

**Stanisław Szombara<sup>1</sup>, Krystian Koziół<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa  
im. ks. Bronisława Markiewicza w Jarosławiu  
Instytut Inżynierii Technicznej  
*stanislaw.szombara@pwszjar.edu.pl*

<sup>2</sup>Akademia Górniczo-Hutnicza  
im. Stanisława Staszica w Krakowie  
Katedra Geomatyki  
*krystian.Koziol@agh.edu.pl*

## **Automatyczne wyznaczenie punktów osnowy kartograficznej dla upraszczonej linii brzegowej w procesie generalizacji z wykorzystaniem aplikacji ModelBuilder programu ESRI ArcMap**

**Słowa kluczowe:** *ModelBuilder, generalizacja kartograficzna, osnowa kartograficzna, automatyzacja, linia brzegowa*

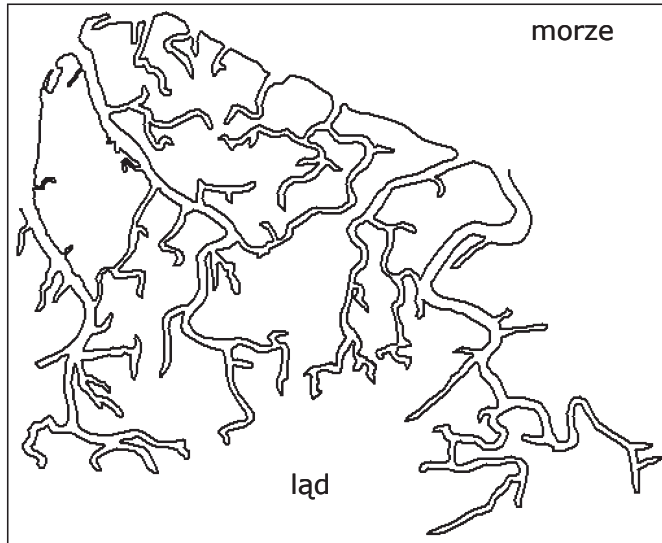
### **Streszczenie**

W pracy zaprezentowano możliwości wykorzystania aplikacji ModelBuilder programu ESRI ArcMap do automatycznego wyznaczenia punktów osnowy kartograficznej (niezmiennych punktów obiektu) dla linii brzegowej fragmentu obszaru hydrograficznego Wielkiej Brytanii. Osnowa kartograficzna wykorzystana została – jako atrybut obiektu typu linia brzegowa, do jego upraszczania metodą obiektywną. Wyniki procesu z wyznaczania punktów osnowy wskazują, że atrybut ten można tworzyć w sposób automatyczny dla dowolnej (w znaczeniu stopnia skomplikowania) linii łamanej - otwartej lub zamkniętej.

### **Wprowadzenie**

Celem pracy jest opracowanie automatycznego sposobu uzupełnienia obiektów georeferencyjnych liniowych - otwartych i zamkniętych o osnowę kartograficzną (niezmiennicze punkty obiektu) z wykorzystaniem aplikacji ModelBuilder. Zastosowanie osnowy jako atrybutu obiektów do procesu upraszczania metodą obiektywną pozwala na jego przeprowadzenie w sposób jednoznaczny i niezależny od użytkownika. Jednoznaczność uzyskanych wyników w tym procesie to niezbędna cecha dla danych baz wielorozdzielczych typu MRDB (ang. *multiresolution/ /multirepresentation data base*) [HAMPE i in., 2003].

Do tworzenia osnowy z zastosowania aplikacji ModelBuilder w procesie upraszczania wybrano przykład obejmujący część linii brzegowej Wielkiej Brytanii o skomplikowanym i charakterystycznym przebiegu (rys. 1).



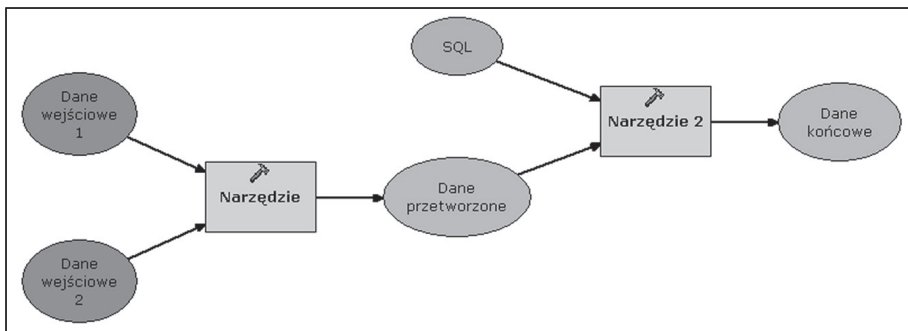
Rys. 1. Fragment linii brzegowej Wielkiej Brytanii

## 1. ModelBuilder

Aplikacja ModelBuilder jest graficznym interfejsem pozwalającym na tworzenie modeli przetwarzania danych przestrzennych [ORMSBY i in., 2008]. Model przetwarzania można iterować, co pozwala na wykonanie prostych pętli wykonujących ciągi zależnych od siebie operacji. Modele pozwalają na implementację algorytmów przetwarzania danych przestrzennych, ponadto dzięki interfejsowi graficznemu umożliwiają użytkownikowi zorientowanie się w złożoności modelu. Ta druga zaleta jest przydatna szczególnie niedoświadczonym użytkownikom i osobom, które korzystają z istniejących bądź z modeli innych autorów.

Każdy model przetwarzania w aplikacji ModelBuilder składa się z części, którymi są narzędzia i skrypty dostępne w oknie ArcToolbox programu ArcMap (np. utworzenie nowego obiektu, policzenie ekwidystant itp.). Domyślnie symbolem każdego narzędzia jest żółty prostokąt (rys. 2). W strukturze modelu, przed i po nim, znajdują się elipsy (domyślnie) symbolizujące zmienne. Zmiennymi są przede wszystkim dane wejściowe oraz wyjściowe powstałe po użyciu narzędzia. Zmiennymi mogą być również parametry, jakie wykorzystuje narzędzie (np. wyrażenie SQL, odległość ekwidystanty itp.). Połączenia pomiędzy zmiennymi i narzędziami wyrażone są strzałkami. Zmienna symbolizująca dane wyjściowe narzędzia może być zmienną wejściową do narzędzia następnego, co pozwala

ła na utworzenie ciągów kolejno wykonywanych przez program operacji. Rysunek 2 przedstawia przykład ciągu dwóch, kolejno użytych narzędzi. Na rysunku 2 „Narzędzie 2” (np. selekcja atrybutowa) – poza wykorzystywaniem danych wyjściowych narzędzia 1 – wymaga wprowadzenia dodatkowej zmiennej: wyrażenia SQL.



Rys. 2. Przykład dwóch połączonych narzędzi w aplikacji ModelBuilder

Niewątpliwą zaletą modeli przetwarzania są następujące cechy: możliwość zapisu i wielokrotnego wykorzystania modeli o skomplikowanej strukturze (co skraca czas pracy nad danymi źródłowymi) oraz możliwość wykonania skomplikowanych modeli przetwarzania bez konieczności znajomości języka programowania (omówione w dalszej części artykułu).

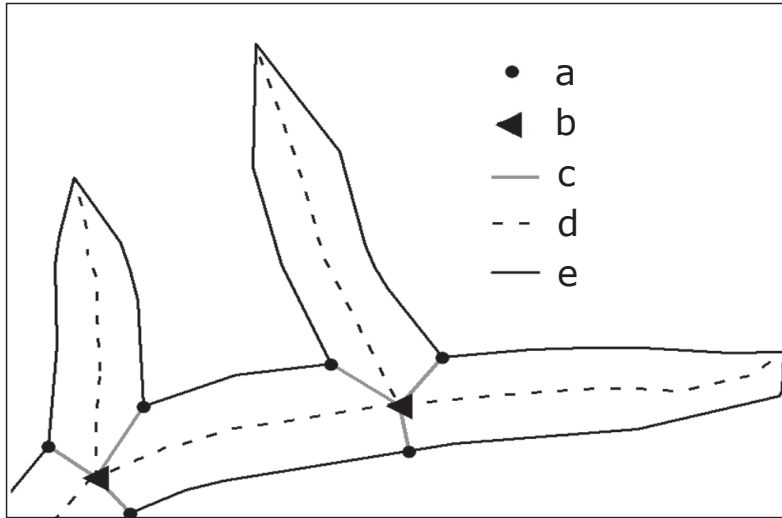
## 2. Osnowa kartograficzna linii brzegowej

Osnowę kartograficzną stanowią punkty – niezmienniki II grupy szczegółów treści mapy zasadniczej, które w procesie upraszczania obiektów nie ulegają eliminacji. Osnowę kartograficzną dla obiektów liniowych stanowią punkty początku i końca łamanej i ich współrzędne (x, y, z) oraz punkty wyróżnione (np. środek geometryczny łamanej zamkniętej będący środkiem skrzyżowania) [CHROBAK, 2009].

Znalezienie punktów osnowy kartograficznej obiektu wymaga utworzenia dodatkowej warstwy informatycznej nazwanej „CIEKI”, zawierającej osie zatoczek. Nazwę warstwy „CIEKI”, przyjęto, gdyż badana linia łamana brzegu morza prezentuje maksymalny wieloletni jego poziom podczas przyływu, natomiast w zatoczkach poza czasem przyływu płyną cieki.

Osnowę kartograficzną dla opracowywanych danych powinny stanowić punkty na skraju zatoczek widocznych na rysunku 1. Punkty te będą punktami początkowymi i końcowymi łamanych – odcinków linii brzegowej. Współrzędne punktów osnowy zostaną pozyskane poprzez znalezienie punktów na linii brzegowej, najbliższych punktowi skrzyżowania osi zatoczek. Punktem osnowy będzie także punkt po przeciwnej stronie skraju zatoczki. Punkt ten będzie spełniał postulat punktów wyróżnionych poprzez zachowanie w „strukturze danych” miejsca połączenia

zatocek (rys. 3). Taki sposób postępowania pozwoli wykorzystać zbudowane modele przetwarzania do innych przestrzennych danych, takich jak ciek i drogi.

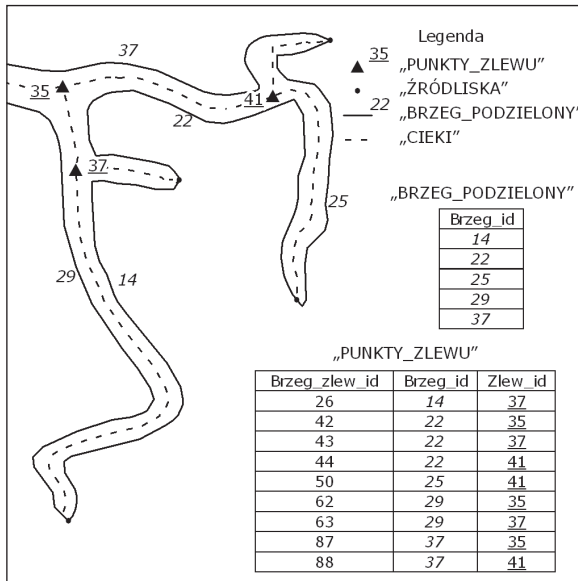


Rys. 3. Osnowa kartograficzna linii brzegowej:  
a – punkty osnowy kartograficznej, b – punkt wspólny osi zatoczek  
na skrzyżowaniu, c – najkrótsze długości od punktu wspólnego na skrzy-  
żowaniu do punktów osnowy linii brzegowej,  
d – osie zatoczek, e – linia brzegowa

### 3. Przygotowanie danych i ustalenie definicji

Dane wejściowe stanowił plik w formacie ESRI Shape typu Polyline zawierający fragment linii brzegowej Wielkiej Brytanii o skomplikowanym przebiegu. Fragment ten wybrano ze względu na wysoki stopień skomplikowania jego kształtu, co ma wpływ na tworzenie osnowy kartograficznej obiektu i przyjęte tu reguły. Wysoki stopień skomplikowania kształtu obiektu i przyjęty sposób tworzenia jego osnowy pozwala zalecać opisane w pracy procedury dla danych liniowych o podobnym charakterze.

W celu utworzenia osnowy kartograficznej dla czterech linii (jednej łamanej otwartej i trzech łamanych zamkniętych) - widocznych na rysunku 1, dokonano ich podziału na krótsze odcinki, a początki i końce podzielonych linii, to punkty osnowy kartograficznej tych odcinków.



Rys. 4. Linia brzegowa wraz z obiektami i ich unikalnymi identyfikatorami

W celu utworzenia osnowy kartograficznej linii zdefiniowano warstwy pośrednie, które będą tworzone w toku prac oraz nadano unikalne identyfikatory (rys. 4).

- „BRZEG” – Wszystkie łamane linii brzegowych.
- „CIEKI” – Łamane otwarte uzyskane za pomocą algorytmu zapadania się linii podwójnych (ang. *Collapse Dual Lines To Centerline*). Dla danych innego typu łamane takie są dostępne (cieki – osie cieków [MAKOWSKI, 2005], drogi – osie dróg). Dla danych opracowywanych linie takie także można pozyskać; na rysunku 1 widoczna linia brzegowa obrazuje maksymalny zasięg wody podczas przyływu, podczas odpływu natomiast w „korytach” płyną cieki, które także powinny mieć swoją reprezentację graficzną.
- „ŹRÓDLISKA” – Punkty położone w miejscu styku warstw „CIEKI” i „BRZEG”.
- „BRZEG\_PODZIELONY” – Linie łamane otwarte powstałe poprzez podział warstwy „BRZEG” w punktach warstwy „ŹRÓDLISKA” na mniejsze segmenty. Warstwa ta posiada unikalny identyfikator „Brzeg\_id”.
- „PUNKTY\_ZLEWU” – Punkty początku i końca linii łamanych warstwy „CIEKI”. Warstwa ta posiada unikalny identyfikator „Brzeg\_zlew\_id” powstały poprzez uwzględnienie unikalnych identyfikatorów „Brzeg\_id” oraz „Zlew\_id”. Ten ostatni określa unikalne miejsce połączenia linii łamanych warstwy „CIEKI”.
- „BRZEG\_LICZ” – warstwa opisana w rozdziale 5.

Przedstawiona na rysunku 4 warstwa „PUNKTY\_ZLEWU” – w jednym miejscu (o tych samych współrzędnych X, Y) może wystąpić więcej niż jeden raz. Tych wystąpień jest tyle, ile unikalnych wystąpień warstwy „BRZEG\_PODZIELONY”, która otacza dany punkt. I to jest równoznaczne z ilością łamanych warstwy „CIEKI”, jakie łączą się w danym punkcie.

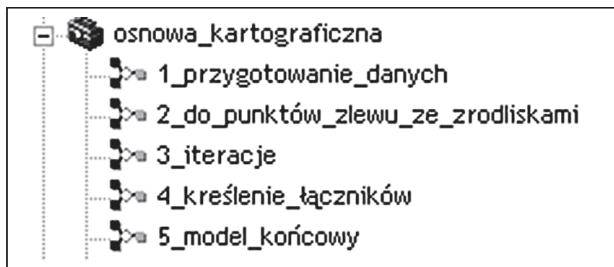
#### 4. Modele przetwarzania do tworzenia osnowy kartograficznej obiektów liniowych

Aby utworzone modele przetwarzania mogły być wykorzystane na dowolnym obiekcie, przyjęto, że dane wejściowe do modeli powinny tworzyć następujące warstwy:

- liniowa, linii brzegowej,
- liniowa, „CIEKI”,
- poligonowa, wyznaczająca obszar opracowania oraz, że wszystkie wymienione wyżej warstwy muszą być poprawne topologicznie.

Przygotowane modele przetwarzania wykonują wszystkie operacje w geobazie typu *FileGeodatabase* i tam też tworzona jest docelowa warstwa liniowa z zaimplementowaną osnową kartograficzną.

W celach porządkowych całość modeli podzielono na pięć kolejno wykonywanych kroków (rys. 5).



Rys. 5. Pięć modeli składowych – widok okna ArcToolbox w programie ArcGIS

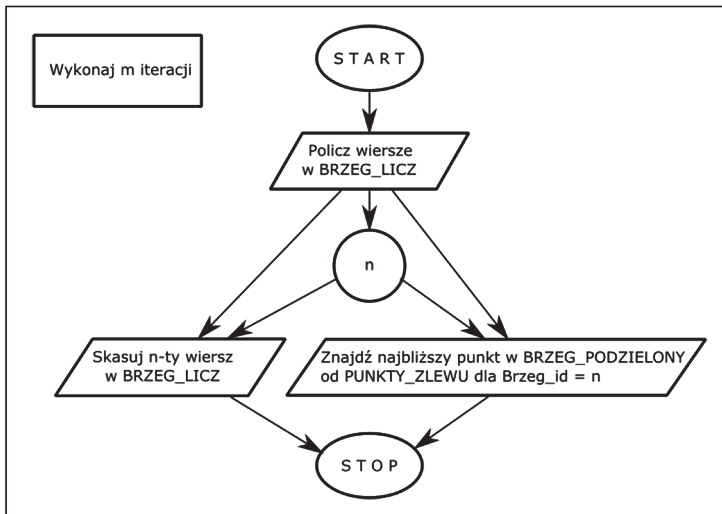
Model pierwszy wykonuje wymienione niżej operacje (wymieniono tylko główne operacje):

- Utworzenie pustej geobazy i katalogu danych, w których będą przechowywane wszystkie dane.
- Utworzenie pustych (bez geometrii) warstw wykorzystywanych w modelach oraz tam, gdzie potrzeba zdefiniowania pól dla identyfikatorów.
- Przycięcie linii brzegowej oraz warstwy „CIEKI” do obszaru zainteresowania.
- Utworzenie warstwy „BRZEG\_PODZIELONY” poprzez podział linii brzegowej warstwą „ŹRÓDLISKA” i nadanie jej unikalnego identyfikatora „Brzeg\_id” od 1 do k, gdzie k równe jest liczbie łamanych/wierszy w tabeli atrybutowej.

- Utworzenie obiektu poligonowego o poszczególnych poligonach ograniczonych łamanymi warstw „BRZEG\_PODZIELONY” i „CIEKI”. Obiekt ten posłuży do przeniesienia identyfikatora „Brzeg\_id” na warstwę „PUNKTY\_ZLEWU”.

Drugi model przetwarzania wykonuje wymienione niżej (wymieniono tylko główne operacje):

- Utworzenie warstwy „PUNKTY\_ZLEWU” i nadanie unikalnego identyfikatora „Zlew\_id”.
- Przejęcie identyfikatora „Brzeg\_id”.
- Połączenie grafiki „PUNKTY\_ZLEWU” po dwóch ww. identyfikatorach i nadanie nowego unikalnego „Brzeg\_zlew\_id”.



Rys. 6. Algorytm iteracyjny modelu (opis znaczeń w tekście)

Trzeci model przetwarzania jest modelem iteracyjnym. Konieczna ilość iteracji jest określana przez liczbę łamanych w warstwie „BRZEG\_PODZIELONY”, a co za tym idzie, jest równa co do wartości największej wartości pola „Brzeg\_id”.

Iteracja modelu jest spowodowana faktem, iż polecenie znajdowania najbliższego miejsca na linii brzegowej jest możliwe równocześnie tylko dla jednej linii łamanej warstwy „BRZEG\_PODZIELONY”. Gdy chcemy znaleźć wszystkie najbliższe miejsca na warstwie „BRZEG\_PODZIELONY” z warstwy „PUNKTY\_ZLEWU” zostanie znaleziony tylko jeden – najbliższy punkt, a z rysunku 3 wynika, że zawsze jest ich co najmniej 3. Z tych powodów w modelu poprzednim konieczne było przekazanie identyfikatora „Brzeg\_id” i ten właśnie identyfikator będzie sterował kolejnymi iteracjami. Tym samym w jednej iteracji zostaną stworzone punkty osnowy kartograficznej, jakie powinny się znaleźć na linii łamanej o identyfikatorze „Brzeg\_id” równym co do wartości numerowi kolejnej iteracji.

W aplikacji ModelBuilder jedyny sposób na pobranie wartości w czasie wykonywania modelu, to zastosowanie narzędzia *Get Count*, które liczy wiersze we wskazanej tabeli (atrybutowej). Narzędzie to zwraca ilość wierszy w formie liczby całkowitej. Jeżeli utworzymy warstwę o równej liczbie wierszy jak w warstwie „BRZEG\_PODZIELONY”, o takich samych polach i wartościach w tabeli atrybutowej (w modelu 3 – „BRZEG\_LICZ”), a następnie użyjemy na niej narzędzia *Get Count*, to uzyskamy n wierszy i pozwoli nam to wykorzystać ów wynik narzędzia do wskazania, dla której aktualnie łamanej warstwy „BRZEG\_PODZIELONY” (o jakiej wartości „Brzeg\_id”) mają zostać obliczone punkty osnowy kartograficznej. Jeśli wykonamy tę operację m razy, za każdym razem usuwając jeden wiersz z warstwy „BRZEG\_LICZ”, pozwoli nam to w kolejnych iteracjach policzyć punkty osnowy kartograficznej dla wszystkich wartości „Brzeg\_id”. Opisany wyżej algorytm postępowania obrazuje rysunek 6.

Liczba powstałych punktów osnowy kartograficznej jest równa liczbie punktów warstwy „PUNKTY\_ZLEWU”, czyli największej wartości identyfikatora „Brzeg\_zlew\_id”.

Pozostałe dwa modele wykonują podział łamanych warstwy „BRZEG” w miejscach osnowy kartograficznej. Nie jest to zadanie trywialne, ponieważ program ArcMap nie oferuje narzędzia wykonującego tę operację bezpośrednio.

Aplikacja *ModelBuilder* nie pozwala na dodawanie instrukcji warunkowych. Dodatkowym ograniczeniem jest sposób działania narzędzia selekcji przestrzennej obiektów, które wymaga, aby selekcjonowane warstwy były dodane do widoku w programie ArcMap. Poza tym, warstwy te nie mogą być zmiennymi wyjściowymi innych narzędzi. Powoduje to konieczność rozdzielenia modeli na kilka składowych. Gdyby powyższe ograniczenia zostały naprawione przez producenta oprogramowania, byłoby możliwe połączenie pięciu wyżej opisywanych modeli w jeden model.

## Podsumowanie

Wynikiem działania modeli przetwarzania jest warstwa liniowa linii brzegowej z osnową kartograficzną. Obrazuje to rysunek 7.

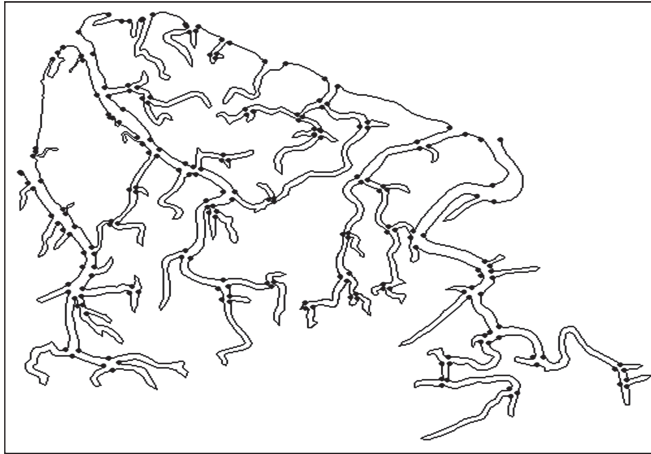
Do zalet aplikacji ModelBuilder, jakie zauważono podczas obliczania osnowy kartograficznej, należą:

- intuicyjny interfejs graficzny,
- możliwość tworzenia dużych modeli bez konieczności znajomości języka programowania,
- możliwość tworzenia prostych pętli.

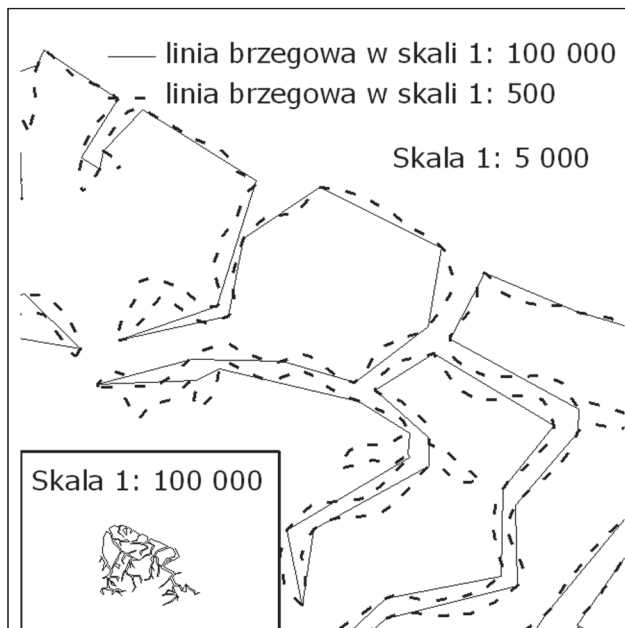
Do wad należałoby zaliczyć:

- brak instrukcji warunkowych,
- brak możliwości pobierania wartości z komórek tabeli atrybutowej.

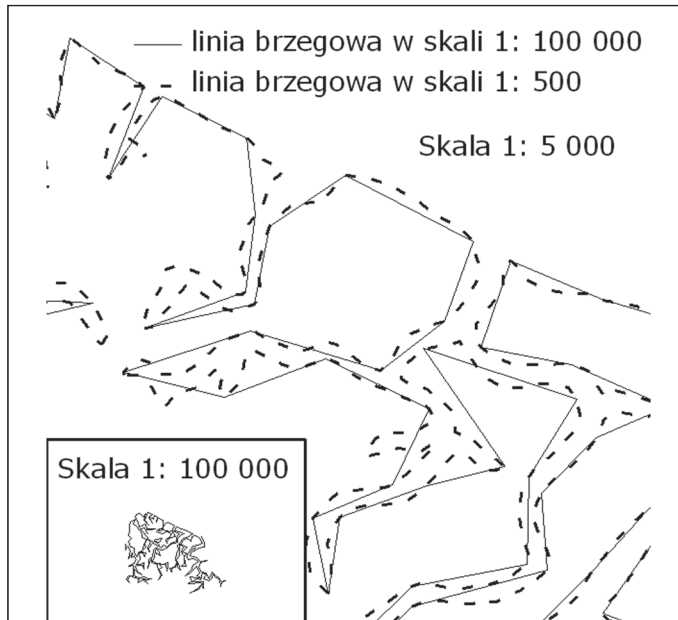




Rys. 7. Linia brzegowa z utworzoną osnową kartograficzną



Rys. 8. Fragment linii brzegowej uproszczony do skali 1: 100 000 z wykorzystaniem osnowy kartograficznej



Rys. 9. Fragment linii brzegowej uproszczony do skali 1:100000 bez wykorzystania osnowy kartograficznej

## 5. Proces upraszczania linii brzegowej

Na rysunkach 8 i 9 zaprezentowano fragment linii brzegowej uproszczonej do skali 1: 100 000. Uproszczenie wykonano metodą obiektywną Chrobaka. Uwzględnienie osnowy kartograficznej pozwala na eliminowanie poligonów szczałkowych w procesie aktualizacji danych [CHROBAK, 2009] oraz zachowuje niezmienność struktury modelu DLM (ang. *Digital Landscape Model*) [GRÜNREICH, 1995] po procesie upraszczania.

### Wnioski końcowe

1. Bazy typu MRDB i poszukiwanie ich rozwiązań to problem światowej rangi ze względu na zalety tych baz. Świadczy o tym m.in. zmiana nazwy Komisji Generalizacji Międzynarodowej Asocjacji Kartograficznej (*ICA – International Cartographic Association*) na Komisję Generalizacji i Wielorakiej Reprezentacji Danych (ang. *Commission On Generalization And Multiple Representation*). Zmiana nazwy, to wysoka waga procesu generalizacji tworzonej z niej (bazie MRDB) jednoznacznej informacji o różnym poziomie uogólnienia.
2. W pracy przedstawiono:
  - osnowę kartograficzną obiektów niezbędną do ciągłej aktualizacji danych w bazach – w tym typu MRDB,

- automatyczne uzupełnianie osnowy kartograficznej dla obiektów przestrzennych nieantropogenicznych.
- 3. MRDB jest bazą danych przestrzennych, która uwzględnia współczesne zdobycze nauki i techniki w zakresie geomatyki (gromadzenia, przetwarzania i udostępniania danych georeferencyjnych). Jej struktura wymaga dalszych badań dla doskonalenia informacji przestrzennych o kraju z nich pozyskiwanych.

### Literatura

- Chrobak T., 2009, *Przydatność osnowy kartograficznej i metody obiektywnego upraszczania obiektów do aktualizacji danych w BDT*, Geomatics and Environmental Engineering, vol. 3, no. 1/1, s. 81-90.
- Grünreich D., 1995, *Development of Computer-Assisted Generalization on the Basis of Cartographic Model Theory*, in: GIS and Generalization-Methodology and Practice, Taylor&Francis, London, s. 47-55.
- Hampe M. [i in.], 2003, *MRDB Applications for DataRevision and Real-Time Generalisation*. Materiały 21 Międzynarodowej Konferencji Kartograficznej (ICC) „Cartographic Renaissance”, Durban, South Africa, sierpień 2003, s. 192-202.
- Makowski A., 2005, *Systemy informacji topograficznej kraju*, Oficyna Wyd. Polit. Warszawskiej, Warszawa.
- Ormsby T. [i in.], 2008, *Getting to Know ArcGIS Desktop: Basics of ArcView, ArcEditor and ArcInfo*, ESRI Press, Redlands California.

**Stanisław Szombara<sup>1</sup>, Krystian Koziół<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>The Bronisław Markiewicz State School  
of Higher Vocational Education in Jarosław  
The Institute of Technical Engineering  
*stanislaw.szombara@pwszjar.edu.pl*

<sup>2</sup>AGH University of Science and Technology in Cracow  
Department of Geomatics  
*krystian.Koziol@agh.edu.pl*

## **Automatic calculation of invariance object points for shoreline simplification in generalisation process using ESRI ArcMap ModelBuilder**

**Key words:** *ModelBuilder, cartographic generalisation, invariance object points, automation, shoreline*

### **Summary**

Paper presents possibilities of using ESRI ArcMap ModelBuilder in automatic calculation invariance object points for fragment of shoreline in Great Britain. Invariance object points were used as attribute of shoreline object type for its simplification with an objective method. The Results of calculation of that points show that the attribute can be calculated automatically for any simple or closed polygonal chain (in level of complicated means).