

## ZNACZENIE PUNKTÓW STAŁYCH OBIEKTU W PROCESIE UPRASZCZANIA<sup>1</sup>

### THE IMPORTANCE OF FIXED POINTS IN THE SIMPLIFICATION PROCESS

Krystian Koziol

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

SŁOWA KLUCZOWE: generalizacja, upraszczanie, norma rozpoznawalności rysunku, klasyfikacja, algorytm Douglasa-Peuckera, algorytm Visvalingama-Whyatta, algorytm Wanga, metoda Chrobaka

STRESZCZENIE: Wieloletnie badania autora nad algorytmami stosowanymi w procesie generalizacji cyfrowego modelu krajobrazu pozwalają autorowi na określenie niezbędnych elementów do jego automatyzacji, do których należy przede wszystkim zaliczyć: uporządkowanie danych i jednoznaczność procesów. W niniejszym artykule autor przedstawia wyniki analiz nad zastosowaniem i wpływem punktów stałych obiektów w generalizacji poprzez zbadanie zachowania się wybranych algorytmów upraszczania. Zgodnie z definicją punktów stałych powinny one pływać w zasadniczy sposób na jakość procesu upraszczania poprzez swoją niezmiennosc w przekształceniach oraz możliwość zastosowania jednoznacznej klasyfikacji danych w procesie. Dla uwidocznienia wpływu punktów stałych na proces upraszczania autor wybrał fragment wybrzeża Walii, a następnie poddał go procesowi upraszczania z wykorzystaniem wybranych algorytmów (Douglas-Peucker, Visvalingam-Whyatt, Wang, Chrobak). Przeprowadzony test daje czytelnikowi jednocześnie możliwość porównania wybranych algorytmów z wykorzystaniem normy rozpoznawalności.

#### 1. WSTĘP

Obecne zadania stawiane przed infrastrukturą danych przestrzennych wymagają stosowania rozwiązań opartych o wielorozdzielcze bazy danych przestrzennych. Bazy o konstrukcji umożliwiającej generowanie widoków obiektów w różnych skalach, wymagają prawidłowo funkcjonujących narzędzi generalizacji. Klasyfikacja danych, jednoznaczność procesów oraz możliwość weryfikacji wyniku to warunki, które muszą zostać spełnione, aby proces generalizacji był możliwy do przeprowadzenia, a prowadzi do zwiększenia poziomu automatyzmu procesu generalizacji. Według autora jednym z operatorów odgrywających główną rolę w procesie generalizacji jest operator upraszczania. Badania nad tym operatorem trwają od połowy ubiegłego wieku. Jako pierwsze algorytmy upraszczania należy wskazać algorytm Perkała (1966), Toblera czy Langa (1969), a za początek badań nad upraszczaniem przyjmuje się publikację Attneave (1954). W latach siedemdziesiątych powstaje jeden z najpopularniejszych algorytmów upraszczania – Douglasa-Peuckera (1973). Największa liczba algorytmów upraszczania powstała jednak pod koniec

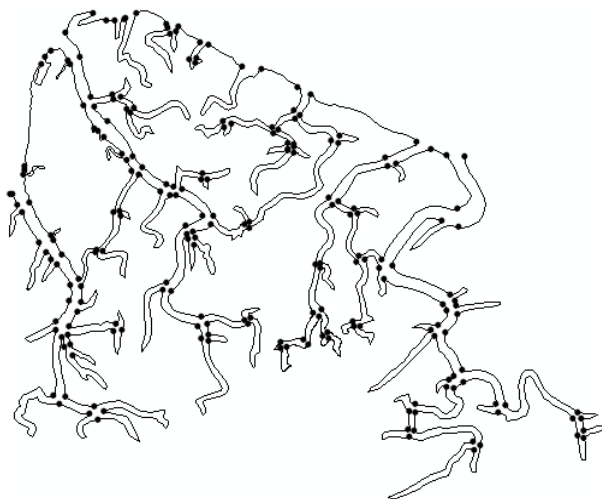
---

<sup>1</sup> Praca wykonana w ramach umowy nr N N526 064340 pt Automatykacja zasilania i aktualizacji danych o budynkach w Wielorozdzielczej Bazie Danych Topograficznych (WBDT) wraz generalizacją danych

ubiegłego wieku. Należy tu wymienić algorytm: Visvalingama i Whyatta (1993), Wanga (1996) oraz metodę Chrobaka (2000). Zajmując się procesem generalizacji, w tym upraszczaniem, należy doprowadzić przede wszystkim do jednoznaczności procesów co jest możliwe poprzez wprowadzenie jednoznacznej klasyfikacji (prowadzi do zwiększenia liczby atrybutów lub segmentacji obiektu) oraz jednoznaczności parametrów. Wprowadzenie punktów stałych obiektu zdefiniowanych przez Chrobaka (2009) jako punkty osnowy kartograficznej, powoduje ich podział na elementy jednorodne pod względem kształtu.

## 2. METODYKA BADAŃ

Punkty stałe obiektu stanowią punkty, które w procesie upraszczania obiektów nie ulegają eliminacji. Dla obiektów liniowych są to współrzędne  $(x, y, z)$  punktów początku i końca łamanej oraz współrzędne punktów wyróżnionych, których stopień węzła  $n > 3$  (Chrobak 2009). Algorytm automatycznego wyznaczenia punktów stałych został przedstawiony na VI Ogólnopolskim Sympozjum Geoinformacyjnym „Mapa w Geoinformacji” Polanica-Zdrój (Kozioł, Szombara, Knecht, 2011) i został on zastosowany dla wybranych obiektów testowych. W celu sprawdzenia wpływu i przydatności wyżej zdefiniowanych i utworzonych punktów stałych, wykonano upraszczanie obiektów wycinku linii brzegowej Wielkiej Brytanii o dość skomplikowanym przebiegu, bez punktów stałych i ze zdefiniowanymi punktami stałymi. Linia brzegowa wybranego fragmentu wybrzeża została udostępniona przez OS OpenData<sup>TM2</sup> i dostarczona w postaci wektorowej w formacie SHAPE (ESRI ©). Testowe obiekty linii brzegowej podzielono na odcinki o początkach i końcach znajdujących się w miejscu złączenia zatoczek. Miejsca te zostały znalezione automatycznie, jako punkty najbliższe punktów matematycznych stanowiących środek geometryczny miejsca połączenia zatoczek (Rys. 1). Te zaś zostały znalezione, jako końce linii powstałych po wykorzystaniu algorytmu zapadania się podwójnych linii do jednej.



Rys. 1. Obiekt testowy z zaznaczonymi punktami stałymi

<sup>2</sup> Contains Ordnance Survey data © Crown copyright and database right 2011

Do przeprowadzenia analizy wpływu punktów stałych na operatory generalizacji wykorzystano istniejące algorytmy dla operatora upraszczania wykonane dla zadanych skal (Tab. 1). Przy tak znacznej liczbie algorytmów upraszczania wybór dokonano na podstawie porównania algorytmów (Kozioł, 2011). Aby przeprowadzona analiza była jednoznaczna należy dla wszystkich algorytmów zastosować jednoznaczny sposób określania wartości miar granicznych warunków geometrycznych. Autor w tym celu zastosował normę rozpoznawalności dla map cyfrowych zdefiniowaną przez Chrobaka (2000). Norma ta reprezentowana przez trójkąt elementarny (Chrobak, 2010) może zostać zastosowana dla każdego algorytmu upraszczania jako miara graniczna (Kozioł, 2011). Oczywiście należy w odpowiedni sposób interpretować trójkąt elementarny w zależności od funkcjonującego w danym algorytmie warunku geometrycznego. Wykorzystując klasyfikację algorytmów zdefiniowaną przez McMastera (1991) wiemy, że algorytmy te zaliczane są do grupy procedur globalnych. Do analizy wybrano cztery algorytmy upraszczania:

- Douglasa-Peuckera,
- Visvalingam i Whyatt,
- Wang,
- metodę Chrobaka.

Algorytm Douglasa-Peuckera (1973) należący do jednych z najpopularniejszych algorytmów upraszczania był już przez autora przywoływany i opisywany (Kozioł, 2011). W procesie uogólnienia, punkty są wyznaczane w segmentach łamanej, dla których rzędne maksymalne są większe lub równe zadanej przez użytkownika tolerancji linowej. W trójkącie elementarnym tolerancję tę określa wysokość tego trójkąta.

Algorytm Visvalinghama-Whyatta (1993) bazuje na kryterium powierzchniowym obliczonym dla każdego badanego wierzchołka. Pierwszym krokiem jest obliczenie powierzchni trójkątów utworzonych na podstawie trzech sąsiadujących wierzchołków, w którym badanym wierzchołkiem jest wierzchołek środkowy. Kryterium powierzchniowe eliminuje wierzchołek tworzący najmniejszy trójkąt, następnie obliczamy ponownie powierzchnie trójkątów. Algorytm kończy działanie, gdy wszystkie trójkąty będą spełniać zadane kryterium powierzchniowe. Dla algorytmu tego wartość tolerancji warunku geometrycznego autor przyjął powierzchnię trójkąta elementarnego.

Algorytm Wanga (Wang, Müller, 1998) opiera się o analizę kształtu łamanej pierwotnej polegającej na wydzieleniu otoczek wklęsłych i wypukłych (Rys. 3), a następnie odrzucenie tych, które nie spełniają przyjętego warunku długości podstawy (Base Line). Długość podstawy obliczona jest z wykorzystaniem indeksu porównawczego opartego o współczynnik porównania do powierzchni półokręgu. Dla warunku geometrycznego podstawy w algorytmie Wanga, autor zastosował podstawę trójkąta elementarnego z uwzględnieniem indeksu porównawczego.

Algorytm Chrobaka (1999, 2010) zaliczany jest do grupy algorytmów globalnych, w którym ma zastosowanie norma rozpoznawalności. Pozwala ona przeprowadzić proces upraszczania bez udziału operatora, gdyż parametr określa norma, dzięki czemu wynik procesu jest jednoznaczny. Działanie algorytmu to wybór wierzchołków pośrednich na podstawie wyznaczonych ekstremów łamanej pierwotnej. Wybór ekstremów rozpoczyna trójkąt utworzony na badanej łamanej z punktów podstawy: początkowego i końcowego oraz najbardziej oddalonego od podstawy wierzchołka łamanej. Miarą weryfikacji trójkąta jest norma określona równaniem. Wierzchołek badany pozostaje, gdy zachowana jest

norma, w przeciwnym wypadku jest on odrzucany. Postępując sekwencyjnie dochodzimy do kolejnych trójkątów, w których jednoznacznie definiujemy pozostające wierzchołki łamanej pierwotnej. Badane wierzchołki opiera się na trójkątach pomiędzy punktami łamanej, które już nie uczestniczą w procesie. Po wyznaczeniu ekstremów łamanej, obliczane są sumy długości odcinków dla punktów pośrednich należących do łamanej, w przedziałach pomiędzy sąsiednim ekstremami lokalnymi. Wyznaczenie tych sum pozwala sprawdzić czy w badanym przedziale łamanej nie można wstawić nowego wierzchołka. Jego wstawienie dokładniej odwzorowuje kształt łamanej uproszczonej do kształtu pierwotnego.

Zestawienie przyjętych wartości miar granicznych dla poszczególnych algorytmów zawiera tabela 1.

Tab. 1. Wartości parametrów w wybranych algorytmach upraszczania, wyznaczone na podstawie normy

Algorytm	Chrobak	Douglas-Peucker	Visvalingam-Whyatt	Wang
Nazwa kryterium	Norma rozpoznawalności	Wysokość trójkąta	Powierzchnia trójkąta	Podstawa trójkąta <sup>3</sup>
Skala / Jednostki	m	m	m <sup>2</sup>	m
1:5000	2.5	1.785	2.232	1.662
1:10000	5.0	3.571	8.927	3.325
1:25000	12.5	8.927	55.792	8.311
1:50000	25.0	17.854	223.170	16.623
1:100000	50.0	35.707	892.679	33.245
1:150000	75.0	53.561	2008.527	49.868
1:200000	100.0	71.414	3570.714	66.490
1:250000	125.0	89.268	5579.241	83.113

Wyniki procesu upraszczania do wybranych skal porównywano z obiektem pierwotnym. Sposoby i charakterystyki statystyczne porównania obiektu pierwotnego z jego uproszczonymi reprezentacjami pokazał McMaster (1986). W badaniach zastosowano porównanie liczby wierzchołków, wartość maksymalną oraz średnią odsunięcia krzywej uproszczonej względem pierwotnej.

### 3. WYNIKI

Przykład na podstawie, którego przeprowadzono testy składał się z czterech obiektów liniowych zbudowanych z 2997 wierzchołków, po wprowadzeniu punktów stałych obiekty pierwotne zostały podzielone na 287 mniejszych obiektów, a liczba wierzchołków wzrosła 3292. Wyniki badań nad rezultatami upraszczania przedstawiono w zestawieniach tabelarycznych oznaczając literą „A” kolumny z wartościami dla obiektu bez punktów stałych (kolor szary), natomiast literą „B” oznaczono wyniki dla obiektu z wprowadzonymi punktami stałymi.

<sup>3</sup> Podstawa trójkąta wpisanego w półokrąg, którego powierzchnia jest równa powierzchni trójkąta elementarnego pomnożonego przez współczynnik podobieństwa ustalony przez Wanga (Wang, Müller 1998)

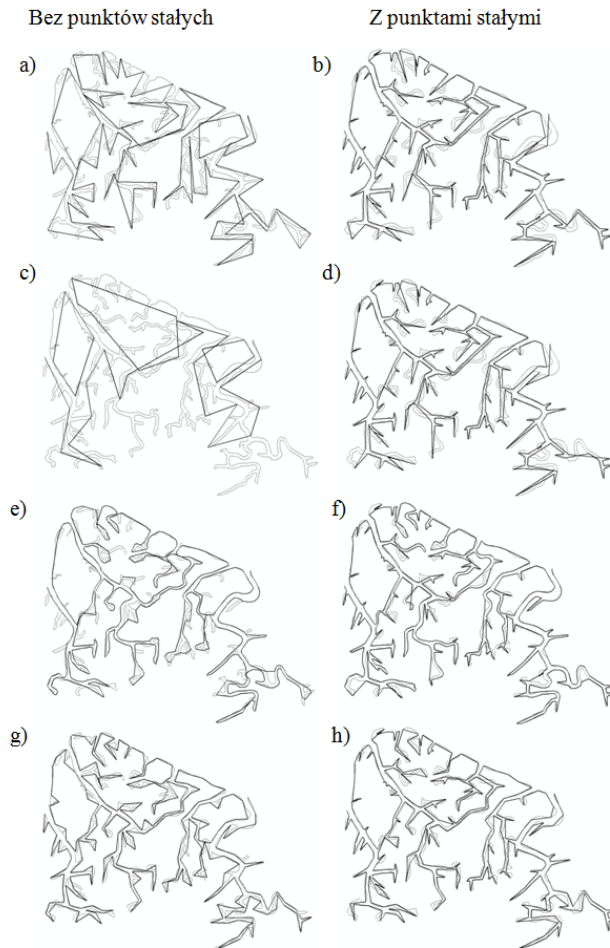
Tab. 2. Liczba wierzchołków łamanych uproszczonych

Skala	Douglas-Peucker		Visvalingam-Whyatt		Wang		Chrobak	
	A	B	A	B	A	B	A	B
1:10 000	573	878	1221	1563	1857	2154	2154	2440
1:25 000	333	683	467	871	983	1313	1296	1581
1:50 000	209	610	133	652	453	847	665	972
1:100 000	109	577	39	579	181	632	303	667
1:150 000	77	574	11	574	85	583	180	599
1:200 000	50	574	8	574	56	574	128	582
1:250 000	35	574	3	574	43	574	91	577

Przyglądając się wartościom, należy zwrócić uwagę na następujące fakty. Wszystkie algorytmy cechuje podobne zachowanie przy łamanej z punktami stałymi, to znaczy większą liczbą wierzchołków po uproszczeniu. Przy braku punktów stałych dla skal 1:10 000 oraz 1:25 000 algorytm Douglasa-Peuckera charakteryzuje najszybszy wzrost odrzucanych wierzchołów oraz największa liczba odrzuconych wierzchołków. Dla pozostałych skal algorytmem o podobnym zachowaniu jest algorytm Visvalingama-Whyata. Najmniejszą liczbą odrzuconych wierzchołków dla wszystkich skal charakteryzuje się algorytm Chrobaka. Po dodaniu punktów stałych algorytmy Douglasa-Peuckera oraz Visvalingama-Whyata już przy skali 1:100 000 jako wynik upraszczania pozostawiają dla większości obiektów tylko punkty stałe, a od skali 1:150 000 dotyczy to już wszystkich obiektów. W przypadku algorytmu Wanga zachowanie podobne jest od skali 1:150 000. Odmiernym zachowaniem w tym względzie cechuje się algorytm Chrobaka zachowujący, również i w skali 1:250 000 oprócz początków i końców obiektów inne wierzchołki. Algorytm ten cechuje jednocześnie najwyższa liczba wierzchołków po uproszczeniu przy uwzględnieniu punktów stałych.

Wynik upraszczania do skali 1:100 000 przedstawiony na rysunku 2 pokazuje wpływ punktów stałych na wynik upraszczania. Po lewej stronie przedstawione wybrzeże po procesie upraszczania ma cech karykatury, szczególnie jeżeli chodzi o wynik otrzymany metodą Douglasa-Peuckera oraz Visvalingama. Po prawej stronie (Rys. 2) wszystkie przedstawione wyniki są do siebie zbliżone w mniejszy lub większym stopniu, jednakże wszystkie przedstawiają logiczną sieć kanałów wybrzeża.

W wyniku upraszczania nie uniknie się powstania konfliktów wewnętrznych i zewnętrznych (Rys. 2) ich sumaryczna ilość przedstawiona jest w tabeli 3. Wpływ punktów stałych objawia się obniżeniem liczby konfliktów dla algorytmów Douglasa-Peuckera oraz Wanga. W przypadku algorytmu Visvalingama-Whyata uwidocznił się ujemny wpływ punktów stałych na liczbę wierzchołów. Własność ta ma swoje źródła najprawdopodobniej w przyjętym warunku geometrycznym (pole powierzchni trójkąta). Dla algorytmu Chrobaka punkty stałe mają także pozytywny wpływ na liczbę konfliktów lecz w mniejszym stopniu niż ma to miejsce dla innych algorytmów. Istotnym odnotowania jest fakt istnienia konfliktów niezależnie od wielkości obiektów, oznacza to, że konflikty w procesie upraszczania są nie do uniknięcia.

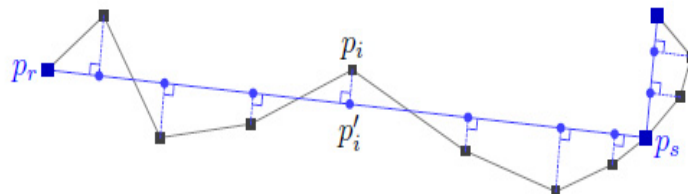


Rys. 2. Wyniki upraszczania obiektu testowego do skali 1:100 000 wybranymi algorytmami na tle obiektu pierwotnego – po lewej bez punktów stałych po prawej z punktami stałymi: a), b) Douglasa-Peuckera; c), d) Visvalingam-Whyatt; e), f) Wanga; g), h) metoda Chrobaka

Tab. 3. Liczba konfliktów łamanych po uproszczeniu

Skala	Douglas-Peucker		Visvalingam-Whyatt		Wang		Chrobak	
	A	B	A	B	A	B	A	B
1:10 000	0	0	0	0	0	0	0	0
1:25 000	8	2	0	2	2	0	0	0
1:50 000	14	3	4	14	2	0	0	0
1:100 000	18	10	4	12	24	5	2	2
1:150 000	18	8	2	8	18	10	5	6
1:200 000	14	8	0	8	18	8	13	10
1:250 000	7	8	0	8	18	8	8	8

Po obliczeniu poszczególnych rzędnych (Rys. 3) pomiędzy łamaną pierwotną i uproszczoną, wyznaczone zostały wartości maksymalne tych rzędnych (Tab. 4) oraz ich wartości średnie (Tab. 5).



Rys. 3. Rzędna wierzchołków łamanej pierwotnej do łamanej uproszczonej (łamana pierwotna – kolor czarny, łamana uproszczona – kolor niebieski)

Tab. 4. Wartości maksymalne rzędnych

Skala	Douglas-Parker		Visvalingam-Whyatt		Wang		Chrobak	
	A	B	A	B	A	B	A	B
1:10 000	5.82	6.94	10.11	5.82	4.48	4.50	4.47	4.50
1:25 000	14.48	17.12	65.94	14.50	24.54	10.12	11.68	10.13
1:50 000	28.44	35.77	113.77	28.81	44.24	22.23	16.55	17.71
1:100 000	56.77	80.42	345.64	50.48	81.48	37.99	37.21	36.82
1:150 000	85.85	81.76	353.63	81.76	176.16	71.02	60.38	46.98
1:200 000	102.06	81.76	411.70	81.76	293.49	81.76	86.49	60.66
1:250 000	119.27	81.76	499.41	81.76	291.85	81.76	93.54	81.76

Algorytm Chrobaka charakteryzuje się najniższymi wartościami maksymalnych rzędnych tak przy braku punktów stałych jak i przy ich istnieniu. Istotnym jest także fakt, że przy istnieniu punktów stałych wartość maksymalna rzędnej dla algorytmu Chrobaka przypada na skalę 1:250 000. Dla pozostałych algorytmów wartość ta przypada już dla skali 1:150 000 w przypadku algorytmów Douglasa-Peuckera oraz Visvalingama-Whyata, zaś 1:200 000 dla algorytmu Wanga. Warunek geometryczny funkcjonujący w algorytmie Douglasa-Peuckera powoduje, iż wartości maksymalnej rzędnej przy braku punktów stałych są niższe niż przy zastosowaniu tego algorytmu dla łamanych z punktami stałymi. Istnienie punktów stałych ma znaczący wpływ na wyniki dla algorytmu Visvalingama-Whyata i Wanga we wszystkich badanych skalach. Dla algorytmu Chrobaka w pierwszych czterech skalach wielkość maksymalnej rzędnej przy zastosowaniu punktów stałych jest większa niż w przypadku braku tych punktów, jednak różnica ta nie przekracza 1%, co może być kwestią przypadku i należy przeprowadzić w tym zakresie większą liczbę testów. Dla skal mniejszych wartości maksymalnej rzędnej przy zastosowaniu punktów stałych są już znacząco mniejsze od wartości przy braku tych punktów.

W tabeli 5 zestawiono wartości średnie rzędnych dla algorytmów. Zauważyć należy, że zachowanie wartości średniej jest podobne do wartości maksymalnych. Bardzo istotnym jest fakt znaczącego zmniejszenia i zrównania wartości średniej dla wszystkich algorytmów

po wprowadzeniu punktów stałych. Również w tym przypadku algorytm Chrobaka charakteryzuje się najniższymi wartościami.

Tab. 5. Wartości średnie rzędnych

Skala	Douglas-Peucker		Visvalingam-Whyatt		Wang		Chrobak	
	A	B	A	B	A	B	A	B
1:10 000	1.63	0.78	1.20	1.05	0.23	0.20	0.17	0.15
1:25 000	3.54	2.36	7.62	2.93	1.42	0.96	0.86	0.80
1:50 000	6.31	4.21	34.77	4.18	5.12	2.27	2.31	1.97
1:100 000	12.08	6.64	69.31	6.05	12.668	4.26	5.51	3.93
1:150 000	19.09	6.78	112.29	6.78	26.407	6.38	10.72	5.21
1:200 000	21.89	6.78	143.43	6.78	79.611	6.78	12.83	6.13
1:250 000	29.42	6.78	163.35	6.78	92.33	6.78	16.53	6.68

#### 4. WNIOSKI

Zastosowanie punktów stałych obiektów pozytywnie wpływa na podobieństwo krzywych przed i po upraszczaniu. Zastosowanie punktów stałych obiektu prowadzi do jednoznaczności wyniku procesu upraszczania. Punkty stałe odgrywają istotną rolę w ciągłej jednoznacznej aktualizacji danych. Dzięki zastosowaniu punktów stałych można przeprowadzić hierarchię i klasyfikację niezbędną dla jednoznacznego działania operatorów generalizacji.

Norma rozpoznawalności obiektów liniowych wprowadzona do procesu upraszczania powoduje jednoznaczność otrzymanych wyników oraz wprowadza niezależność parametrów procesu od operatora. Norma ma zastosowanie dla wszystkich algorytmów lecz należy ją przekształcić w zależności od parametrów wymaganych tymi algorytmami. Konflikty pojawiające się w procesie upraszczania są nie do uniknięcia, jednakże ich liczba jest miarą jakości procesu upraszczania.

Algorytmy zależne od skali (Chrobak) wykazują najmniejszą liczbę zmian w zakresie liczby wierzchołków opisujących łamaną oraz najmniejszą liczbą konfliktów, co świadczy o prawidłowym obrazie tych obiektów (Rys. 2). Algorytmy zależne od skali można stosować bez ograniczeń ilościowych dla danych źródłowych i powinny stać się one jednymi z algorytmów stosowanych w narzędziach GIS.

#### 5. LITERATURA

Attneave F., 1954. Some informational aspects of visual perception. *Psychological Review*, 61:183–193.

Chrobak T., 2000. Numerical Method for Generalizing the Linear Elements of Large-Scale Maps, Based on the Example of Rivers, *Cartographica*, Volume 37.

Chrobak T., 2009. Przydatność osnowy kartograficznej i metody obiektywnego upraszczania obiektów do aktualizacji danych w BDT. *Geomatics and Environmental Engineering*, 3 (1/1), s. 81–90.

Chrobak T., 2010. The role of least image dimensions in generalized of object in spatial databases. *Geodesy and Cartography*, 59 (2), s. 99–120.



- Douglas D., Peucker T. 1973. Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a digitised line or its caricature. *The Canadian Cartographer*, Vol. 10, pp. 112–122.
- Koziół K., 2011. Comparison of selected simplification algorithms on the example of a representative test area. *Annals of Geomatics*, Volume IX, Number 1 (45), pp. 49–58.
- Lang T., 1969. Rules for the Robot Draughtsmen. *The Geographical Magazine*, 42 (1), pp. 50–51.
- McMaster R. B., 1991. Conceptual frameworks for geographical knowledge. *Map Generalization: Making Rules for Knowledge Representation*, London Longman.
- McMaster, R. B., 1986. A Statistical Analysis of Mathematical Measures for Linear Simplification. *The American Cartographer*, Volume 13, Number 2, 1986, pp. 103–116 (14).
- Perkal J., 1958. Próba obiektywnej generalizacji. *Geodezja i Kartografia*, 7 (2), s. 142.
- Saliszczew K.A., 1998. *Kartografia ogólna*, Wydawnictwo naukowe PWN, Warszawa.
- Visvalingam M., Whyatt J. D., 1993. Line Generalisation by Repeated Elimination of Points. *Cartographic Journal*, vol. 30, No. 1, pp. 46–51.
- Wang Z., Müller J-C., 1998. Line Generalization based on Analysis of Shape Characteristics. *Cartography and Geographical Information Systems*, 25 (1): 3–15.

#### THE IMPORTANCE OF FIXED POINTS IN THE SIMPLIFICATION PROCESS

KEY WORDS: generalization, simplification, classification, simplifications algorithms: Douglas-Peucker, Visvalingham-Whyatt, Wang, method of Chrobak's

SUMMARY: Basing on his long-term research on the algorithms used for the digital landscape model generalization, the author is able to determine the elements which are crucial for the automation of the very process. These elements are, above all, data arrangement and clarity of the processes. The author has carried out the analysis of the application and the influence which the objects' fixed points have in the model generalization – he has investigated how particular simplification algorithms behave. In the paper he presents the results of his analysis. According to the definition, fixed points should have a significant influence on the simplification process quality. This is because they not only remain invariable in the transformations, but also let us apply the clear data classification in the process. In order to demonstrate the influence of the fixed points on the simplification process, the author chose a fragment of the Welsh coast and carried out the simplification process, using particular algorithms (Douglas-Peucker, Visvalingam, Wang, Chrobak). The test gives the reader an opportunity to compare the algorithms using the recognition standard.

dr inż. Krystian Koziół  
e-mail: krystian.koziol@agh.edu.pl