

Polski Przegląd Kartograficzny
Tom 36, 2004, nr 4, 266–273

ADAM IWANIAK

Katedra Geodezji i Fotogrametrii Akademii Rolniczej we Wrocławiu
IZABELA CHYBIĆKA, WIESŁAW OSTROWSKI
Katedra Kartografii Uniwersytetu Warszawskiego
WITOLD PALUSZYŃSKI
Instytut Cybernetyki Technicznej Politechniki Wrocławskiej

Generalizacja danych topograficznych o szczegółowości 1:10 000 do skali 1:50 000

Część II

Zarys treści. W pierwszej części artykułu omówiono znaczenie generalizacji w procesie budowy Krajowego Systemu Informacji Geograficznej oraz teoretyczne zasady generalizacji sieci dróg i zabudowy dla skali 1:50 000. W drugiej części opisano narzędzia informatyczne do automatyzacji procesu generalizacji oraz implementację bazy wiedzy dotyczącej reguł generalizacji w środowisku programowym DynaGEN. Poprawność opracowanej bazy wiedzy zweryfikowano przez przeprowadzenie dwóch eksperymentów. Pierwszy eksperyment dotyczy generalizacji warstw tematycznych Bazy Danych Topograficznych (BDT) sieci transportowej i zabudowy w obrębie podwarszawskiej miejscowości Lomianki. Drugi eksperyment polegał na generalizacji warstwy tematycznej sieci transportowej w okolicach Kowalewa Pomorskiego.

Słowa kluczowe: bazy danych topograficznych, mapa topograficzna, generalizacja kartograficzna

3. Komercyjnie oprogramowanie do generalizacji map cyfrowych

Obecnie najbardziej zaawansowanym oprogramowaniem dostępnym na rynku jest oprogramowanie firmy Laser Scan, która uczestniczyła w projekcie AGENT (Automatic GENeralization New Technology) (AGENT 2004). W wyniku tego projektu powstał niezwykle zaawansowany system do generalizacji map Clarity (2004). Zasadniczą różnicą, przyjętą przez Laser Scan w porównaniu z dotychczas istniejącym oprogramowaniem, jest uwzględnienie faktu, że generalizacja ma charakter kontekstowy i te same obiekty mogą być generalizowane

różnie w zależności od innych otaczających je obiektów. Było to możliwe dzięki zastosowaniu unikalnej technologii obiektowej, w której sposób generalizacji każdego obiektu odpartywany jest indywidualnie, w zależności od jego sąsiedztwa i sytuacji graficznej. Traktowanie obiektów jako autonomicznych jednostek (agentów) pozwala na wykonywanie generalizacji wariantowej z uwzględnieniem specyfiki poszczególnych obiektów, jak również otaczającego je środowiska. Firma Laser Scan deklaruje, że oprogramowanie to pozwala na automatyzację procesu generalizacji cyfrowego modelu krajobrazu w 85–90% cyfrowego modelu kartograficznego w 70–80%. Uruchomienie tego oprogramowania jest jednak uzależnione od jego poprawnego skonfigurowania, obejmującego między innymi zbudowanie bazy wiedzy. Proces ten jest niezwykle złożony, jak dotąd wykonywany jedynie przez pracowników firmy Laser Scan. System Clarity jest komercyjnie wykorzystywany tylko w trzech ośrodkach – w krajowych agencjach kartograficznych w Wielkiej Brytanii, Belgii i Danii.

Alternatywnym oprogramowaniem do generalizacji jest system DynaGEN firmy Intergraph. Jest on znacznie tańszy niż system Laser Scan i ma zdecydowanie większą liczbę wdrożeń praktycznych. Wykorzystano tutaj te same algorytmy generalizacji, jednak nie ma możliwości wykonywania operacji alternatywnych, a jedynie możliwość generalizacji całych obszarów w ten sam sposób. Prowadzi to do konieczności wykonywania generalizacji w trybie

interaktywnym na niewielkich obszarach, albo w trybie automatycznym i wprowadzania poprawek poprawek manualnych. Podobnie jak w rozwiązaniu firmy Laser Scan przeprowadzenie procesu generalizacji wymaga konfiguracji oprogramowania i budowy bazy wiedzy, opracowywanej metodą prób i błędów. W dalszej części artykułu przedstawiono taką bazę opracowaną w środowisku programowym DynaGEN, jak również przedstawiono przykłady praktycznego wykorzystania tej implementacji na potrzeby generalizacji bazy danych topograficznych odpowiadającej szczegółowości mapy 1:10 000, do wektorowej mapy poziomu 2 w skali 1:50 000.

3.1. Podejście agentowe i projekt AGENT

Koncepcja agentów i systemów wieloagentowych stanowi nowoczesną technikę modelowania problemów i konstrukcji efektywnych rozwiązań problemów złożonych. W kontekście projektu AGENT, wszystkie obiekty topograficzne podlegające generalizacji takie jak: budynki, drogi, parcelo są traktowane jako autonomiczne jednostki (agenty) dążące do rozwiązywania zadań z uwzględnieniem ograniczeń, wynikających z procesu generalizacji i wymagań docelowej skali mapy. Niektóre ograniczenia są sformułowane indywidualnie dla konkretnego agenta, np. budynek musi mieć pewien minimalny rozmiar. Inne ograniczenia dotyczą interakcji między agentami, np. droga nie może przebiegać w poprzek budynku.

Na każdym etapie procesu generalizacji dąży się do znalezienia najefektywniejszej czynności generalizacyjnej. Czynność ta powinna pozwolić na rozwiązanie konfliktów przy jednoczesnym utrzymaniu relacji przestrzennych między obiektami. Czynności generalizacyjne, wykonywane na poziomie obiektów topograficznych (agentów) pozwalają na indywidualną analizę sytuacji graficznej obiektu oraz uwzględnienie jego sąsiedztwa. To podejście pozwala rozwiązywać problemy wielu nakładających się na siebie i często wzajemnie przeciwstawnych wymagań i ograniczeń, ponieważ rozwiązania wypracowywane są lokalnie, na poziomie konkretnego agenta. Jednocześnie jakiegokolwiek naruszenie ograniczeń w większej skali, odnoszące się nie do poszczególnych agentów lecz ich systemów, prowadzi do organizacji agentów, czyli powstawania współpracujących grup obiektów, które mają wspólne cele i komunikują się w celu ich realizacji. Organizacja agentów mogą tworzyć wielopoziomowe hierarchie, ułatwiające wykonanie szczególnie trudnych zadań.

Techniki wieloagentowe świetnie nadają się zatem do generalizacji map, podczas której muszą być spełnione takie właśnie, często sprzeczne ze sobą wymagania (Lamy et al. 1999). Konstrukcja zgeneralizowanej mapy wymaga jednocześnie zachowania charakteru odwzorowywanego terenu i wzajemnych relacji istniejących na mapie obiektów, jak również często eliminacji dużej liczby cech i znacznego uproszczenia pozostałych obiektów. Zastosowane w projekcie AGENT podejście do generalizacji wprowadza hierarchiczną strukturę obiektów, składającą się z trzech poziomów i odpowiadających im procesów analizy.

Mikropoziom stanowią pojedyncze, autonomiczne obiekty, np. drogi lub budynki. Mikroanaliza przeprowadzana jest na najniższym poziomie, np. analiza wielkości budynku. Przy generalizacji obiektów na mikropoziomie nie ma konieczności uwzględniania ich sąsiedztwa. Wykorzystywane są tu podstawowe algorytmy generalizacji, takie jak uproszczenie, w zależności od przypisanych obiektom indywidualnych ograniczeń. Aby sprostać dynamicznie zmieniającym się warunkom, powstającym na poziomach wyższych, a wynikającym z interakcji z innymi obiektami, mikroagenty muszą posiadać rozbudowane możliwości wariantowe (możliwość generalizacji w zależności od kontekstu). Z tego powodu konieczny był i nadal jest rozwój wielu skutecznych algorytmów analizy do pomiaru i oceny kształtu, topologii, tekstury itp.

Na mezopoziom składają się grupy obiektów powiązanych przestrzennie. Mezoanaliza dotyczy zbioru obiektów takich jak osiedla, sieci dróg podmiejskich itp. Proces generalizacji na poziomie mezo polega na uwzględnieniu warunków nałożonych na grupy obiektów, takich jak minimalne odległości między budynkami, przebieg drogi między innymi obiektami itp. Na poziomie mezo wybierane są optymalne strategie generalizacji takich grup obiektów, albo powstających na mapie sytuacji graficznych. Właśnie poziom mezo jest właściwy do oceny kontekstu elementów sytuacji graficznej, ich wzajemnej ważności i wyboru cech, które powinny być zachowane lub wręcz wzmocone. Na tym poziomie dokonuje się także oceny stopnia uwzględnienia kontekstu i wykrywa się powstałe konflikty.

Tego samego rodzaju makropoziom obejmują zbory obiektów poszczególnych klas. Makroanaliza odnosi się do wszystkich obiektów należących do danej klasy, niekoniernie wyodrębnionej przestrzennie, np. wszystkich budynków, wszystkich ulic. Poziom makro stanowi

bazę tworzenia i zarządzania organizacjami poziomu mezo. Na tym poziomie opracowywana jest ogólna strategia generalizacji, a wyniki analiz przekazywane są do poziomu mezo.

3.2. Program DynaGEN

Program DynaGEN firmy Intergraph to narzędzie służące do generalizacji map topograficznych. Jest aplikacją pracującą jako nakładka na system Dynamo, a więc wykorzystuje środowisko graficzne, funkcje topologiczne i modele danych zdefiniowane w tym systemie. DynaGEN pozwala na pracę w trybie manualnym, interaktywnym i wsadowym (A. Iwaniek 2000). System zapewnia pracę dynamiczną, co oznacza, że użytkownik może zmieniać wartości dowolnych parametrów używając suwaków i wizualnie oceniać zmieniające się wyniki. Pojęcie operatora generalizacji zostało zdefiniowane jako elementarna konwersja mapy (transformacja), co może być wyrażone jako formuła matematyczna albo jako jednoznaczny opis procedury (algorytm). Taka konwersja nazywana jest krokiem generalizacji. Proces generalizacji komputerowej ma postać sekwencji takich konwersji, utworzonej przez dodanie wartości poszczególnych parametrów. Sekwencja i jej parametry muszą być wybrane w taki sposób, aby zapewnić poprawne relacje między generalizowanymi obiektami. Przed przystąpieniem lub w trakcie generalizacji istnieje możliwość wskazania niedozwolonych relacji topologicznych (disallowable topological changes). Mechanizm ten pozwala na ciągłą analizę i utrzymanie relacji przestrzennych między obiektami w trakcie procesu generalizacji, a więc zachowanie właściwej topologii mapy. Podczas generalizacji użytkownik, w zależności od rodzaju generalizowanego obiektu, ma do dyspozycji szereg operatorów, algorytmów i parametrów (dokładna ich charakterystyka znajduje się w artykule A. Iwanika, W. Paluszynskiego, W. Zyszkowskiej 1998), takich jak:

- operator upraszczania (Simplify),
- operator wygładzania (Smoothing),
- operator agregacji (Aggregation),
- operator zmiany sposobu przedstawiania obiektów (Collapse),
- operator rozciągania granic (Boundary extend),
- operator wyboru obiektów reprezentatywnych (Typify),
- operator prostowania kątów (Square),
- operator łączenia obiektów (Merge).

4. Generalizacja Bazy Danych Topograficznych do mapy wektorowej poziomu 2

4.1. Cel i zakres opracowania

Celem opracowania jest poznanie i opis procesu generalizacji Bazy Danych Topograficznych (BDT) o szczegółowości odpowiadającej mapie topograficznej w skali 1:10 000, do mapy wektorowej poziomu 2 (VMap Level2 w skali 1:50 000). Określone w pierwszej części artykułu zasady generalizacji wykorzystano do zbudowania bazy wiedzy w środowisku DynaGEN.

Poprawnie opracowanej bazy danych została zwerifikowana przez przeprowadzenie dwóch eksperymentów. Pierwszy eksperyment dotyczył generalizacji dwóch warstw tematycznych BDT sieci transportowej i zabudowy w obrębie podkarpackiej miejscowości Łomianki. Drugi eksperyment polegał na generalizacji warstwy tematycznej sieci transportowej w okolicach Kowalewa Pomorskiego. Eksperymenty są kontynuacją wcześniejszych prac nad generalizacją map topograficznych ze skali 1:10 000 do skali 1:50 000 (A. Iwaniek, W. Paluszynski 2003).

Mapa wektorowa poziomu 2 i BDT należą do Krajowego Systemu Informacji Geograficznej. Oba składniki są złożonymi produktami zawierającymi zarówno Cyfrowy Model Krajobrazu (Digital Landscape Model – DLM) jak i Cyfrowy Model Kartograficzny (Digital Cartographic Model – DCM). Celem tego eksperymentu była generalizacja DLM Bazy Danych Topograficznej do DLM Mapy wektorowej poziomu 2 za pomocą programu DynaGEN.

4.2. Konstrukcja bazy wiedzy

Implementacja reguł generalizacji w środowisku DynaGEN jest związana z opracowaniem bazy wiedzy (przechowywanej w formacie Access) zawierającej:

- listę zasad opisujących poszczególne kroki generalizacji:
 - nazwę generalizowanego obiektu,
 - operator,
 - algorytm,
 - wartości parametrów algorytmu,
 - nazwy i wartości atrybutów odpowiadających obiektom otrzymywanym w wyniku generalizacji,
 - warunek implementacji właściwej metody;
- opis zabronionych zmian topologicznych (opuszczający zabronione relacje przestrzenne między generalizowanymi obiektami).

Baza wiedzy w systemie DynaGEN składa się

z dwóch zbiorów reguł. Pierwszy zawiera reguły wykonywane w trybie automatycznym i w ograniczonej sekwencji i służy do wstępnego przygotowania danych. Drugi zbiór zawiera reguły opisujące podstawowe procesy generalizacji, wykonywane interaktywnie i nadzorowane przez kartografa, które są decydujące dla sekwencji aplikacji.

4.3. Generalizacja dróg i obszarów zabudowanych

Reguły generalizacji sieci drogowej i zabudowy ze skali 1:10 000 do 1:50 000 zostały przedstawione w pierwszej części artykułu. Przy formułowaniu tych reguł wykorzystano m.in. praktyczne doświadczenia z eksperymentów przeprowadzonych w środowisku DynaGEN.

Generalizacja sieci dróg składa się z dwóch zasadniczych etapów. Pierwszy polega na analizie i wstępnym przetworzeniu danych. Zakres tego procesu składa się z budowy hierarchicznego modelu sieci dróg i łączenia segmentów dróg na całym obszarze. Ostatnie kryteria łączenia segmentów dróg są następujące: równość (zgodność) wybranych parametrów opisujących atrybuty albo wartości kątowe między drogami. Drugi zasadniczy etap generalizacji sieci dróg wykonywany jest interaktywnie.

Poniżej opisano podstawowe kroki generalizacyjne wchodzące w skład pierwszego etapu generalizacji sieci dróg. Podano poszczególne kroki generalizacji (opis kroku generalizacyjnego), obiekty będące przedmiotem generalizacji (dane wejściowe), obiekty powstające po generalizacji (dane wyjściowe), warunki lub cele stosowania poszczególnych kroków generalizacyjnych (kryterium) oraz operatory i funkcje wykorzystywane do realizacji poszczególnych kroków generalizacji (implementacja).

1. Kroki generalizacyjne wchodzące w skład pierwszego etapu (analiza i przygotowanie danych):

(1) Proces przygotowawczy dla dróg utwardzonych.
Opis kroku generalizacyjnego: łączenie segmentów dróg

Dane wejściowe: drogi utwardzone
Dane wyjściowe: brak zmiany klasy obiektów
Kryterium: połączenie mniejszych segmentów dróg (powstałych wskutek wektoryzacji) w większe, ciągłe obiekty, wykorzystywane do procesu generalizacji interaktywnie
Implementacja: wykorzystanie operatora łączenia (Feature blending, Merging) elementów obiektów w struktury sieciowe. Kryterium łączenia obiektów

stanowi taka sama wartość atrybutu ID_ULICY (jednocześnie identyfikującą poszczególne ulice, co pozwala połączyć wektoryzowaną w postaci odcinków ulicę w jeden ciągły obiekt) oraz minimalnej wartości kąta łączenia odcinków ulic wynoszącego 165°. Czynność ta wykonywana jest w edytorze DIDE.

(2) Proces przygotowawczy dla dróg gruntowych.
Opis kroku generalizacyjnego: łączenie segmentów dróg

Dane wejściowe: drogi gruntowe
Dane wyjściowe: brak zmiany klasy obiektów
Kryterium: połączenie mniejszych segmentów dróg (powstałych wskutek wektoryzacji) w większe, ciągłe obiekty, wykorzystywane w procesie generalizacji interaktywnie
Implementacja: użycie operatora Feature blending (Merging) z kryterium łączenia obiektów mających taką samą wartość atrybutu ID_ULICY oraz minimalnego kąta łączenia odcinków ulic 165°. Czynność wykonywana jest w edytorze DIDE.

(3) Proces przygotowawczy dla ścieżek.

Opis kroku generalizacyjnego: łączenie segmentów ścieżek

Dane wejściowe: ścieżki
Dane wyjściowe: brak zmiany klasy obiektów
Kryterium: połączenie mniejszych segmentów ścieżek (powstałych wskutek wektoryzacji) w większe, ciągłe obiekty, wykorzystywane w procesie generalizacji interaktywnie

Implementacja: użycie operatora Feature blending (Merging) z kryterium łączenia obiektów mających taką samą wartość atrybutu X_KOD_TBD, w którym zawarta jest informacja o rodzaju ścieżki.

2. Drugi etap procesu generalizacji, wykonywany interaktywnie składa się z następujących kroków:

1) Wybor dróg równoległych.

Opis kroku generalizacyjnego: generalizacja ilosciowa ulic równoległych
Dane wejściowe: drogi utwardzone
Dane wyjściowe: brak zmiany klasy obiektów
Kryterium: ulice krótsze zostają usunięte, przy nieparzystej liczbie zostawiana jest co druga (w tym droga zewnętrzna)

Implementacja: zastosowanie operatora wyboru obiektów reprezentatywnych (Typify lines), algorytm Conflict resolution, wartość parametru Minimum spacing tolerance 7,5 mm.

(2) Odzrucenie ulic ślepo zakończonych wyszukiwanych i zaprzeczeniu przeszczepnym.

Opis kroku generalizacyjnego: selekcja ulic
Dane wejściowe: drogi utwardzone
Dane wyjściowe: brak zmiany klasy obiektów
Kryterium: ulice ślepo zakończone oraz ulice dochodzące do dróg gruntowych lub alejek, o długości mniejszej niż 75 m

Implementacja: opracowanie zapytania atrybutowego o drogi utwardzone krótsze niż 75 m, z warunkami dopuszczającymi ślepe zakończenia ulic oraz dotykające dróg gruntowych i ścieżek.

- (3) Uproszczenie przebiegu dróg utwardzonych.
Opis kroku generalizacyjnego: uproszczenie dróg
Dane wejściowe: drogi utwardzone
Dane wyjściowe: brak zmiany klasy obiektów
Implementacja: zastosowanie operatora upraszczania Simplify, algorytmu Douglas global tolerance band, wartość parametru tolerancji = 0,05.

liściowa generalizacja dróg nieutwardzonych.

- (4) Odrzucenie ślepo zakończonych dróg nieutwardzonych.

Opis kroku generalizacyjnego: selekcja dróg
Dane wejściowe: drogi gruntowe
Dane wyjściowe: brak zmiany klasy obiektów
Kryterium: ślepo zakończone odcinki dróg większych i innych gruntowych o długości poniżej 500 m
Implementacja: zapytanie wybierające drogi gruntowe o długości poniżej 500 m nie dotykające terenów zabudowanych.

- (5) Wybór równoległych dróg gruntowych.
Opis kroku generalizacyjnego: selekcja równoległych dróg gruntowych

Dane wejściowe: drogi gruntowe
Dane wyjściowe: brak zmiany klasy obiektów
Kryterium: drogi równoległe o odstępach mniejszych niż 250 m z pozostawieniem dróg zewnętrznych
Implementacja: operator Typify lines, algorytm Conflict resolution, wartość parametru Minimum spacing tolerance ca 25 mm.

- (6) Odrzucenie krótkich dróg dojazdowych.
Opis kroku generalizacyjnego: selekcja dróg dojazdowych
Dane wejściowe: drogi gruntowe
Dane wyjściowe: brak zmiany klasy obiektów
Kryterium: eliminacja dróg dojazdowych prowadzących do zagród, jeśli ich długość jest krótsza niż 125 m
Implementacja: wybór dróg gruntowych o długości poniżej 125 m za pomocą zapytania atrybutowego.

- (7) Wybór dróg gruntowych.
Opis kroku generalizacyjnego: wybór dróg
Dane wejściowe: drogi gruntowe
Dane wyjściowe: brak zmiany klasy obiektów
Implementacja: manualne przeprowadzenie kroku
Komentarz: pozostawienie dróg istotnych dla układu przestrzennego całej sieci komunikacyjnej.

- (8) Uproszczenie przebiegu dróg gruntowych.
Opis kroku generalizacyjnego: uproszczenie dróg
Dane wejściowe: drogi gruntowe
Dane wyjściowe: brak zmiany klasy obiektów
Implementacja: wykorzystanie operatora upraszczania Simplify, algorytmu Douglas global tolerance band, wartość parametru tolerancji = 0,05.

liściowa generalizacja ścieżek.

- (9) Generalizacja ilościowa równoległych ścieżek.
Opis kroku generalizacyjnego: selekcja ścieżek
Dane wejściowe: ścieżki
Dane wyjściowe: brak zmiany klasy obiektów
Kryterium: odległości między ścieżkami mniejsze niż 110 m
Implementacja: operator Typify lines, algorytm Conflict resolution, wartość parametru domyślnego 11 mm.

- (10) Wybór ścieżek.
Opis kroku generalizacyjnego: wybór ścieżek
Dane wejściowe: ścieżki
Dane wyjściowe: brak zmiany klasy obiektów
Implementacja: manualne przeprowadzenie kroku
Komentarz: alejki stanowiące ważny skrót m.in. ścieżki będące jedynym połączeniem między osiedlami, są pozostawiane na mapie.

- (11) Uproszczenie przebiegu ścieżek.
Opis kroku generalizacyjnego: uproszczenie ścieżek
Dane wejściowe: ścieżki
Dane wyjściowe: brak zmiany klasy obiektów
Implementacja: operator upraszczania Simplify, algorytm Douglas global tolerance band, wartość parametru tolerancji = 0,05.

Effekt generalizacji sieci dróg przedstawiono na rycinie 1.

Generalizacja obszarów zabudowanych przebiega w jednym etapie interaktywnym, co oznacza, że nie ma potrzeby wykonywania poprzedzającego przetwarzania danych. Na podstawie analizy map topograficznych stwierdzono, że obszary zabudowane leżące w pobliżu sądów nie są łączone, lecz przedstawiane w postaci ilościowo zgeneralizowanych zagród. W skład etapu interaktywnego wchodzi następujące kroki generalizacyjne:

- (1) Wybór gospodarstw (dotyczy gospodarstw położonych w pobliżu sądów).
Opis kroku generalizacyjnego: określenie znaku zagrody
Dane wejściowe: posesje
Dane wyjściowe: zagrody
Kryterium: zagrody to posesje lub zespoły posesji, zawierające budynek mieszkalny oraz budynek gospodarczo-produkcyjny dla rolnictwa
Implementacja: wybór za pomocą zapytania atrybutowego o posesje z wartością atrybutu X_KOD_TBD=KUM02, zawierających budynek mieszkalny (X_KOD_TBD=BBBD01) oraz budynek gospodarczo-produkcyjny dla rolnictwa (X_KOD_TBD=BBBD09).

- (2) Selekcja zagród.
Opis kroku generalizacyjnego: generalizacja ilościowa
Dane wejściowe: zagrody

Dane wyjściowe: brak zmiany klasy obiektów
Kryterium: zagrody leżące na obszarach pokrytych sadami

Komentarz: nie stwierdzono konieczności generalizacji ilościowej zagród na danym obszarze.

- (3) Agregacja przyległych terenów zabudowanych.
Opis kroku generalizacyjnego: agregacja terenów zabudowanych

Dane wejściowe: tereny zabudowane
Dane wyjściowe: brak zmiany klasy obiektów
Kryterium: tereny zabudowane przylegające do siebie
Implementacja: operator Aggregate areas, algorytm Adjoning umożliwiający agregację terenów zabudowanych.

- (4) Agregacja dodatkowych terenów zabudowanych.
Opis kroku generalizacyjnego: agregacja dodatkowych terenów

Dane wejściowe: tereny zabudowane
Dane wyjściowe: brak zmiany klasy obiektów
Kryterium: zawierające więcej niż 2 budynki jednorodzinne, położone poza wzniesień zagrodowymi terenami, w odległości mniejszej niż 50 m, nie przylegające do siebie
Implementacja: obszary zabudowane spełniające wymieniony warunek zostały wybrane za pomocą zapytania dynamicznego (pobliczono liczbę budynków na terenach zabudowanych), dodatkowe obszary dołączono za pomocą operatora Aggregate areas, algorytm Orthogonal (wartość parametru 5 mm).

- (5) Agregacja dodatkowych terenów zabudowanych.
Opis kroku generalizacyjnego: agregacja dodatkowych terenów

Dane wejściowe: tereny zabudowane
Dane wyjściowe: brak zmiany klasy obiektów
Kryterium: obszary, które do siebie nie przylegają, lecz leżą w odległości mniejszej niż 50 m, z co najmniej dwoma budynkami jednorodziennymi, również zostaną dodane
Implementacja: operator Aggregate areas, algorytm Orthogonal; wartość Threshold tolerance 5 mm.

- (6) Rozciąganie konturów terenów zabudowanych.
Opis kroku generalizacyjnego: rozciąganie granic obszarów zabudowanych do sąsiednich obiektów
Dane wejściowe: tereny zabudowane
Dane wyjściowe: brak zmiany klasy obiektów
Implementacja: operator Extend, algorytm Areas to line, areas; wartości parametrów dobrane indywidualnie w następujących zakresach: Threshold tolerance 0,10–0,20 mm, Zone tolerance 0,10–0,20 mm.

Effekt generalizacji obszarów zabudowanych widoczny jest na rycinie 2.

4.4. Ograniczenia i problemy

• Jakkolwiek uniwersalny wybór operatorów dla całego obszaru jest niemożliwy. Propozycja

zawarta w tej pracy stanowi kompromis. W większości przypadków pozwala on osiągać zadowalające wyniki, ale występują również błędy wynikające z samej natury procesu generalizacji oraz z implementacji operatorów w systemie DynaGEN.

• Rezultaty użycia poszczególnych operatorów nie są zadowalające w każdej sytuacji graficznej. W niektórych przypadkach zachodzi potrzeba indywidualnego doboru wartości parametrów drogą eksperymentów.

• Po użyciu operatora Boundary extend, kontury obszaru rozciągane do osi lub skrajów obiektów liniowych wymagają korekty ręcznej.

• System identyfikuje niektóre drogi gruntowe jako ślepo zakończone i w następstwie usuwa je, podczas gdy są one przedłużeniem dróg utwardzonych, w związku z czym powinny zostać na mapie. Jednym z takich przypadków przedstawia rycina 3.

• Kryterium generalizacji dróg utwardzonych w systemie DynaGEN jest ich długość, co bywa niewystarczające. W trakcie generalizacji usuwane są między innymi krótkie odcinki dróg będące łącznikami (ryc. 4).

• Łączenie odcinków dróg na podstawie podobieństwa atrybutowego lub wielkości kąta zawartego między nimi, wykonywane w etapie przygotawczym, daje dobre rezultaty. Są jednak sytuacje, gdzie tego typu łączenie nie jest wystarczające i może spowodować utratę połączeń z innymi drogami (ryc. 5).

4.5. Wnioski wynikające z eksperymentów

Przeprowadzone eksperymenty pozwalają sformułować następujące wnioski:

• System DynaGEN jest uniwersalnym i zaawansowanym narzędziem wspomagającym proces generalizacji map. Dzięki całej gamie operatorów i parametrów generalizacji dostarcza spójnego narzędzia dla całego procesu i znacznie zmniejsza czas opracowania mapy.

• Operatory generalizacji systemu DynaGEN uwzględniają nie tylko geometrię obiektów, lecz również relacje topologiczne między nimi. Na przykład w trakcie procesu upraszczania linii brane jest pod uwagę sąsiedztwo innych obiektów. Przed lub w trakcie generalizacji istnieje możliwość wskazania błędnych relacji przestrzennych (disallowable topological changes). Takie podejście umożliwia ciągłą analizę i zachowanie relacji przestrzennych między obiektami.

• Uwzględniając złożoność procesu generalizacji można powiedzieć, że w obecnym stanie wiedzy nie jest możliwe pełne automatyzowa-

nie tego procesu w opisanym środowisku.

- Znacznym utrudnieniem w procesie generalizacji jest brak precyzyjnych i jednoznacznych definicji obiektów zarówno w BDT jak i dla mapy wektorowej poziomu 2 oraz brak instrukcji opisujących zasady generalizacji i redakcji mapy.

- Jednym z ważniejszych czynników generalizacji jest sposób przygotowania danych. Na przykład generalizacja sieci drogowych wymaga skonstruowania hierarchicznego ich modelu.

- Planowanym rozwiązaniem jest konstrukcja bazy danych na platformie Oracle Spatial. Umożliwi to dostęp do bazy danych zarówno w programie Dynamo (moduł Feature level data base – FLDB), w aplikacji GeoMedia i systemie Oracle, przez tworzenie skryptów w języku zapytań PL/SQL. Na przykład znajdowanie wiszących dróg polskich w środowisku Dynamo jest skomplikowane, podczas gdy w programie GeoMedia jest bardzo proste.

Literatura

- AGENT 2004 – agentLign.fr
 Clarity, 2004 – www.laser-scan.com/technologies/gothic/clarity
 Iwanik A., 2000, *Narzędzia programowe wspomagające proces generalizacji*. W: Główne problemy współczesnej kartografii 2000. Złożoność, modelowanie, technologia. Pod redakcją W. Pawlaka. Wrocław: Uniwersytet Wrocławski, s. 25–30.
 Iwanik A., Paluszynski W., 2003, *Implementation of a knowledge database for the generalization of topographic maps in GIS systems*. W: International Cartographic Conference. Abstracts of papers, Durban, South Africa, s. 36.

- Celem eksperymentu jest maksymalna formalizacja procesu generalizacji, rozwiązanie konfliktów przeszedzonych i trudnych przypadków. Z tego względu byłoby wskazane, aby w systemie DynaGEN:

- wartości algorytmów generalizacji pozwalały wyznaczyć wartości atrybutów opisowych generalizowanych obiektów,
- istniała możliwość przejęcia sterowania programem (pod kontrolą specjalnego makra) w momencie pojawienia się niedozwolonych zmian topologicznych.

Dalsze badania i próby generalizacji elementów BDT z pewnością rozwiją bazę wiedzy związaną z procesem generalizacji, jak również jej bardziej efektywną automatyzację i uproszczenie. Wszystkie testy wykonane w tym celu są istotne ze względu na badanie możliwości wykorzystania zaproponowanych modeli oraz dalszy rozwój metod generalizacji.

Iwanik A., Paluszynski W., Zyskowska W., 1998, *Generalizacja map numerycznych – koncepcje i narzędzia*. „Polski Przegl. Kartogr.” T 30, nr 2, s. 79–88.

Lamy S., Ruas A., Demazeau Y., Jackson M., Mackaness W., Weibel R., 1999, *The application of agents in automated map generalization*. W: Proceedings of the 19th International Cartographic Conference, Ottawa.

Recenzował dr Andrzej Czerny

Generalization of topographic data from 1:10 000 into 1:50 000

Part II

Summary

The most advanced software for generalization of digital data available on the market today is that by Laser Scan. The company participated in the AGENT project, which was described in the first part of the article. What resulted from the project was Clarity, a very advanced map generalization system. What differentiated Laser Scan from then contemporary software, was the fact that it accounted for the contextuality of generalization, i.e. the same objects can be generalized differently depending on the objects surrounding them. It was possible because of application of a unique object technology, where each object could be generalized in many ways depending on the context.

The DynaGEN system by Intergraph is an alternative generalization software. It is less expensive and has

significantly more practical applications. It uses the same generalization algorithms, but cannot do alternative operations. Therefore one can either generalize small areas in an interactive way, or generalize automatically with later manual corrections. Similarly to Laser Scan, it requires software configuration and also the construction of knowledge base.

The second part of the article presents an implementation of the knowledge base containing the rules of generalization in DynaGEN environment. The accuracy of the arranged knowledge base had been verified by two experiments. The first one involved generalization of thematic levels of Topographic Database of the road network and buildings within the town of Łomianki near Warsaw. The second one consisted in generalization of

the road network in the area of Kowalewo Pomorskie in Northern Poland. The knowledge base prepared in DynaGEN system contained two sets of rules. The first one included the rules applied automatically and which, in limited sequence, are used for the initial preparation of data. The second set contained the rules describing basic types of interactive generalization processes supervised by a cartographer, which were vital for the application sequence.

The generalization of a road network consists of two stages. The first one involves an analysis and initial data processing. Its range includes a construction of a

hierarchical model of a road network and the connection of road segments within the whole area. The second, main stage of the generalization of a road network involves selection and simplification of paved roads, dirt roads and paths. Generalization of built-up areas is performed in one step, without initial data processing. The prepared knowledge data describes the process of generalization of topographic data from 1:10 000 into 1:50 000. It provides universal material which can be implemented in various software environments.

Translated by M. Horodyski

Генерализация топографических данных с подробностью 1:10 000 к масштабу 1:50 000

Часть II

Резюме

В настоящее время наиболее усовершенствованным программным обеспечением, служащим для генерализации цифровых карт и доступным на рынке, является программное обеспечение фирмы Laser Scan. Эта фирма участвовала в проекте AGENT, описанном в первой части статьи. В результате этой работы возникла усовершенствованная система для генерализации карт Clarity. Принципиальной разницей, принятой Laser Scan по сравнению с существующими до сих пор программным обеспечением, является учет факта, что генерализация имеет контекстный характер, и те же самые объекты могут быть генерализованы по-разному в зависимости от других окружающих их объектов. Было это возможно благодаря применению уникальной объектовой технологии, в которой каждый объект имеет возможность многовариантной генерализации в зависимости от контекстов окружения.

Альтернативным программным обеспечением для генерализации является система DynaGEN фирмы Intergraph. Эта система значительно дешевле и имеет подавляющее большинство практических внедрений. Использует она те же самые алгоритмы генерализации, однако не имеет возможности проведения альтернативных операций. В результате ведет это к необходимости осуществления генерализации интерактивным путем на небольших пространствах, или автоматическим путем, что требует поправок вручную. Подобно, как и в решении фирмы Laser Scan, система требует конфигурации программного обеспечения и создания базы знаний, разработанной методом проб и ошибок.

Во второй части статьи представлены имплементации базы знаний, касающейся примера ге-

нерализации в программной среде DynaGEN. Правильность разработки базы знаний проверено после проведения двух экспериментов. Первый эксперимент заключался в генерализации тематических слоев Базы Топографических Данных дорожной сети и застройки в городе Ломаньки около Варшавы. Вторым экспериментом заключался в генерализации тематического слоя дорожной сети в окрестностях Ковалева Поморского в северной Польше. Разработанная в системе DynaGEN база знаний состоит из двух наборов правил. Первый содержит правила, выполненные автоматически путем, и в ограниченной секвенции служит как предварительная подготовка данных. Второй набор содержит правила, описывающие основные процессы генерализации, выполненные интерактивно и контролируемые картографом, которые являются решениями для секвенции аппликации.

Генерализация сети дорог состоит из двух этапов. Первый заключается в анализе и предварительном преобразовании данных. Он состоит из построения иерархической модели сети дорог и соединении сегментов дорог на всей территории. Второй, основной этап процесса генерализации дорожной сети, охватывает выбор и упрощение хода шоссе/сетей дорог, грунтовых дорог и тропинок. Генерализация застроенных территорий проходит в одном этапе; это означает, что нет потребности проведения предварительного преобразования данных.

Разработанная база знаний описывает процесс генерализации топографических объектов в масштабе 1:10 000 к масштабу 1:50 000. Является она универсальным материалом возможным для имплементации в разной программной среде.

Перевод Р. Топтошкова