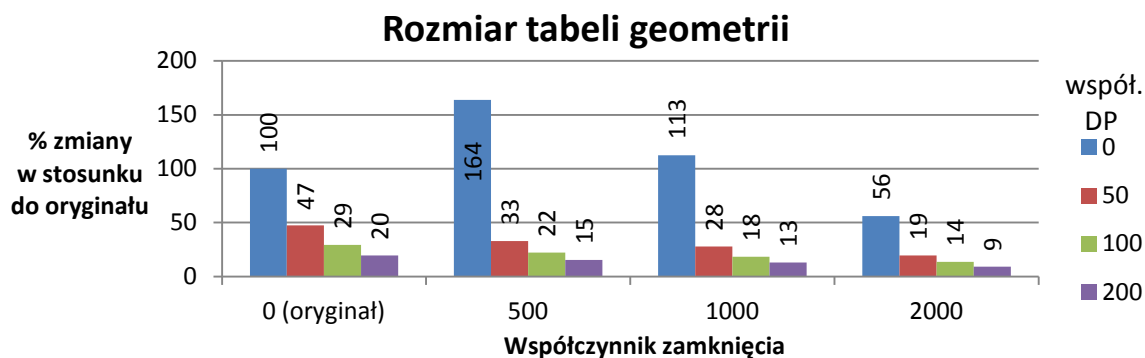
Operacja zamknięcia spowodowała rozrost obszarów. Wypełnienie otworów wewnątrz obiektów oraz zamknięcie zatok doprowadziły do wzrostu powierzchni w stosunku do oryginału (rys. 18).



Rys. 19. Wykres sum obwodów wieloboków w zależności od wielkości elementu strukturalnego i współczynnika Douglasa-Peuckera

Fig. 19. The sum of perimeters depending on structural element size and Douglas-Peucker rate

Użycie największego z przykładowych współczynników zamknięcia znacząco wpływa na obwód generalizowanej mapy (rys. 19). Zmiany wywołane zamknięciem są nieporównywalnie większe niż zmiany spowodowane działaniem algorytmu Douglasa-Peuckera. Oznacza to, iż w generalizacji metodami morfologicznymi, choć redukcja wierzchołków jest konieczna, nie wpływa znacząco na wynik działania metod znanych z analizy obrazu.



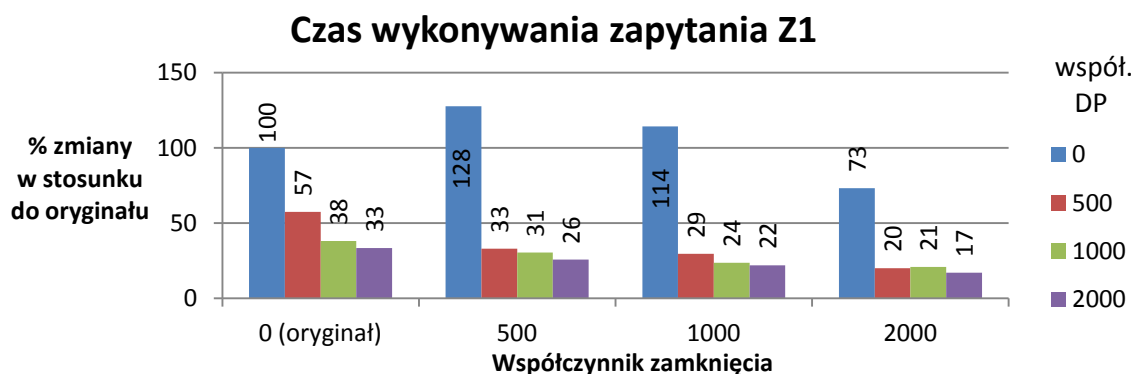
Rys. 20. Wykres rozmiaru tabeli geometrii w zależności od wielkości elementu strukturalnego i współczynnika Douglasa-Peuckera

Fig. 20. The size of the table that stores the geometry depending on structural element size and Douglas-Peucker rate

Analogicznie do operacji otwarcia, rozmiar tabeli, w której przechowywana jest geometria mapy, bezpośrednio wynika z liczby wierzchołków, które przechowuje (rys. 20).

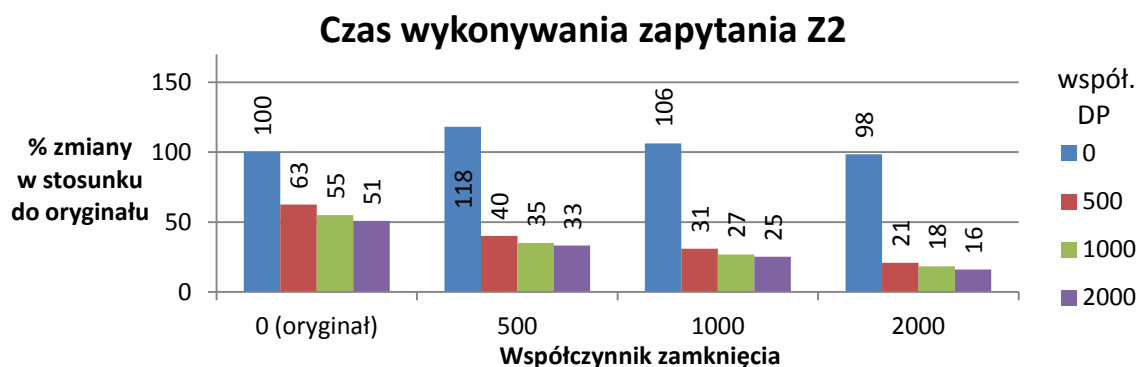
### 2.3.2. Czasy wykonywanych zapytań

Podobnie jak w przypadku operacji otwarcia, zamknięcie musi być połączone z algorytmem redukcji wierzchołków. Z uwagi na efekt wygładzania linii, czasy wykonywania poszczególnych zapytań znacznie rosną, pomimo eliminacji znacznej liczby obiektów (rys. 21, 22, 23).



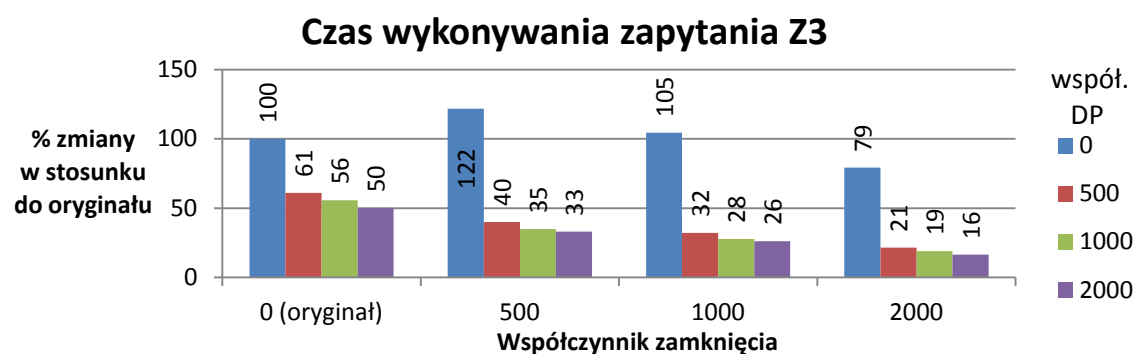
Rys. 21. Wykres czasu wykonywania zapytania Z1 w zależności od wielkości elementu strukturalnego i współczynnika Douglasa-Peuckera

Fig. 21. Minimal query times for Z1 query depending on structural element size and Douglas-Peucker rate



Rys. 22. Wykres czasu wykonywania zapytania Z2 w zależności od wielkości elementu strukturalnego i współczynnika Douglasa-Peuckera

Fig. 22. Minimal query times for Z2 query depending on structural element size and Douglas-Peucker rate



Rys. 23. Wykres czasu wykonywania zapytania Z3 w zależności od wielkości elementu strukturalnego i współczynnika Douglasa-Peuckera

Fig. 23. Minimal query times for Z3 query depending on structural element size and Douglas-Peucker rate

#### 2.4. Morfologia obrazu w relacji do metod kartograficznych

W ramach niniejszej pracy nie dokonano analizy porównawczej pomiędzy metodami morfologii matematycznej obrazu a metodami generalizacji kartograficznej stosowanej w geodezji. Zadanie to znacznie rozszerzyłoby zakres referatu i wymagałoby dużo większej liczby testów. Porównując wspomniane dwa rozwiązania matematyczne, należy mieć na uwadze różnice podejścia do celu generalizacji kartograficznej w stosunku do morfologii matematycznej. Bardzo ważną kwestią w porównywaniu metod i ich rozwiązań są warunki brzegowe ich zastosowania. Morfologia matematyczna dotyczy obrazów o zadanym zakresie (długość i szerokość obrazu jest stała). Generalizacja kartograficzna jest natomiast stosowana przede wszystkim w celu zmiany skali mapy, czyli dostosowania rozpoznawalności obiektów geograficznych do danej skali mapy. Vanzella [15] stwierdził, że algorytm Douglasa-Peuckera jest najbardziej efektywny przy przejściu geometrii ze skali mapy 1:20000 do 1:250000 [10]. Tymczasem w przypadku bazy danych przestrzennych upraszczanie obiektów ma inny cel: optymalizację zapytań przestrzennych.

Ponadto, generalizacja kartograficzna stosuje różne metody w zależności od typów obiektów geograficznych. Szczególnie jest to istotne w przypadku obiektów liniowych – rzeki i drogi. Morfologia matematyczna opracowana została do upraszczania kształtów dowolnego typu. W praktyce jednak stosowana jest do analiz i przekształceń geometrii pochodzenia naturalnego. Stąd też formalnie nie ma przeszkód, aby do upraszczania cech geograficznych zastosować metody morfologii matematycznej.

### 3. Podsumowanie

W dzisiejszych czasach mapy w postaci analogowej wypierane są przez ich komputerowe opracowania. Z powodów ekonomicznych dostęp do zasobów musi być jak najszybszy oraz obciążony jak najmniejszym błędem. Ponadto, w niektórych przypadkach dane na mapach specjalnie są zakłócone, aby niepożądane osoby nie uzyskały dostępu do zastrzeżonych informacji. Coraz większe zbiory danych wymagają odpowiedniej formy przechowywania, która przy wzrastającym stopniu dokładności może prowadzić do obniżenia wydajności systemów. Upraszczenie danych geometrycznych jest bardzo ważną dziedziną kartografii, a obecnie, gdy większość map jest w postaci cyfrowej, możliwe jest użycie metod wcześniej zbyt skomplikowanych, aby były masowo wykorzystywane. Należy jednak pamiętać, iż każda ingerencja w strukturę mapy może prowadzić do fałszywej reprezentacji danych i jej błędnej interpretacji przez użytkownika, dlatego wybór stopnia generalizacji zależy od celu i typu opracowania danej kompozycji kartograficznej. Operacje morfologiczne znane z komputerowej analizy obrazu, z powodzeniem mogą służyć do geometrycznego generalizowania map cyfrowych. Z uwagi na dużą ingerencję w wielkość i kształt obiektów, operacje proste, takie jak erozja i dylatacja, powinny służyć jako etap do uzyskania otwarcia i zamknięcia, które są operacjami mniej inwazyjnymi. Z powodu zaokrąglania brzegów obiektów konieczne jest użycie dodatkowego algorytmu upraszczania linii na przykładzie przytoczonego w pracy algorytmu Douglasa-Peuckera. Teoretycznie możliwe jest użycie elementu strukturalnego o dowolnym rozmiarze, jednak w pewnym momencie mapa stanie się zupełnie nieczytelna. Wybór współczynników generalizacji zależy od efektu, jaki użytkownik chce osiągnąć. Generalizacja przeprowadzona w sposób prawidłowy prowadzi do redukcji punktów, co bezpośrednio przekłada się na krótsze czasy przetwarzania danych oraz czyni bazę danych mniej wymagającą pod względem sprzętowym.

**BIBLIOGRAFIA**

1. OGC – The Open Geospatial Consortium, <http://www.opengeospatial.org/>.
2. OpenGIS Implementation Specification for Geographic information – Simple feature access – SQL option, <http://www.opengeospatial.org/standards/sfs>.
3. ISO/IEC 13249-3:1999, Information technology – Database languages – SQL Multimedia and Application Packages – Part 3: Spatial, International Organization For Standardization, 2000.
4. Piórkowski A., Krawczyk A.: Wpływ generalizacji obiektów na optymalizację zapytań w bazach danych przestrzennych. *Studia Informatica*, Vol. 32, No. 2B (97), Gliwice 2011, s. 119÷129.
5. Helm R., Marriott K., Odersky M.: Constraint-Based Query Optimization for Spatial Databases. *Proc. 10th ACM PODS*, 1991.
6. Bajerski P.: Optimization of geofield queries. *Proceedings of the 1st International Conference on Information Technology*, Gdańsk, Poland 2008, s. 1÷4.
7. Bajerski P., Kozielski S.: Computational Model for Efficient Processing of Geofield Queries. *Proceedings of the International Conference on Man-Machine Interactions, Advances in Intelligent and Soft Computing*, Vol. 59, Kocierz, Poland 2009, s. 573÷583.
8. Lupa M., Piórkowski A.: Regułowa Optymalizacja Zapytań w Bazach Danych Przestrzennych. *Studia Informatica*, Vol. 33, No. 2B (106), Gliwice 2012, s. 105÷115.
9. Chrobak T., Kozioł K., Krawczyk A., Lupa M.: Koncepcja architektury systemu zasilania i generalizacji obiektów przestrzennych na przykładzie zabudowy. *Roczniki Geomatyki*, tom 10, zeszyt 7(57), 2012, s. 7÷14.
10. Chrobak T.: Badanie przydatności trójkąta elementarnego w komputerowej generalizacji kartograficznej. AGH, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, Kraków 1999.
11. Chrobak T.: The role of least image dimensions in generalization of object in spatial databases. *Geodesy and Cartography*, Vol. 59, No. 2, 2010, s. 99÷120.
12. Tadeusiewicz R., Korohoda P.: Komputerowa analiza i przetwarzanie obrazów. Kraków 1997.
13. Douglas D. H., Peucker T. K.: Algorithms for the reduction of the number of Points Required to Represent a Digital Line or its Caricature. *The Canadian Cartographer*, Vol. 10, Issue 2, 1973, s. 112÷122.
14. Alaska dataset, [http://download.osgeo.org/qgis/data/qgis\\_sample\\_data.zip](http://download.osgeo.org/qgis/data/qgis_sample_data.zip).
15. Vanzella L.: Computer assisted map generalization in Alberta. *Euro Carto 7*, Enshende, Netherlands 1988.

Wpłynęło do Redakcji 9 stycznia 2013 r.

### **Abstract**

Performance of operations on the data decreases at high detail level. It is possible to simplify or eliminate the information that is not relevant for some activities. By using morphological methods known from the analysis and digital image processing, possible is reduction of detail, which significantly affects the size and performance of database. Simplification algorithms eliminate the relatively small objects by their reduction or joining them to others. Number of points in the geometry is essential in processing times and therefore the use of morphological methods should involve the use of the reduction algorithm of points on the curve.

### **Adresy**

Michał LUPA: Akademia Górniczo-Hutnicza, Katedra Geoinformatyki i Informatyki Stosowanej, al. Mickiewicza 30, 30-059, Kraków, Polska, mlupa@geol.agh.edu.pl.

Wojciech SARLEJ: Akademia Górniczo-Hutnicza, Katedra Geoinformatyki i Informatyki Stosowanej, al. Mickiewicza 30, 30-059, Kraków, Polska.

Adam PIÓRKOWSKI: Akademia Górniczo-Hutnicza, Katedra Geoinformatyki i Informatyki Stosowanej, al. Mickiewicza 30, 30-059, Kraków, Polska, pioro@agh.edu.pl.

Artur KRAWCZYK: Akademia Górniczo-Hutnicza, Katedra Ochrony Terenów Górniczych, Geoinformatyki i Geodezji Górniczej, al. Mickiewicza 30, 30-059, Kraków, Polska, artkraw@agh.edu.pl.