

**GENERALIZACJA OSADNICTWA I SIECI DRÓG BAZY DANYCH
OGÓLNOGEOGRAFICZNYCH Z WYKORZYSTANIEM SYSTEMU CLARITY**

**SETTLEMENT AND ROAD NETWORK GENERALIZATION IN THE GENERAL
GEOGRAPHIC DATABASE USING THE CLARITY ENVIRONMENT**

Izabela Karsznia

Katedra Kartografii, Uniwersytet Warszawski

SŁOWA KLUCZOWE: generalizacja danych przestrzennych, Baza Danych Ogólnogeograficznych, środowisko *Clarity*

STRESZCZENIE: Zagadnieniu automatyzacji generalizacji danych przestrzennych poświęcono wiele miejsca w literaturze, analizując jego teoretyczne oraz praktyczne aspekty. W wielu instytucjach naukowych oraz komercyjnych prowadzone są badania zmierzające do pełnej automatyzacji procesu generalizacji, jednakże jak dotąd zostały one uwieńczone jedynie częściowym sukcesem.

Obecnie najbardziej zaawansowanym systemem do automatycznej generalizacji map i danych przestrzennych jest system *Clarity*. Środowisko to zostało opracowane w rezultacie badań prowadzonych w ramach europejskiego projektu *AGENT*. Badania nad prototypem systemu prowadzone były w latach 1997-2000 przez jednostki naukowe: Krajowy Instytut Geograficzny oraz Instytut Geograficzny Politechniki w Grenoble (Francja), Uniwersytet w Edynburgu, Uniwersytet w Zurychu oraz firmę komercyjną *ISpatial* z Wielkiej Brytanii. W wielu krajach (m. in. we Francji, Danii czy w Wielkiej Brytanii) *Clarity* wykorzystywane jest obecnie do produkcji map topograficznych.

Celem prowadzonych badań jest określenie możliwości oraz ograniczeń automatyzacji generalizacji danych przestrzennych w wymienionym systemie, jak również propozycja rozszerzenia systemu o nowe narzędzia analiz przestrzennych oraz nowe algorytmy generalizacji. Podstawowym założeniem jest opracowanie zestawu czynności generalizacyjnych, w postaci bazy wiedzy kartograficznej, stanowiącej elementy podstaw metodycznych procesu. Zakres prowadzonych badań obejmuje generalizację sieci dróg i osadnictwa Bazy Danych Ogólnogeograficznych (BDO) ze skali 1:250 000 do skal mniejszych. W artykule zaproponowano aparat badawczy w postaci sekwencji czynności generalizacyjnych oraz jego implementację w środowisku *Clarity*. Wykorzystano w tym celu dostępne funkcje systemu, jak również opracowano (przy użyciu języka programowania *Java*) własne narzędzia analiz przestrzennych pozwalające na uzyskanie bardziej poprawnych, z kartograficznego punktu widzenia, wyników generalizacji.

Weryfikacja zaproponowanego aparatu badawczego w omawianym środowisku programowym pozwoliła na sformułowanie następujących wniosków:

W systemie *Clarity*, stanowiącym środowisko otwarte, w którym możliwe jest zaprogramowanie własnych algorytmów generalizacji oraz narzędzi analiz przestrzennych w większym stopniu możliwa jest kontrola procesu generalizacji oraz jego dostosowanie do potrzeb generalizacji danych przestrzennych małoskalowych.

- Opracowanie narzędzia (tzw. *link* w źródłowej bazie danych) pozwoliło na wzbogacenie struktury bazy przez powiązanie ze sobą dwóch generalizowanych warstw tematycznych (sieci dróg oraz osadnictwa), a w konsekwencji na uzyskanie bardziej spójnych i poprawnych wyników generalizacji.
- Zastosowanie narzędzi *cluster settlements* oraz *action polygon erode* pozwoliło na uzyskanie bardziej poprawnych efektów agregacji części miejscowości przedstawionych w postaci konturów w stosunku do poprzednich etapów badawczych.

Wykonane badania pozwoliły na określenie możliwości oraz ograniczeń generalizacji wybranych elementów BDO, wskazanie zakresu przydatności systemu *Clarity* do generalizacji opracowań małoskalowych oraz zebranie zestawu czynności generalizacyjnych, w formie bazy wiedzy kartograficznej, stanowiącej elementy podstaw metodycznych procesu.

1. WPROWADZENIE

Generalizacja kartograficzna w ujęciu tradycyjnym, wykonywana ręcznie, rozumiana jest jako redukcja złożoności mapy wraz ze zmniejszaniem skali jej opracowywania (Bader, 2001). Celem generalizacji jest pominięcie mniej istotnych, a uwypuklenie ważniejszych treści, przy jednoczesnym zachowaniu elementów charakterystycznych oraz czytelności i estetyki mapy (Weibel, Dutton, 1999). Kluczowe znaczenie w procesie generalizacji mapy ma jej przeznaczenie, warunkujące odpowiedni dobór treści oraz sposób prezentacji obiektów (Steiniger, 2007).

W porównaniu do generalizacji manualnej generalizacja wykonywana w środowisku komputerowym rozumiana jest w nieco szerszym kontekście. Każde przekształcenie z jednego modelu świata rzeczywistego na inny, któremu towarzyszy strata informacji geograficznej wymaga generalizacji.

W literaturze kartograficznej wyróżniono trzy zasadnicze etapy w procesie przejścia od bazy danych do jej wizualizacji (Grunreich, 1995; Muller *et al.*, 1995; Weibel, 1997). Pierwszym z nich jest opracowanie modelu rzeczywistości geograficznej. Pojęcie to obejmuje każdą współcześnie funkcjonującą postać opisu rzeczywistości, która jest zwięzła, czytelna dla odbiorcy, sformalizowana i abstrakcyjna. Drugi etap stanowi opracowanie modelu topograficznego, w literaturze nazywanego często cyfrowym modelem krajobrazu (*digital landscape model*). Model ten charakteryzuje się ścisłą georeferencją, pozwalającą na zachowanie zależności przestrzennych między obiektami oraz wykonywanie zaawansowanych analiz przestrzennych. Kolejnym etapem w procesie wizualizacji bazy danych jest opracowanie modelu kartograficznego-znakowego, określanego mianem cyfrowego modelu kartograficznego (*digital cartographic model*), przekazującego informacje o obiektach (zjawiskach) za pomocą ustalonych konwencji graficznych (Głazewski, 2006).

Generalizacja modelu topograficznego związana jest z redukcją złożoności oraz ilości danych i obejmuje wybór klas/obiektów, hierarchizację klas/obiektów, klasyfikację obiektów, wybór obiektów reprezentatywnych, łączenie obiektów oraz upraszczanie ich geometrii. Generalizacja modelu kartograficznego-znakowego związana jest z wykonaniem czynności redakcyjnych i obejmuje zastosowanie odpowiedniej symboliki dla danych, przesuwanie i zmianę orientacji obiektów, przewiększanie obiektów oraz wygładzanie ich geometrii (Muller *et al.*, 1995; Bell *et al.*, 2004; Chaudhry, 2007).

Zasadność podziału procesu generalizacji na generalizację modelu topograficznego i generalizację modelu kartograficznego-znakowego wciąż jeszcze pozostaje sprawą dyskusyjną (Sarjakoski, 2007).

Przyczyną dwuetapowego modelowania generalizacji jest niewątpliwie próba zredukowania stopnia złożoności procesu. Wykorzystany w artykule aparat badawczy obejmuje czynności generalizacyjne związane z generalizacją modelu topograficznego.

Istotnym krokiem zmierzającym do uzyskania lepszych rezultatów generalizacji są działania określane w literaturze kartograficznej terminem wzbogacenia danych (*data enrichment*). Dotyczą one próby opisanie mapy (bazy danych) poprzez relacje między obiektami geograficznymi, wzbogacenia bazy danych o informację charakteryzującą te obiekty, a następnie jej wykorzystanie w procesie decyzyjnym przy generalizacji. Proces analizowania grup obiektów i relacji je wiążących, a więc kontekstu mapy – nazywa się rozpoznawaniem struktur danych (*structure recognition*) (Steiniger, Weibel, 2007; Bobzien, *et al.*, 2008). Terminem *adaptive generalization* określa się zaś proces decyzyjny polegający na doborze odpowiedniego operatora do konkretnej grupy obiektów oraz odpowiednich wartości parametrów (warunków) do określonej sytuacji graficznej (Neun, 2007). W prezentowanych badaniach zaproponowano wzbogacenie struktury BDO poprzez utworzenie połączeń tzw. *link* między generalizowanymi warstwami tematycznymi w celu poprawnej identyfikacji zachodzących między nimi relacji przestrzennych.

2. CEL I ZAKRES OPRACOWANIA

Celem prowadzonych badań jest określenie możliwości oraz ograniczeń generalizacji wybranych elementów małoskalowych danych przestrzennych w systemie *Clarity*. Zakres prowadzonych badań obejmuje generalizację modelu topograficznego sieci dróg i osadnictwa Bazy Danych Ogólnogeograficznych (BDO) ze skali 1:250 000 do skal 1:500 000 oraz 1:1000 000.

Podstawowym założeniem jest weryfikacja zestawu czynności generalizacyjnych, w postaci bazy wiedzy kartograficznej zaproponowanej w poprzednich eksperymentach badawczych (Karsznia, 2008a, Karsznia, 2008b) oraz jej implementacja w środowisku *Clarity*. Wykorzystano w tym celu dostępne funkcje systemu, jak również opracowano (przy użyciu języka programowania *Java*) nowe narzędzia analiz przestrzennych pozwalające na uzyskanie bardziej poprawnych, z kartograficznego punktu widzenia, wyników generalizacji.

3. BAZA DANYCH OGÓLNOGEOGRAFICZNYCH

Przedmiotem niniejszego opracowania jest ocena możliwości i ograniczeń automatycznej generalizacji warstwy osadnictwa oraz sieci dróg Bazy Danych Ogólnogeograficznych w skali 1:250 000 do skal mniejszych. BDO stanowi jeden z elementów Polskiej Infrastruktury Informacji Przestrzennej (Baranowski *et al.*, 2004). Baza została wprowadzona do zasobu geodezyjnego i kartograficznego jako urzędowy rejestr o charakterze referencyjnym, stanowiący podstawę do rozwijania baz danych tematycznych. BDO zawiera dane o obiektach i zjawiskach przestrzennych uporządkowane w osiem warstw tematycznych: podział administracyjny, osadnictwo, hydrografia, rzeźba

terenu, transport, pokrycie terenu, obszary chronione, nazwy geograficzne (Baranowski, 2005).

Opracowanie ma ca celu uściślenie reguł generalizacji warstwy tematycznej osadnictwa oraz dróg, jak również analizę możliwości i ograniczeń wykorzystanych w tym celu narzędzi badawczych. Warstwa osadnictwa BDO zawiera dwie kategorie danych: miejscowości, przedstawione sygnaturami oraz zabudowę, przedstawioną w postaci konturów. Atrybuty charakteryzujące miejscowości dotyczą ich statusu administracyjnego, siedziby władz oraz liczby mieszkańców, ale wyłącznie dla miejscowości pokazywanych konturem. W kategorii zabudowa mamy informację o typie zabudowy. W warstwie tematycznej dróg zawarto informacje dotyczące zarządu drogi, kategorii drogi, stanu drogi, typu nawierzchni, przebiegu drogi, ilości jezdni, numeru oraz długości drogi. Bardziej szczegółowy opis struktury generalizowanych warstw tematycznych znajduje się w pracach wcześniejszych: Karsznia, 2008ab.

4. ŚRODOWISKO CLARITY

Środowisko *Clarity* jest obecnie najbardziej zaawansowanym systemem wspomagającym generalizację map i danych przestrzennych (Neuffer *et al.*, 2004; Lecordix *et al.*, 2005; Lecordix *et al.*, 2006; Lecordix, 2007; Revell, 2008). Koncepcja systemu opracowana na bazie autonomicznych agentów wywodzi się z domeny sztucznej inteligencji (Ruas, 1999, Duchene, 2003). Zgodnie z definicją zaproponowaną przez M. Lucka (1997) agent jest programem zdolnym do kontroli i oceny podejmowanych przez siebie działań, na podstawie rozpoznawania otaczającego go środowiska.

W systemie *Clarity* mamy możliwość pracy w dwóch trybach. Pierwszym z nich jest tryb agentowy, w którym obiekty geograficzne takie jak drogi lub budynki modelowane są w postaci autonomicznych agentów. Agenty oddziałują na siebie wzajemnie poprzez upraszczanie, usuwanie, przemieszczanie w celu osiągnięcia akceptowalnych kartograficznie rezultatów. Struktura modelu agentowego jest hierarchiczna. Składają się na nią dwa poziomy agentów:

- Micro agent – spełniają funkcję monitorującą i planującą dla pojedynczych obiektów na mapie (budynek, droga);
- Mezo agent – spełniają funkcję kontrolną relacji między grupami obiektów na większych obszarach wydzielonych np.: za pomocą dróg; przykładowo mezo agent kontroluje wszystkie budynki w obrębie obszaru ograniczonego drogami np.: miasta czy terenu zabudowanego.

Proces decyzyjny, na który składają się agenty, definiowane warunki generalizacji oraz algorytmy generalizacyjne nazywamy cyklem działania agentów. Tryb agentowy jest trybem bardziej specjalistycznym, umożliwia wykonywanie operacji kontekstowych, z uwzględnieniem specyfiki i otoczenia obiektów, jednocześnie jest bardziej skomplikowany i trudny do implementacji.

Drugi tryb pracy w *Clarity*, wykorzystany w omawianych eksperymentach badawczych umożliwia opracowanie i implementację sekwencji czynności generalizacyjnych w postaci nowych funkcji programu. Narzędzia analiz przestrzennych oraz nowe algorytmy generalizacji opracowywane są w wewnętrznym języku programowania systemu *Lull* lub języku programowania *Java*. Zaletą tego trybu pracy jest

możliwość modyfikacji i opracowania narzędzi generalizacyjnych odpowiednio do potrzeb procesu.

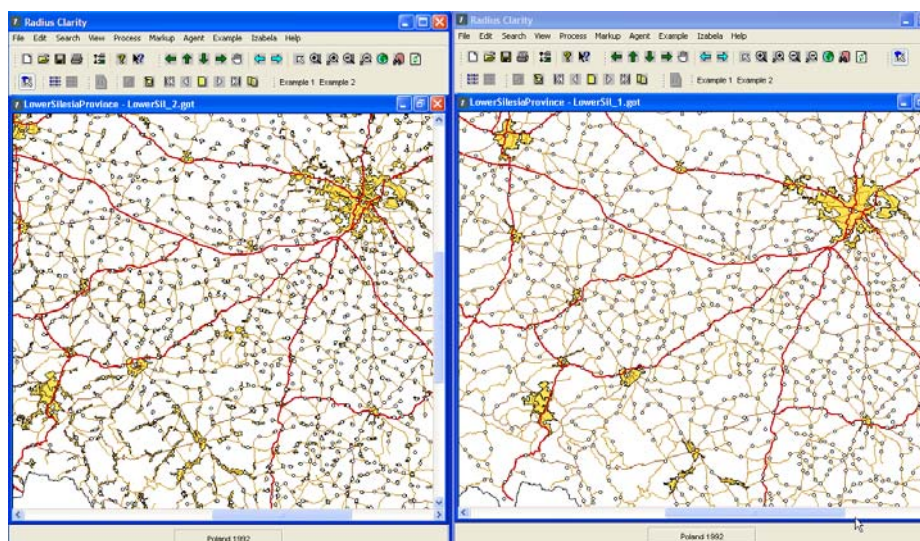
5. IMPLEMENTACJA I WERYFIKACJA ZAPROPONOWANEGO APARATU BDAWCZEGO W SYSTEMIE CLARITY

Zaproponowany w artykule aparat badawczy w postaci szeregu czynności generalizacyjnych zawiera element wzbogacenia struktury BDO poprzez opracowanie połączeń tzw. *link* między drogami a miejscowościami prezentowanymi w postaci sygnatur oraz miejscowościami prezentowanymi za pomocą sygnatur a odpowiadającymi im konturami. Definicja tego typu połączeń pozwala na ścisłe powiązanie generalizowanych warstw tematycznych.

Czynności generalizacyjne zestawione w 0 stanowią modyfikację sekwencji czynności generalizacyjnych i ich implementacji, wykorzystanych w poprzednich pracach badawczych (Karsznia I., 2008ab).

6. WYNIKI GENERALIZACJI. OGRANICZENIA I PROBLEMY

Wizualizacje danych opracowanych dla poszczególnych województw i stopni szczegółowości przedstawiono na rysunkach (Rys. 1, Rys. 2, Rys. 3, Rys. 4).



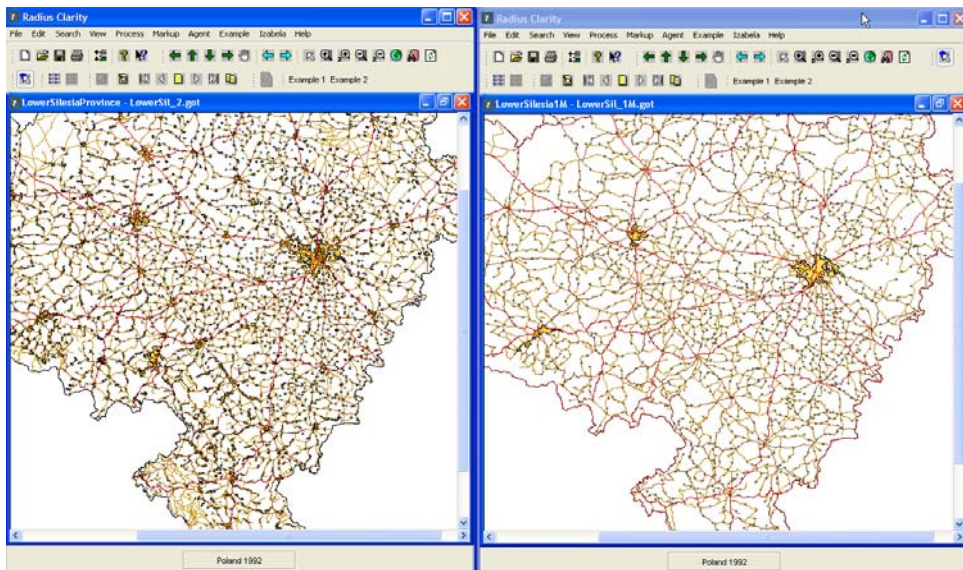
Rys. 1. Przykład generalizacji okolic Wrocławia, poziom szczegółowości odpowiadający skali 1:500 000

Tabela 1. Czynności generalizacyjne odpowiadające skalom 1:500 000 oraz 1:1000 000

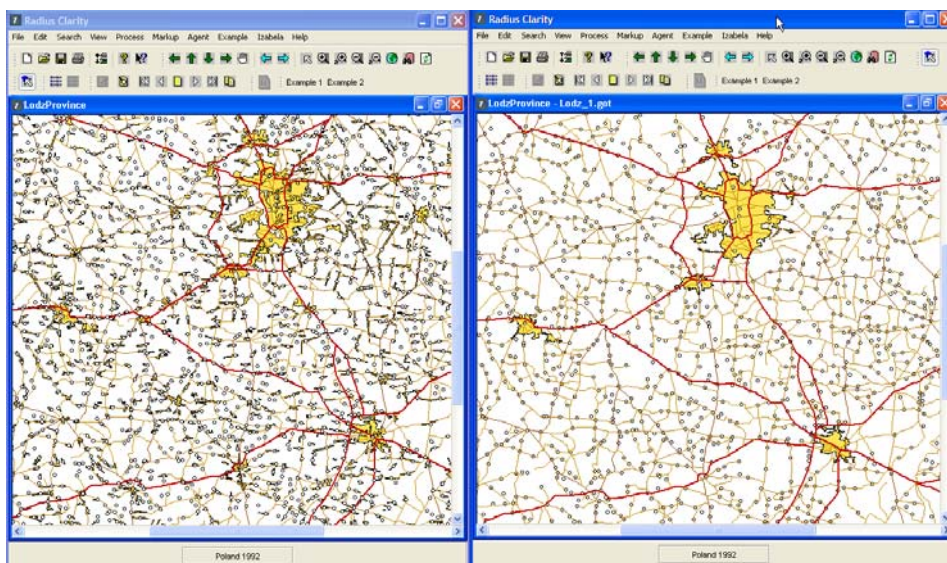
| Poziom: szczególowości od powiadajęcy skali 1:500 000 | | | | Poziom: szczególowości od powiadajęcy skali 1:1000 000 | | | | | |
|---|--|--|--|---|------------------------------|--|--|--|---|
| Czynność generalizacyjna (1) | Opis (2) | Kryterium (3) | Implementacja (4) | Uwagi (5) | Czynność generalizacyjna (6) | Opis (7) | Kryterium (8) | Implementacja (9) | Uwagi (10) |
| 1 | Opracowanie i połączeń tzw. link w BDO | Połączenia między drogami a miejscowościami oraz między miejscowościami a zabudową | Opracowanie nazędzi ulżek linków oraz road ulżek linków | Wz bogacenie struktury BDO, data <i>enrichment</i> | 1 | Opracowanie połączeń tzw. link w BDO | Połączenia między drogami a miejscowościami oraz między miejscowościami a zabudową | Opracowanie nazędzi ulżek linków oraz road ulżek linków | Wz bogacenie struktury BDO, data <i>enrichment</i> |
| 2 | Opracowanie i struktury topologicznej sieci dróg | Budowa hierarchii sieci dróg | Wykorzystanie i rozpedźza <i>topological structuring</i> | Pozwala ra bardziej poprawną identyfikację źlepo zakończonych odcinków dróg | 2 | Selekcja dróg | Ustawienie dróg grupowych oraz zakładowych | Opracowanie nazędzi ulżek <i>deletion</i> | - |
| 3 | Wyznaczenie odcinków dróg źlepo zakończonych | Dodanie dodatkowego atybutu dla wartwy dróg w BDO o nazwie <i>dead end</i> i wartści 0 lub 1 | Wykorzystanie i rozpedźza <i>detect dead ends</i> | Uzyskano lepsze rezultaty niż w poprzednich etapach badawczych (Karsznia, 2008ab) | 3 | Opracowanie struktury topologicznej sieci dróg | Budowa hierarchii sieci dróg | Wykorzystanie nazędzi ulżek <i>topological structuring</i> | Pozwala ra bardziej poprawną identyfikację źlepo zakończonych odcinków dróg |
| 4 | Usunięcie odcinków dróg źlepo zakończonych | Ustawienie odcinków dróg źlepo zakończonych, wartści 0 lub 1 | Wykorzystanie i rozpedźza <i>delete objects</i> | - | 4 | Wyznaczenie odcinków dróg źlepo zakończonych | Dodanie dodatkowego atybutu dla wartwy dróg w BDO o nazwie <i>dead end</i> i wartści 0 lub 1 | Wykorzystanie nazędzi ulżek <i>detect dead ends</i> | - |

Generalizacja osadnictwa i sieci dróg bazy danych ogólnogeograficznych z wykorzystaniem systemu Clarity

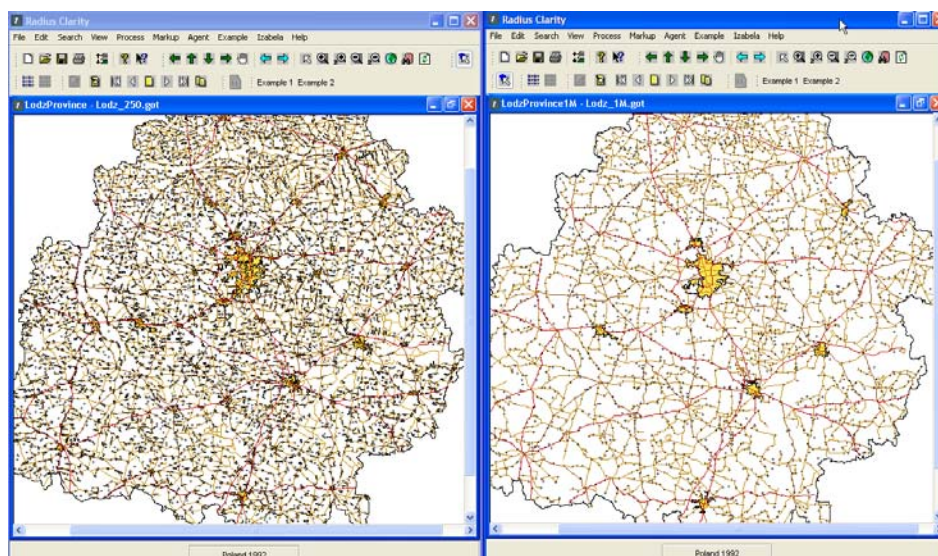
| (1) | (2) | (3) | (4) | (5) | (6) | (7) | (8) | (9) | (10) |
|-----|---|--|---|-----|-----|---|--|---|------|
| 5 | Selekcja miejscowości przedstawionych za pomocą symboli wraz z przypisanymi do nich konturami | Pozostawienie miast, siedzib władz administracyjnych, usunięcie pozostałych miejscowości niepołączonych z szatną drogą | Opracowanie narzędzia <i>delete point circles and outlines</i> | - | 5 | Usunięcie odcinków dróg ślepo zakończonych | Usunięcie odcinków dróg ślepo zakończonych, karbowych niż 6 mm. | Wykorzystanie narzędzia <i>delete objects</i> | - |
| 6 | Agregacja miejscowości przedstawionych za pomocą kontur | Łączenie fragmentów miejscowości na podstawie atrybutu NAZ (nazwa) oraz będących w odległości do 0,5 mm | Opracowanie algorytmu <i>cluster settlements</i> oraz wykorzystanie narzędzia <i>action polygon erode</i> | - | 6 | Selekcja miejscowości przedstawionych za pomocą symboli wraz z przypisanymi do nich konturami | Pozostawienie miast, siedzib władz administracyjnych, usunięcie pozostałych miejscowości niepołączonych z szatną drogą | Opracowanie narzędzia <i>delete point circles and outlines</i> | - |
| 7 | Usunięcie mniejszych konturów | Usunięcie konturów o powierzeniu niż 9 mm ² | Wykorzystanie narzędzia <i>delete small areas</i> | - | 7 | Agregacja miejscowości przedstawionych za pomocą kontur | Łączenie fragmentów miejscowości na podstawie atrybutu NAZ (nazwa) oraz będących w odległości do 0,5 mm. | Opracowanie algorytmu <i>cluster settlements</i> oraz wykorzystanie narzędzia <i>action polygon erode</i> | - |
| 8 | - | - | - | - | 8 | Usunięcie mniejszych konturów | Usunięcie konturów o pow. mniejszej niż 9 mm ² | Wykorzystanie narzędzia <i>delete small areas</i> | - |



Rys. 2. Przykład generalizacji okolic Wrocławia, poziom szczegółowości odpowiadający skali 1:1000 000



Rys. 3. Przykład generalizacji okolic Łodzi, poziom szczegółowości odpowiadający skali 1:500 000



Rys. 4. Przykład generalizacji okolic Łodzi, poziom szczegółowości odpowiadający skali 1:1000 000

Weryfikacja zaproponowanego aparatu badawczego w środowisku programowym *Clarity* pozwoliła na sformułowanie następujących wniosków:

- W systemie *Clarity*, stanowiącym środowisko otwarte, w którym możliwe jest opracowanie własnych algorytmów generalizacji oraz narzędzi analiz przestrzennych w większym stopniu możliwa jest kontrola procesu generalizacji oraz jego dostosowanie do potrzeb generalizacji małoskalowych danych przestrzennych.
- Opracowanie narzędzia (tzw. *link* w źródłowej bazie danych) pozwoliło na wzbogacenie struktury bazy przez powiązanie ze sobą dwóch generalizowanych warstw tematycznych (sieci dróg oraz osadnictwa), a w konsekwencji na bardziej spójną i współzależną generalizację dróg i osadnictwa oraz zachowanie rozkładu gęstości miejscowości przedstawionych za pomocą sygnatur przed i po generalizacji.
- W wyniku selekcji dróg na obu obszarach badawczych (województwo dolnośląskie i łódzkie) usunięte zostały drogi stanowiące połączenia między innymi drogami wyższych rzędów, tymczasem z kartograficznego punktu widzenia ważniejsze połączenia drogowe powinny zostać zachowane. Rozwiązaniem tego problemu może być próba modyfikacji opracowanego w tym celu narzędzia *road deletion* oraz próba selekcji dróg w trybie agentowym.
- W trakcie implementacji sekwencji czynności generalizacyjnych w systemie *Clarity* napotkano na trudności związane z identyfikacją ślepo zakończonych odcinków dróg. Ten problem pojawiał się również w poprzednich eksperymentach badawczych (I. Karsznia, 2008ab). W systemie *Clarity* do identyfikacji ślepo zakończonych odcinków dróg wykorzystano narzędzie *detect dead ends*. Niestety

rezultaty generalizacji w tym zakresie, choć bardziej poprawne w dalszym ciągu nie są zadowalające, przykładem są drogi prowadzące do granicy województwa błędnie identyfikowane przez system jako drogi ślepo zakończone czy drogi „wtórnie” ślepo zakończone, powstałe wskutek usunięcia innych dróg.

- Specyficzny charakter procesu generalizacji map małoskalowych niejednokrotnie wymaga różnych rozwiązań tego samego problemu, w zależności od otoczenia i kontekstu obiektów. Selekcja dróg na obszarze badawczym obejmującym województwo łódzkie, dla poziomu szczegółowości odpowiadającemu skali 1:1000 000 daje zadowalające, z kartograficznego punktu widzenia rezultaty. Natomiast na obszarze badawczym obejmującym województwo dolnośląskie po generalizacji pojawiają się obszary o zbyt małej gęstości dróg w stosunku do danych źródłowych. Wydaje się, że rozwiązanie tego problemu mogłoby stanowić generalizacja kontekstowa, prowadzona w trybie agentowym, zakładająca podział obszaru województwa na partycje, zróżnicowane pod względem gęstości dróg (P. Revell, 2008).
- Zastosowanie narzędzi *cluster settlements* oraz *action polygon erode* pozwoliło na uzyskanie bardziej poprawnych efektów agregacji części miejscowości przedstawionych w postaci konturów w stosunku do poprzednich etapów badawczych (I. Karsznia, 2008ab).

7. PODSUMOWANIE

W artykule zaproponowano aparat badawczy w postaci szeregu następujących po sobie czynności generalizacyjnych, w postaci bazy wiedzy kartograficznej oraz jego implementację w środowisku programowym *Clarity*. W tym celu wykorzystano dostępne w systemie narzędzia oraz algorytmy generalizacji i ich modyfikacje oraz zaproponowano nowe narzędzia pozwalające na dostosowanie systemu do potrzeb generalizacji małoskalowych danych przestrzennych.

Podsumowując przeprowadzone eksperymenty należy stwierdzić, że system *Clarity* jest uniwersalnym i zaawansowanym narzędziem wspomagającym proces generalizacji danych przestrzennych. Zaimplementowane w *Clarity* algorytmy i narzędzia generalizacji dostarczają spójnej metodologii dla generalizacji opracowań w skalach małych. Niewątpliwą zaletą systemu jest możliwość jego modyfikacji i rozbudowy o dodatkowe narzędzia analiz przestrzennych oraz algorytmy generalizacji, pozwalającą na dostosowanie *Clarity* do potrzeb generalizacji opracowań w skalach przeglądowych.

8. LITERATURA

Bader M., 2001, Energy minimization methods for feature displacement in map generalization, praca doktorska, Uniwersytet w Zurichu.

Baranowski M., Sławik Ł., Strzelecki P., 2004, Udostępnianie Bazy Danych Ogólnogeograficznych w internecie, *Roczniki Geomatyki*, T. 2, z. 2, s. 39-45.

Baranowski M., 2005, Możliwości wykorzystania Bazy Danych Ogólnogeograficznych na potrzeby INSPIRE, *Roczniki Geomatyki*, T. 3, z. 3, s. 83-87.

- Bell M., Neuffer D., Woodsford P., 2004, Agent-based generalisation an update on progress, *Kartographische Nachrichten*, Bd 4, s. 170-177.
- Bobzien M., Burghardt D., Petzold I., Neun M., Weibel R., 2008, Multi-representation databases with explicitly modeled horizontal, vertical and update relations, *Cartography and Geographic Information Science*, Vol. 35, nr 1, s. 3-16.
- Chaudhry O., 2007, Modelling geographic phenomena at multiple levels of detail: a model generalisation approach based on aggregation, praca doktorska, Uniwersytet w Edynburgu.
- Duchene C., 2003, Automated map generalisation using communicating agents, *Proceedings of the XXI International Cartographic Conference*, Durban, płyta CD.
- Głazewski A., 2006, Modele rzeczywistości geograficznej a modele danych przestrzennych, *Polski Przegląd Kartograficzny*, T. 38, nr 3, s. 217-225.
- Grunreich D., 1995, Development of computer-assisted generalization, In: Muller J. C., Lagrange J. P., Weibel R., (eds.), *GIS and generalization: methodology and practise*, Taylor and Francis, London, s. 47-55.
- Karsznia I., 2008a, Określenie możliwości i ograniczeń wykorzystania systemu DynaGEN w procesie wspomaganego automatycznej generalizacji małoskalowych danych przestrzennych, *Roczniki Geomatyki*, Warszawa, T. 7, z. 7, s. 42-54.
- Karsznia I., 2008b, An attempt of road network and settlement generalization in the General Geographic Database using DynaGEN environment, *Geodezja i Kartografia*, Vol 57, nr 2, s. 81-96.
- Lecordix F., Regnauld N., Meyer M., Flechir A., 2005, MAGNET consortium, *ICA Workshop on Generalization and Multiple Representation*, A Coruna.
http://aci.ign.fr/Acoruna/Papers/Lecordix_Regnauld_et_al.pdf
- Lecordix F., Trevisan J., Le Gallie J. M., Gondol L., 2006, Clarity experimentations for cartographic generalisation in production, *ICA Workshop on Generalization and Multiple Representation*, Portland.
<http://aci.ign.fr/Portland/paper/ICA2006-Lecordix.pdf>
- Lecordix F., Le Gallie J. M., Gondol L., Braun A., 2007, Development of a new generalisation flowline for topographic maps, *ICA Workshop on Generalization and Multiple Representation*, Moskwa.
http://aci.ign.fr/BDpubli/moscow2007/Lecordix_ICAWorkshop.pdf
- Luck M., 1997, Foundations of multi-agent systems: issues and directions. *Knowledge Engineering Review*, Vol 12, nr 3, s. 307-318.
- Muller J. C., Weibel R., Lagrange J. P., Salge F., 1995, Generalization: state of the art and the issues, W: J. C. Muller, J. P. Lagrange, R. Weibel, *GIS and generalization, GISDATA 1*, Taylor and Francis, s. 3-17.
- Neuffer D., Hopewell T., Woodsford P., 2004, Integration of agent-based generalisation with mainstream technologies and other system components, *ICA Workshop on Generalization and Multiple Representation*, Leicester.
http://aci.ign.fr/BDpubli/moscow2007/Lecordix_ICAWorkshop.pdf
- Neun M., 2007, Data enrichment for adaptive map generalization using web services, praca doktorska, Uniwersytet w Zurichu.
- Revell P., 2008, A review of the Clarity generalisation platform and the customisations developed at Ordnance Survey research, *ICA Workshop on Generalization and Multiple Representation*, Montpellier.
http://aci.ign.fr/BDpubli/moscow2007/Lecordix_ICAWorkshop.pdf

Ruas A., 1999, Modele de generalisation de donnes geographiques a base de contraintes et d'autonomie, praca doktorska, Uniwersytet Marne la Vallee, Paryż.

<ftp://ftp.ign.fr/ign/COGIT/THESES>

Sarjakoski L. T., 2007, Conceptual models of generalisation and multiple representation, W: Mackaness W. A, Ruas A., Sarjakoski L. T., *Generalisation of geographic information: cartographic modelling and applications*, Elsevier, Oxford, s. 11-35.

Steiniger S., 2007, Enabling pattern – aware automated map generalization., praca doktorska, Uniwersytet w Zurichu.

Steiniger S., Weibel R., 2007, Relations among map objects in cartographic generalization, *Cartography and Geographic Information Science*, Vol. 34, nr 3, s. 175-197.

Weibel R., 1997, A topology of constraints to line simplification, W: M. J. Kraak, M. Molenaar (eds), *Advances in GIS research II*, Taylor and Francis, s. 533-546.

Weibel R., Dutton G., 1999, Generalising spatial data and dealing with multiple representation, W: P. A. Longley, M. F. Goodchild, D. J. Maguire, D. W. Rhind, *Graphical Information Systems*, John Wiley & Sons, Inc, Vol. 1, s. 125-155

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2007-2009 jako projekt badawczy numer N N306 3005 33

SETTLEMENT AND ROAD NETWORK GENERALIZATION IN THE GENERAL GEOGRAPHIC DATABASE USING THE CLARITY ENVIRONMENT

KEY WORDS: generalization of spatial data, General Geographic Database, *Clarity* environment

SUMMARY: The automation problem of spatial data generalization is widely considered in a literature from both theoretical and practical perspective. Numerous scientific centers as well as commercial enterprises have been involved in researches aimed on a full automation of generalization process however, until now such works were only partially successful. Nowadays, the most advanced system for automatic generalization of maps and spatial data is Clarity by 1Spatial. Such environment was discovered in the result of researches conducted within European project 'AGENT'. The prototype of the above mentioned system were performed within years 1997 – 2000 by: National Geographical Institute both with Geographical Institute of the Polytechnic in Grenoble (France), University of Edinburgh, University of Zurich and commercial company 1Spatial from the United Kingdom. In many countries (ex. France, Denmark or in the UK) the Clarity software has been used in a production of topographic maps.

The main purpose of the researches presented in the paper is defining possibilities and limitations of automation of spatial data generalization in the above mentioned software. Furthermore, there was also presented a proposition of modifying the system by adding new tools for spatial analyses both with new generalization algorithms.

The basic assumption was to create a set of generalization steps in form of cartographical knowledge base which is crucial for methodical principles of the process. The scope of conducted researches covers generalization of roads network and a settlement in the General Geographic Database (GGD) from the scales of 1:250 000 to minor scales. In the article an approach has been proposed defined as sequences of generalization procedures and their implementation in the Clarity environment. To achieve this aim many available functions as well as new self-developed tools for spatial analysis (developed in Java programming language) were used. Such new tools make it possible to obtain significantly improved results - more correct from the cartographical point of view.

Verification of such approach in the presented software leads to the following conclusions:

- In the Clarity system - which is an open environment - it is possible to create self-developed generalization algorithms and tools. It is also possible to check the generalization process in a more efficient way as well as its adjusting to demands of a spatial small-scale data generalization.
- Discovering of a new tool (so called 'link in source database') made it possible to enrich the database's structure by combining together two generalized thematic layers (road networks and settlement) and – in the consequence – to obtain more coherent and correct results of the generalization.
- The use of cluster settlements and action polygon erode tools made it possible to get more correct aggregation effect of some settlements presented as contours comparing to the previous researches.

The presented researches made it possible to define the possibilities and limitations of selected GGD elements, describing a level of usefulness of the Clarity system for small-scale generalization and finally, to collect sets of generalization procedures in the form of a cartographic knowledge base. It can be considered as the elements of methodical principles of the process.

Mgr inż. Izabela Karsznia
tel. +22 5521511