

ADAM IWANIAK
Katedra Geodezji i Fotogrametrii Akademii Rolniczej we Wrocławiu
WITOLD PALUSZYŃSKI
Instytut Cybernetyki Technicznej Politechniki Wrocławskiej
WIESŁAWA ŻYSZKOWSKA
Zakład Kartografii Uniwersytetu Wrocławskiego

Generalizacja map numerycznych – koncepcje i narzędzia

Część II

Z a r y s t r e ś c i. Artykuł jest przeglądem operatorów generalizacji zdefiniowanych w modelu McMaster i Shea (1992) oraz realizujących je algorytmów, zastosowanych w systemach komputerowych do generalizacji map. Opisano generalizację map numerycznych z wykorzystaniem modułu MGE MAP GENERALIZER oraz trudności związane z automatyzacją procesu generalizacji.*

4. Operatory generalizacji

Operatorem generalizacji nazywamy elementarne przekształcenie (transformację) mapy, które można wyrazić formułą matematyczną lub jednoznacznym opisem procedury (algorytmu). Proces generalizacji komputerowej można określić jako sekwencję takich przekształceń, z podaniem wartości odpowiednich parametrów. Ta sekwencja i parametry muszą być dobrane w sposób zachowujący pewne warunki i związku pomiędzy generalizowanymi obiektami.

Najszerzy zestaw operatorów generalizacji, wśród dostępnych na rynku programów, zawiera moduł MAP GENERALIZER systemu MGE. Operatory dostępne w tym oprogramowaniu zostały zdefiniowane zgodnie z modelem McMaster i Shea (1992). MAP GENERALIZER jest reklamowany jako pierwszy komercyjny system oparty na zasadzie wzmocnionej inteligencji (ang.

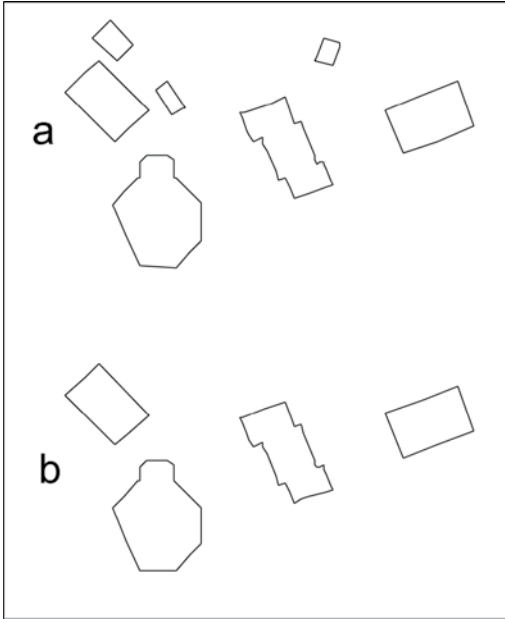
amplified intelligence), zgodnie z którą komputer jest jedynie wygodnym narzędziem do pracy, ale jego użytkownik decyduje o sposobie, w jaki to narzędzie będzie wykorzystane i w pełni je kontroluje. Strategia wzmocnionej inteligencji została zaproponowana przez R. Weibela (1991) jako rozwiązanie pośrednie między podejściami algorytmicznym a systemami ekspertowymi. Zasadnicza różnica między tymi podejściami polega na tym, że systemy ekspertowe są oparte na tzw. bazach wiedzy (A. Iwaniak 1993).

W trakcie pracy nad generalizowaną mapą w systemie MGE MAP GENERALIZER użytkownik wskazuje obiekty do generalizacji, wybiera właściwy operator, algorytm go realizujący oraz ustala wartości parametrów dla wybranego algorytmu. Dla przykładu, operacją wywoływaną przez użytkownika na mapie ewidencji gruntów może być „łączenie działek w wybranym obszarze mapy”, polegające na scalaniu małych działek w większe, zamiast wykonywania operacji elementarnych: przesuwania, wydłużania odcinków linii, usuwania punktów, itd. Proces generalizacji jest zautomatyzowany częściowo, a jej końcowy wynik w zasadniczej mierze zależy od użytkownika systemu.

W celu bliższego przedstawienia idei operatorów generalizacji i techniki posługiwania się nimi, poniżej opisano zastosowane w module MAP GENERALIZER operatory oraz wykorzystane w nich podstawowe algorytmy. Dla wybranych algorytmów opracowano przykłady ilustrujące

* Por. A. Iwaniak i współautorzy: *Generalizacja map numerycznych – koncepcje i narzędzia*. Część I w poprzednim numerze „Przeglądu”.

zmianę stopnia generalizacji elementów mapy i jego zależność od wartości parametrów wymaganych przez opisywane algorytmy. Przykłady



Ryc. 1. Eliminacja obiektów powierzchniowych – budynków o powierzchni mniejszej niż 40 m²
Fig. 1. Elimination of area objects – buildings smaller than 40 sq. m.

te zostały w większości zaczerpnięte z mapy zasadniczej w skali 1:1000. Należy tu zaznaczyć, że efekty funkcjonowania algorytmów nie zawsze odpowiadają oczekiwaniom kartografów, ale z tego właśnie wynika potrzeba analizowania ich działania i poszukiwania bardziej efektywnych rozwiązań.

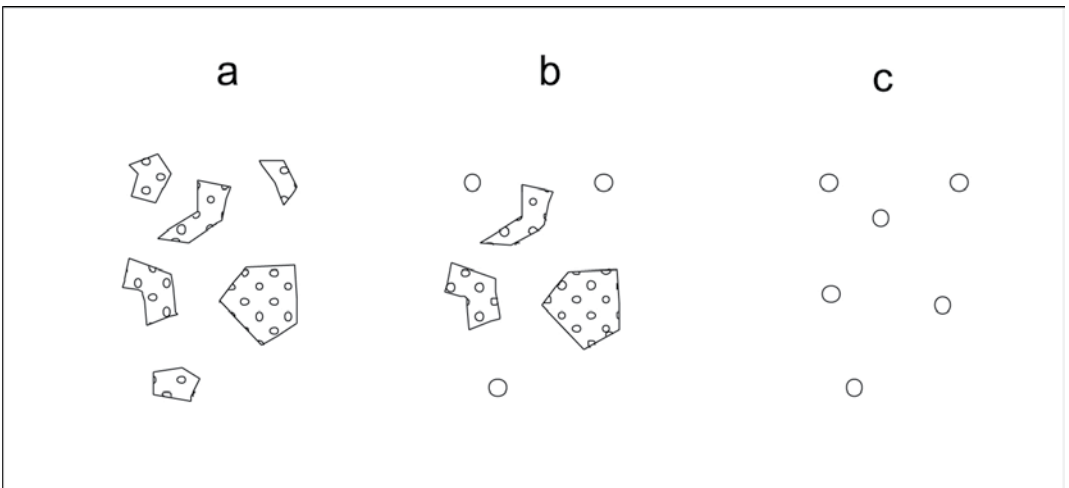
4.1. Usuwanie elementów treści mapy

Operator ten dokonuje selektywnego usuwania obiektów przez wskazanie obiektu, lub spełnienie określonego warunku, na przykład przynależności do danej klasy. Przykład na rycinie 1 ilustruje usunięcie budynków o powierzchni mniejszej niż 40 m².

4.2. Redukcja wymiaru

W procesie redukcji skali wiele obiektów powierzchniowych zostaje w efekcie przedstawionych w postaci linii lub punktów. Na przykład rzeki, jeziora, lotniska, osiedla i budynki, które na mapach wielkoskalowych występują zwykle jako obiekty powierzchniowe, w mniejszych skalach mogą stać się obiektami liniowymi lub punktowymi.

Redukcja powierzchni do punktu. Operator pozwala zmienić wymiar obiektu powierzchniowego 2D (użytkownik deklaruje próg wielkości powierzchni) do obiektu punktowego 0D. Realizacja tego operatora może polegać na zastąpieniu obiektu powierzchniowego znakiem punktowym,



Ryc. 2. Redukcja wymiaru obiektów powierzchniowych do obiektów punktowych; a – dane początkowe; b, c – dane końcowe dla różnych wartości parametrów

Fig. 2. Collapsing area objects to point objects: a – original map data, b,c – result data for different values of the algorithm's parameters

umieszczonym w środku obiektu powierzchniowego, np. zamianie obszarów zalesionych na symbol drzewa (ryc. 2).

Redukcja powierzchni do linii. Ten operator zmienia obiekty powierzchniowe 2D na obiekty liniowe 1D. Przykładem jest zmiana przedstawienia rzeki z symbolu powierzchniowego na symbol liniowy. Możliwe jest zachowanie połączenia pomiędzy nowo otrzymaną linią a wcześniej wybranym obiektem liniowym.

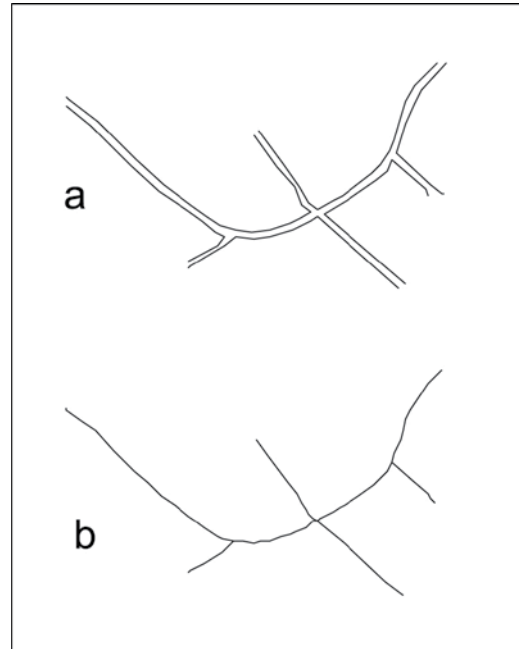
Redukcja linii do punktu pozwala zmienić wymiar jednostki obiektu liniowego 1D (o długości mniejszej od zadeklarowanej) do obiektu punktowego 0D. Do wyboru są dwa algorytmy umożliwiające wstawienie obiektu punktowego w środku linii lub w wierzchołku linii znajdującym się najbliżej punktu środkowego.

Redukcja pary linii do linii pojedynczej. Działanie operatora uzależnione jest od wartości parametrów: minimalnego i maksymalnego odstępów pomiędzy liniami. Rycina 3 ilustruje przykład zastosowania tego operatora, gdzie obraz drogi przedstawionej dwiema liniami równoległymi został zamieniony na linię pojedynczą.

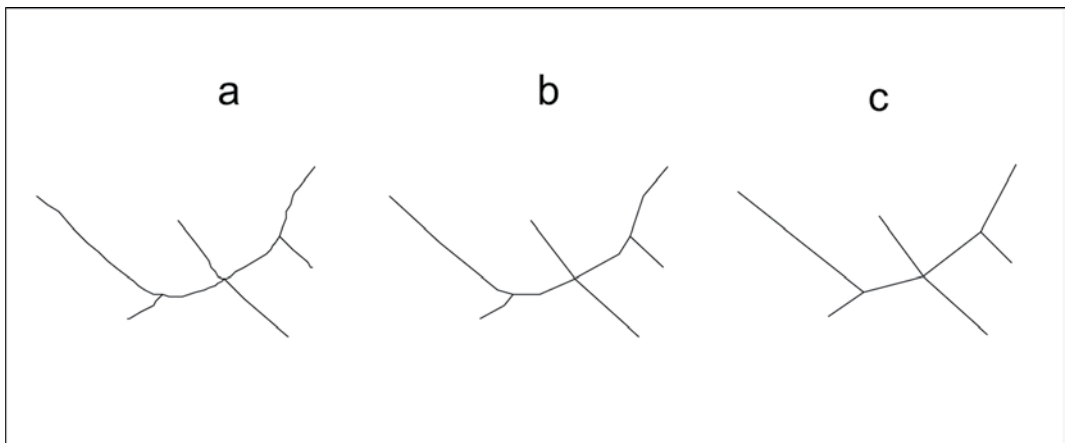
4.3. Upraszczenie

Reprezentacja obiektu w mniejszej skali może zachować wierność szczegółów przy znacznie mniejszej liczbie punktów określających ten obiekt. Operator upraszczania wybiera te punkty z reprezentacji obiektu liniowego, które są charakterystyczne dla jego kształtu, a pozostałe

punkty pomija. Do realizacji tego operatora zaproponowano wiele algorytmów: algorytmy Douglasa-Peuckera, Langa, Reumanna-Witkama, algorytm VectGen, algorytm wycinania n -tego



Ryc. 3. Zamiana linii podwójnej na pojedynczą
Fig. 3. Double line collapse with a single line



Ryc. 4. Upraszczenie sieci dróg za pomocą algorytmu Douglasa-Peuckera; a – dane początkowe; b, c – dane końcowe dla różnych wartości parametrów algorytmu

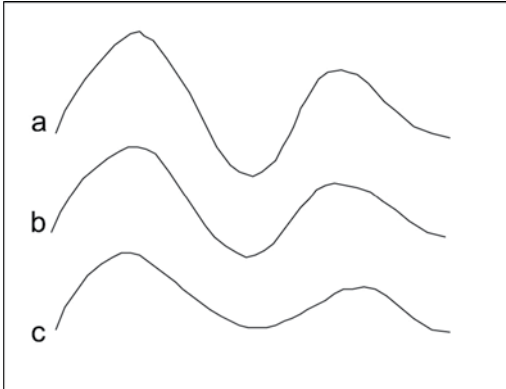
Fig. 4. Simplification of a road network with the Douglas-Peucker algorithm:
a – original map data, b,c – result data for different values of the algorithm's parameters

punktu, zachowania powierzchni i inne.

Najczęściej wykorzystywany jest algorytm Douglasa-Peuckera (D.H. Douglas i T. K. Peucker 1973). Działanie algorytmu rozpoczyna się od znalezienia punktu P , najbardziej odległego od prostej wyznaczonej przez pierwszy i ostatni punkt danej linii. Jeżeli odległość punktu P od prostej jest większa od ustalonej wartości progowej, punkt zostaje uznany za punkt charakterystyczny, a generalizowana linia zostaje podzielona na dwie linie: od punktu początkowego do punktu P i od punktu P do punktu końcowego, które ponownie poddawane tej samej procedurze wyszukiwania kolejnych punktów charakterystycznych. Jeżeli odległość punktu P od prostej jest mniejsza od wartości progowej, to wszystkie punkty leżące pomiędzy punktem pierwszym i ostatnim zostają usunięte, a obrazem zgeneralizowanej linii jest linia prosta. Przykładowe efekty działania tego algorytmu przedstawia rycina 4.

4.4. Wygładzanie

Operator wygładzania dokonuje małych przesunięć punktów z linii w celu usunięcia niewielkich nierówności przy zachowaniu zasadniczego kształtu linii. Efektem są linie o zmniejszonej ostrości kątów, czego skutkiem jest polepszona estetyka. W systemie MAP GENERALIZER dostępne są trzy algorytmy realizujące to zadanie: uśrednianie proste, ważne oraz algorytm Brophy'ego (D.M. Brophy 1973). Najprostszy jest algorytm uśredniania, polegający na zmianie położenia punktów linii przez uśrednianie ich współrzędnych z pewną



Ryc. 5. Wygładzanie algorytmem średnich ważonych; a – dane początkowe, b, c – dane końcowe dla różnych wartości parametrów algorytmu

Fig. 5. Smoothing using the weighted average algorithm: a – original map data, b, c – result data for different values of the algorithm's parameters

liczbą punktów poprzedzających i następujących po danym punkcie (ryc. 5).

4.5. Agregacja

Operator agregacji dokonuje łączenia pewnej liczby obiektów mniejszych w jeden obiekt większy. Istnieją trzy warianty tego operatora różniące się rodzajem obiektów i sposobem działania.

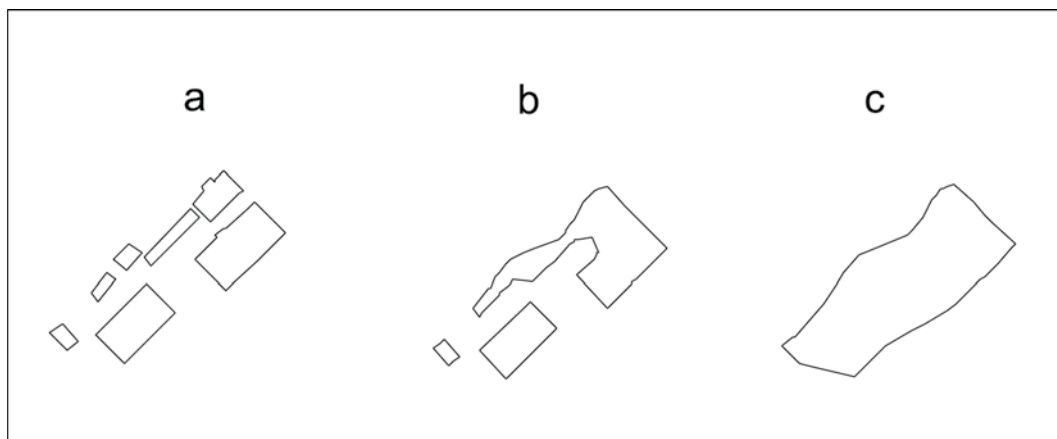
Agregacja obszarów rozłącznych polega na zastąpieniu jednym obiektem pewnej liczby oddzielnych obiektów powierzchniowych, na przykład sieci małych jezior. Pomimo iż każde z nich może być zbyt małe aby znaleźć się na mapie w skali docelowej, ich połączenie może pozwolić na poprawne odzwierciedlenie charakterystyki regionu. Algorytm realizujący ten operator uwzględnia maksymalną odległość między obiektami, rozległość obszarów objętych agregacją i stopień złożoności łączonych obiektów. Działanie algorytmu kontrolują trzy parametry: parametr tolerancji progowej (odległość między obszarami), parametr tolerancji stref (rozległość i stopień złożoności obszarów do agregacji) oraz parametr minimalnej powierzchni dziur (usuwanie dziur powstałych w wyniku agregacji). Przykładowe wyniki działania operatora generalizacji przedstawia rycina 6.

Agregacja obszarów połączonych dokonuje łączenia w jeden dwóch lub więcej obszarów, jeśli mają co najmniej jeden wspólny bok, który jest usuwany.

Agregacja punktów stosowana jest w sytuacji, gdy w jakimś obszarze występuje pewna liczba obiektów punktowych, których liczba lub rozmieszczenie nie pozwala na ich indywidualną prezentację. Punkty te mogą być jednak przedstawione zbiorowo w postaci obiektu powierzchniowego odpowiedniego typu, na przykład zgrupowanie budynków można zastąpić obszarem zabudowanym. W algorytmie używa się parametru odległości do określenia, czy wybrane punkty należą do grupy czy nie. Jeśli trzy lub więcej punktów leży w odległości nie przekraczającej wartości tego parametru, to wokół tych punktów prowadzona jest linia graniczna, tworząc obszar. Rycina 7 przedstawia zmianę reprezentacji punktowej na powierzchniową dla różnych wartości parametru odległości.

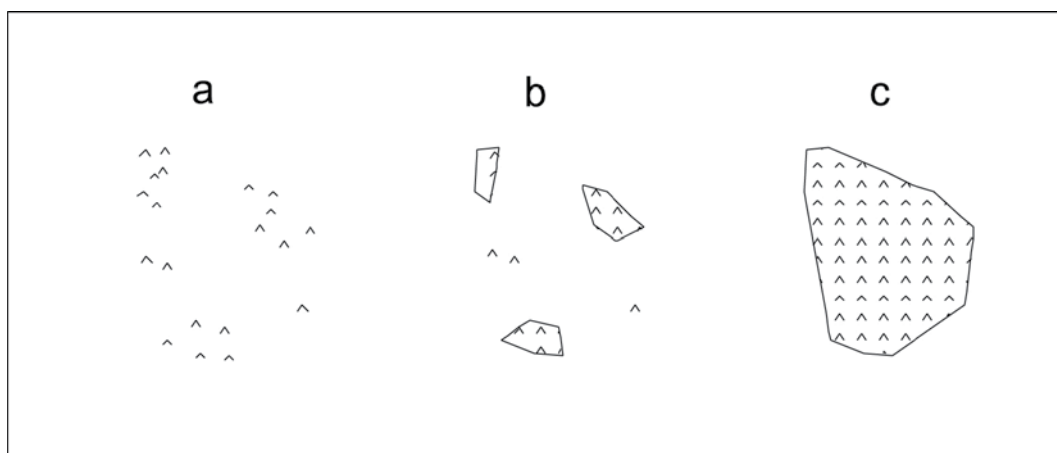
Algorytm agregacji punktów pozwala ponadto regulować stopień złożoności granicy tak tworzonych obszarów oraz powstawanie w nich dziur za pomocą parametrów wklęsłości granicy i minimum wielkości dziury.

4.6. Wybór elementów reprezentatywnych



Ryc. 6. Agregacja budynków; a – dane początkowe; b, c – dane końcowe dla różnych wartości parametrów algorytmu

Fig. 6. Building aggregation: a – original map data, b, c – result data for different values of the algorithm's parameters



Ryc. 7. Agregacja obiektów punktowych; a – dane wejściowe; b – dane wyjściowe dla różnych wartości parametru

Fig. 7. Point object aggregation, a – original map data, b – result data for different values of the algorithm's parameters

W niektórych przypadkach mapa może zawierać dużą liczbę małych elementów liniowych lub punktowych, których przedstawienie na mapie w skali mniejszej może być niecelowe. Zamiast tego zachowanie mniejszej liczby reprezentatywnych elementów może pozwolić na odzwierciedlenie charakteru tego zbioru. Dokonuje się tego albo przez usunięcie elementów najmniejszych lub wnoszących najmniej do kształtu regionu, albo przez wybranie elementów najbardziej reprezentatywnych. Zatem operator ten zmniejsza złożoność mapy przy zachowaniu oryginalnego

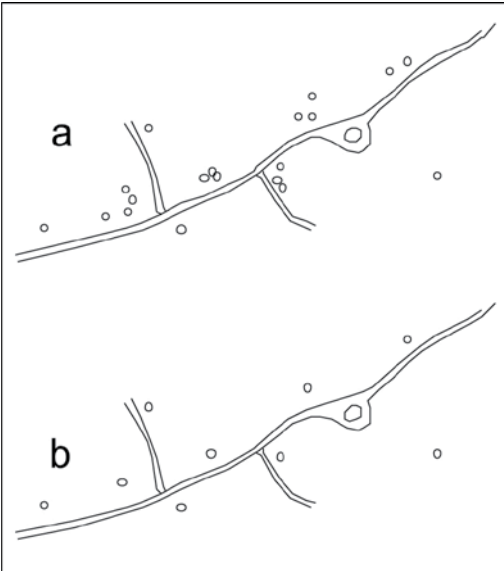
rozmszczenia przestrzennego elementów.

Można rozważyć trzy wersje tego operatora:

Zbiór punktów do zbioru punktów. Na podstawie parametru tolerancji grupy, algorytm stara się zachować jak największą liczbę punktów, jednak położonych nie bliżej niż wartość tego parametru, w taki sposób, aby zachować oryginalną relację gęstości punktów (ryc. 8).

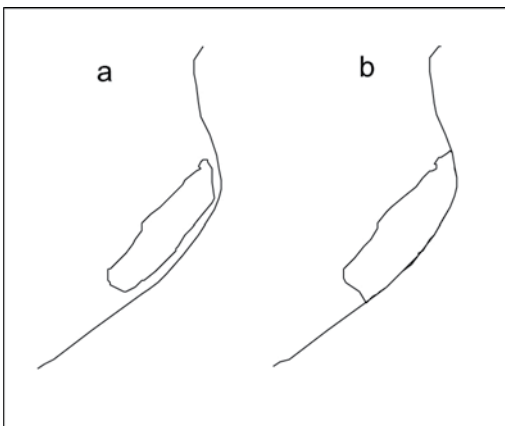
Zbiór punktów do punktu środkowego. Algorytm zachowuje tylko jeden punkt środkowy z grupy punktów położonych nie dalej od siebie niż wartość parametru tolerancji grupy.

Wybór linii reprezentatywnych przeprowadza się za pomocą algorytmu rozwiązywania konfliktu.



Ryc. 8. Wybór reprezentatywnych drzew algorytmem „zbiór punktów do zbioru punktów”

Fig. 8. Point typification applied to trees: „point set to point set” algorithm



Ryc. 9. Przyniesienie granicy obiektu powierzchniowego do obiektu liniowego

Fig. 9. Area object boundary extend to a linear object

Sprawdza on, czy dwie linie pozostają w konflikcie wykorzystując parametry minimum odstępu i stopnia bliskości. Jeśli tak, to usunięte zostają linie o mniejszym znaczeniu. Ten algorytm może być wykorzystany do odzwierciedlenia cech, takich jak sieć dróg, w sposób zachowujący jej charakter.

4.7. Przyniesienie granicy

Indywidualna generalizacja sąsiadujących ze sobą elementów mapy może spowodować, że w docelowej skali np. linie brzegowe będą ze sobą kolidować (mogą znaleźć się zbyt blisko siebie lub przecinać się). Operator przysunięcia granicy pozwala zmodyfikować granice położonych blisko siebie obiektów powierzchniowych w taki sposób, że stają się one sąsiadami, a także zmodyfikować granicę obiektu powierzchniowego, leżącego w sąsiedztwie linii, tak aby stały się one jednym elementem liniowym. Funkcjonowanie operatora określa parametr odległości między elementami.

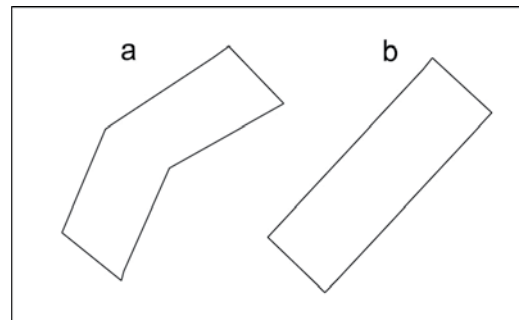
4.8. Odsunięcie

Ten operator zapobiega sytuacjom podobnym jak w przypadku operatora przysunięcia granicy, lecz przez odsunięcie – zamiast zbliżenia – tych cech, które pozostają w konflikcie graficznym, to znaczy są położone zbyt blisko siebie. Fizyczne ograniczenia położenia symboli na mapie powodują czasami konieczność odsunięcia niektórych cech z miejsc ich rzeczywistego położenia. Operator wykorzystuje tabelę wartości separacji między różnymi elementami, które określają minimalne odstępy między znakami na mapie.

4.9. Zmiana orientacji znaku punktowego

Operator zmiany orientacji znaku punktowego pozwala (ręcznie lub automatycznie) dokonywać rotacji elementów punktowych (znaków lub tekstów) w celu zmiany ich orientacji. W przypadku automatycznej rotacji elementy punktowe obracane są do orientacji zgodnej z najbliższym elementem liniowym. Odległość tych elementów określa wartość parametru.

4.10. Skalowanie punktu



Ryc. 10. Prostokątowanie budynku
Fig. 10. Squaring of buildings

Operator skalowania punktu pozwala przeskalować elementy punktowe (symbole lub napisy), w zależności od rozmiaru papieru i współczynnika skali.

4.11. Prostokątowanie obszarów

Operator ten przekształca granice obszarów zamkniętych tak, aby ich boki były do siebie wzajemnie prostopadłe lub równoległe. Algorytm oblicza kąty wszystkich boków obszaru i wykorzystuje parametr tolerancji kątowej do pogrupowania sąsiednich boków obszaru. Kąt nachylenia najdłuższego boku w każdej grupie staje się bokiem odniesienia dla grupy, względem którego odbywa się prostokątowanie boków tej grupy. Ostateczny kąt danego boku jest albo prostopadły, albo równoległy (równy) do kąta boku odniesienia, co jest określone przez parametr tolerancji kątowej (ryc. 10).

5. Kolejność wykonywania operatorów generalizacji

Zastosowanie operatorów do przeprowadzenia generalizacji wymaga wykonania szeregu operacji. Typowa kolejność czynności, wykonywanych przez operatora w jednym kroku generalizacji, składa się z:

- Wyboru elementów do generalizacji, czyli wskazania elementów na ekranie monitora lub zdefiniowania warunku, jaki mają spełniać wybrane elementy. Warunkiem tym może być typ elementów, ich wartości, nazwy, atrybuty itd.
- Wskazania operatora generalizacji. Wybór operatora wymaga wiedzy o operacjach, jakie on wykonuje i ich przydatności w konkretnych sytuacjach graficznych.

- Wyboru algorytmu. Dla poszczególnych operatorów możliwe są różne algorytmy, w związku z czym należy się również zapoznać z regułami matematycznymi, na podstawie których one działają.

- Określenia parametrów. Większość operatorów działa na podstawie wskazanych wartości parametrów. W systemie komputerowym możliwe jest dokonywanie zmian tych wartości w sposób ciągły, w odpowiednim okienku, z jednoczesną obserwacją rezultatów na ekranie. Raz dobrane parametry mogą zostać zapisane jako standard i wielokrotnie wykorzystane w kolejnych etapach pracy.

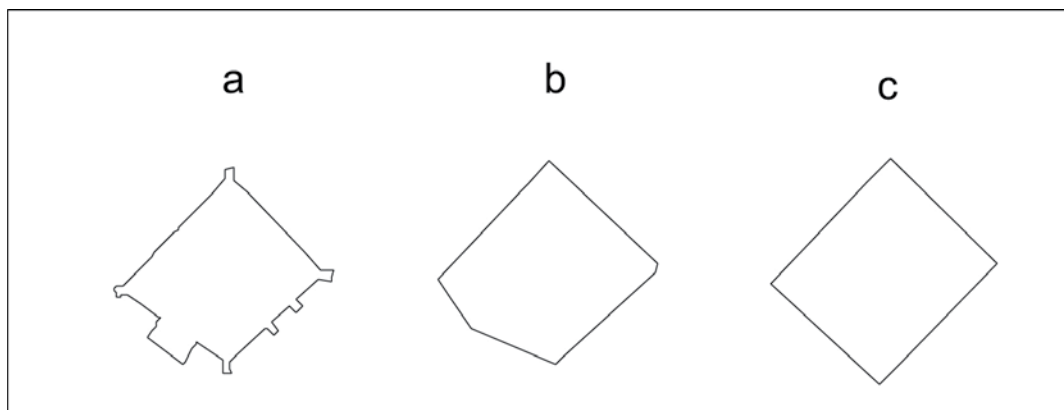
W większości przypadków wykonanie generalizacji danego obiektu wymaga zastosowania kilku operatorów oraz ustalenia ich kolejności. Na przykład w generalizacji budynków należy wykonać kolejno operatory agregacji, upraszczania i prostokątowania.

Poprawne wykonanie generalizacji wymaga więc zarówno dobrania odpowiednich operatorów generalizacji, algorytmów i parametrów jak i wykonania ich w odpowiedniej kolejności.

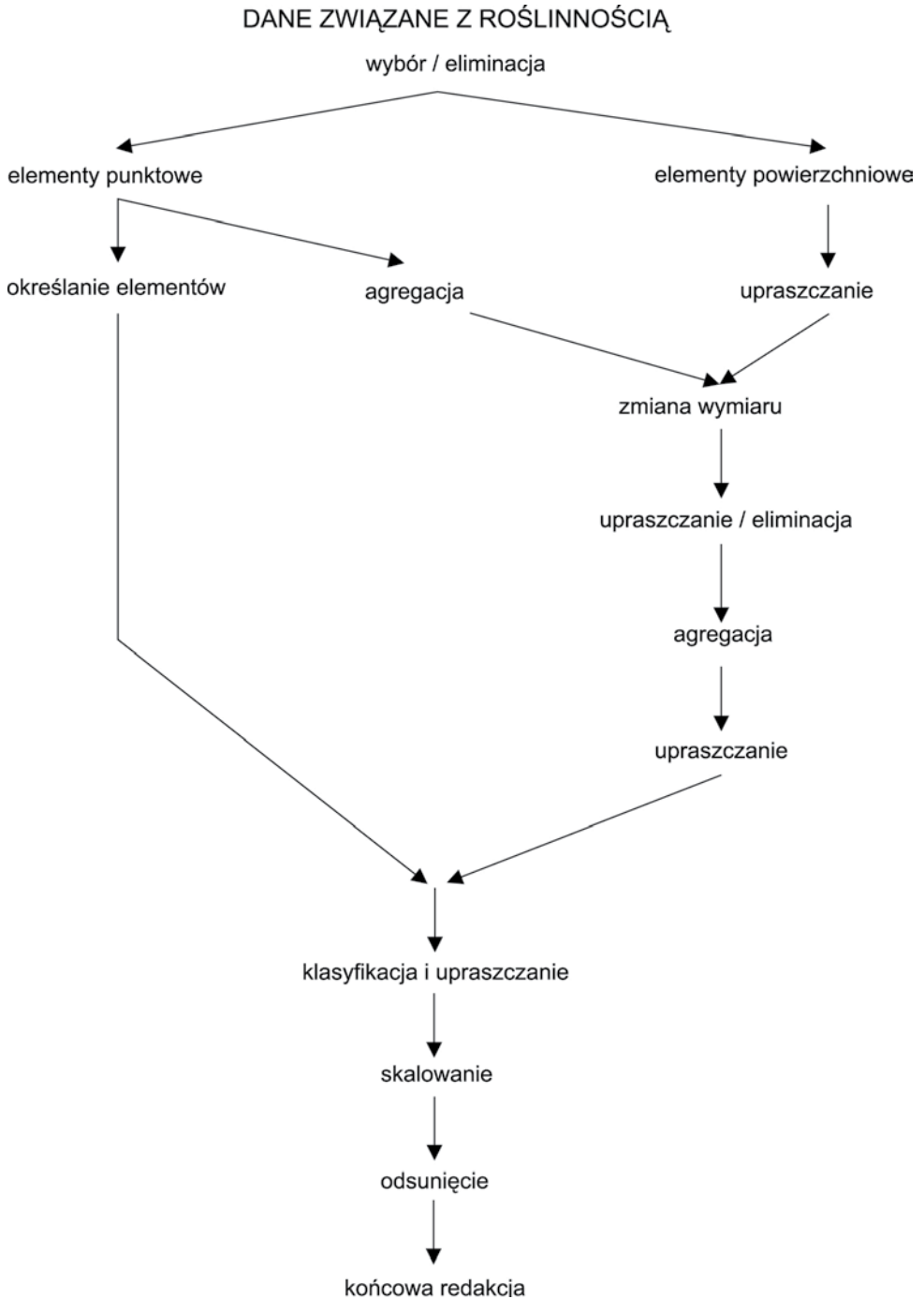
D. Lee (1992) podkreśla, że wybór operatorów i kolejność ich użycia powinny być różne, w zależności od rodzaju mapy i z pewnością jest to pogląd w pełni uzasadniony. Proponowaną przez tę autorkę sekwencję operatorów generalizacji dla mapy roślinności przedstawia rycina 12.

6. Generalizacja automatyczna ?

Po przedstawieniu opisu możliwości i przykładów działania systemu komputerowej generalizacji map, takiego jak MGE MAP GENERALIZER, nasuwa się pytanie, czy możliwa jest generalizacja w pełni automatyczna. Jeśli do zgeneralizowania mapy danego typu niezbędne



Ryc. 11. Sekwencja operatorów: a – dane początkowe, b – upraszczanie, c – prostokątowanie
Fig. 11. Generalization operator sequence: a – original map data, b – simplification, c – squaring



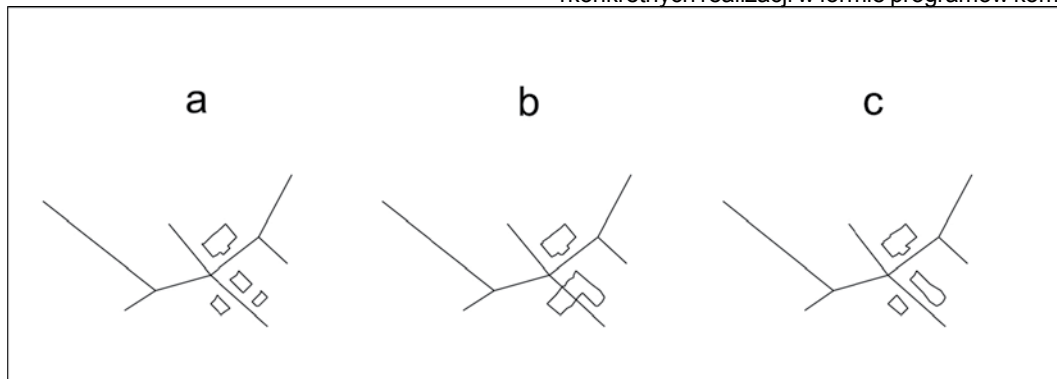
Ryc. 12. Schemat wyboru operatorów generalizacji map roślinności
 Fig. 12. Generalization operator selection for vegetation maps

jest zastosowanie określonej sekwencji operatorów generalizacji, jak to opisano wyżej, to czy nie mógłby tego w całości wykonywać system komputerowy bez udziału człowieka?

Odpowiedź na to pytanie jest złożona. W procesie generalizacji w zależności od rodzaju mapy, jej skali i przeznaczenia wymagane jest

7. Wnioski

Próby formalizacji i automatyzacji generalizacji podejmowane były od dawna, jednak dopiero w ostatnich latach weszły w fazę całościowego ujmowania tego procesu, rozwoju nowych modeli i konkretnych realizacji w formie programów kom-



Ryc. 13. Agregacja budynków; a – dane wejściowe; b – przez drogę; c – z uwzględnieniem warunku nieprzecinania drogi

Fig. 13. Building aggregation: a – original map data, b – across a road, c – with an additional constraint of not crossing a road

dobranie nie tylko właściwej sekwencji operatorów, ale odpowiednich algorytmów i wartości ich parametrów. Możliwości jest tak wiele, że żaden istniejący system komputerowy nie potrafi obecnie dokonać właściwego wyboru. Problem jest tym bardziej złożony, że dobór parametrów zależy nie tylko od skali, celu mapy oraz generalizowanych obiektów, ale również od obiektów je otaczających. Rycina 13 przedstawia sytuację, kiedy dobór parametrów operatora agregacji, poprawny ze względu na skalę mapy i odległość między budynkami, nie jest poprawny ze względu na drogę przebiegającą między budynkami.

W procesie generalizacji konieczne jest zatem uwzględnienie różnych okoliczności dodatkowych, czasami konieczne jest odstępstwo od przyjętych zasad, rozpatrywanie różnych wariantów rozmieszczenia elementów na mapie i wybranie wariantu najkorzystniejszego.

Pewną perspektywą wykonania takiego systemu są metody sztucznej inteligencji, na przykład takie jak regułowe systemy oparte na wiedzy. Prace w tym kierunku prowadzone są od połowy lat osiemdziesiątych w wielu ośrodkach na świecie. Również autorzy tego artykułu pracują nad skonstruowaniem prototypu systemu ekspertowego nadzorującego pracę MGE MAP GENERALIZERA.

puterowych. W przeciwieństwie do dotychczas stosowanych podejść, w których rozwiązywano poszczególne problemy, podejście całościowe polega na łącznym ujmowaniu trzech podstawowych problemów generalizacji – *dlaczego, kiedy i jak* należy generalizować mapy. Na pierwsze pytanie odpowiadają modele generalizacji, przedstawione przez różnych autorów. Najpełniej uczynili to K. Brassel i R. Weibel (1988), sugerując zarazem, że skuteczną odpowiedź na drugie i trzecie pytanie będzie można uzyskać przez zaniechanie dotychczas stosowanego podejścia algorytmicznego i wykorzystanie podejścia opartego na wzmocnionej inteligencji, a następnie zintegrowanych systemów ekspertowych.

Operatory generalizacji programu MAP GENERALIZER stanowią mogą efektywne narzędzie, skutecznie wspomagające opracowanie mapy przez doświadczonego wykonawcę, posiadającego gruntowną wiedzę kartograficzną i dobrze rozumiejącego przeznaczenie wykonywanej mapy. Ich automatyczne działanie bowiem nie zawsze daje wyniki zgodne z oczekiwaniami kartografów, co widać zarówno na przedstawionych w artykule przykładach, jak i przeprowadzonej przez Weibela (1995) analizie programu.

Podejście oparte na systemach ekspertowych pozwala wykorzystać subiektywną i trudno pod-

dającą się formalizacji wiedzę fachową o procesie generalizacji. Tkwi w tym przewaga tej metody nad innymi podejściami do automatyzacji procesu generalizacji map, zarówno bardziej tradycyjnymi, opartymi na modelach matematycznych, jak i nowymi, np. opartymi na metodach uczenia się,

takimi jak sieci neuronowe.

Literatura

Brassel K., Weibel R., 1988, *A review and conceptual framework of automated map generalization*. „Intern. Journ. of Geogr. Inform. Systems”, Vol. 2, s. 229–244.

Brophy D.M., 1973, *An automated methodology for linear generalization in thematic cartography*. W: Proceedings ACSM, s.300–314.

Douglas D.H., Peucker T.K., 1973, *Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a digitized line or its caricature*. „The Canadian

Cartographer” Vol. 10, nr , s.112–123.

Iwaniak A., 1993, *Baza danych a baza wiedzy*. W: VIII Szkoła Kartograficzna, Wrocław, s. 9–16.

Lee D., 1992, *Cartographic generalization*. Intergraph internal technical paper, s. 10.

McMaster R.B., Shea K.S., 1992, *Generalization in Digital Cartography*. Assoc. of Amer. Geographers, Washington.

Weibel R., 1995, *An Evaluation of MGE Map Generalizer*. Interim Report, Department of Geography, University of Zurich.

Generalization of digital maps – concepts and tools

Part two

Summary

The generalization operators are a useful paradigm for representing the process of map generalization. Particularly popular is the set of generalization operators of the McMaster & Shea model of generalization, which was implemented, among others, in the MGE Map Generalizer system. The paper also describes these operators, the algorithms used to implement them, the

parameters controlling their operation and examples of steps involved in generalizing numerical maps using this system. The paper further describes commonly used sequences of operators, used in the map generalization process. Finally, there is an overview of issues arising when trying to fully automate the generalization process.

Генерализация цифровых карт – концепция и орудия

Часть 2

Резюме

Операторы генерализации являются пригодной парадигмой, с помощью которой можно представить процесс генерализации карт. Особо пригодным является набор операторов генерализации модели McMaster & Shea, который был заимплементирован между другими в программе MGE Map Generalizer. В статье описаны эти операторы, алгоритмы, использованные для их реализации, управляющие ими параметры, а также примеры их использования.

Представлены тоже действия, связанные с генерализацией цифровых карт с использованием этой программы, а также секвенции операторов генерализации часто применяемых при генерализации карт. В заключении проведён обзор вопросов и проблем, выступающих при попытках полной автоматизации процесса генерализации.