

IZABELA KARSZNIA  
Katedra Kartografii Uniwersytetu Warszawskiego  
i.karsznia@uw.edu.pl

## Z problematyki generalizacji osadnictwa i sieci dróg na mapach przeglądowych – metodyka i narzędzia generalizacji\*

### Część II

**Z a r y s t r e ś c i.** W drugiej części artykułu scharakteryzowano wybrane systemy geoinformacyjne służące do generalizacji map i danych przestrzennych DynaGEN oraz Clarity. Opisano również eksperymenty implementacji i weryfikacji wiedzy kartograficznej, związanej z generalizacją warstwy tematycznej osadnictwa i sieci dróg, opisanej w pierwszej części artykułu w poprzednim numerze kwartalnika.

**S ł o w a k l u c z o w e:** implementacja wiedzy kartograficznej, baza wiedzy, osadnictwo, sieć drogową, system DynaGEN, system Clarity

### 6. Implementacja wiedzy kartograficznej w wybranych systemach informatycznych

W niniejszym artykule skupiono się na weryfikacji wiedzy kartograficznej pozyskanej w poprzednich etapach badawczych, a także jej implementacji w systemie DynaGEN oraz Clarity. Opisane w kolejnych podrozdziałach operatory i narzędzia generalizacji dostępne w DynaGEN oraz Clarity scharakteryzowano z punktu widzenia celu i zakresu omawianej pracy badawczej, a więc narzędzi wykorzystanych w procesie generalizacji osadnictwa oraz sieci dróg BDO. Szczegółowy opis systemu DynaGEN i Clarity znajduje się w dokumentacji dotyczącej oprogramowania (*DynaGEN. AE Training*, 2000; *Clarity concepts*, 2007) oraz pracach K. Rant (2002), I. Chywickiej (2003) i I. Karszni (2010, 2011).

\* Badania opisane w niniejszym artykule zostały przeprowadzone w ramach pracy doktorskiej autorki pt. *Podstawy metodyczne automatyzacji generalizacji wybranych elementów Bazy Danych Ogólnogeograficznych*, zrealizowanej w Katedrze Kartografii Uniwersytetu Warszawskiego (I. Karsznia 2010).

#### 6.1. Operatory generalizacji w systemie DynaGEN

Pojęcie operatora generalizacji<sup>1</sup> jest utożsamiane z elementarną konwersją elementu mapy (transformacją), która może być wyrażona formułą matematyczną albo opisem procedury (algorytmem) (A. Iwaniak i współautorzy 1998). Taka konwersja może być nazwana czynnością generalizacyjną (E.M. Joao 1998). Proces generalizacji komputerowej może mieć postać sekwencji takich czynności i odpowiadających im operatorów, algorytmów oraz parametrów generalizacji (jest to tzw. baza wiedzy). Sekwencja czynności generalizacyjnych i jej parametry muszą być dobrane w taki sposób, aby zachowane były relacje topologiczne między generalizowanymi obiektami.

W systemie DynaGEN mamy możliwość generalizacji w trybie automatycznym oraz interaktywnym (pod nadzorem kartografa). Interaktywny tryb pracy zapewnia większą kontrolę procesu generalizacji niż tryb automatyczny. Kartograf decyduje, które (nawet indywidualnie wybrane) obiekty podlegają procesowi generalizacji. Obserwując wynik generalizacji na ekranie monitora

<sup>1</sup> Operatory generalizacji opisują transformacje w procesie generalizacji na poziomie konceptualnym. Służą rozłożeniu procesu generalizacji na szereg podprocesów (etapów) o mniej kompleksowej naturze, a więc rozwiązaniu konkretnego problemu generalizacyjnego (M. Galanda 2003, A. Cecconi 2003). A. Ruas (1999) zaproponowała podział operatorów generalizacji na niezależne (określane również jako niezależne od kontekstu, rozumianego jako szereg relacji przestrzennych między obiektami) oraz kontekstowe. Algorytmy generalizacji stanowią implementację operatorów generalizacji. Oba pojęcia łączą zależność hierarchiczna. Za pomocą operatora definiujemy transformację danych, natomiast za pomocą algorytmu jest ona implementowana. Parametry generalizacji służą do kontroli działania algorytmów.

akceptuje lub odrzuca, czyli ocenia efekty działania poszczególnych operatorów generalizacji. Próby generalizacji prowadzone w trybie interaktywnym stanowią podstawę analiz sposobu i zakresu działania poszczególnych operatorów, a co za tym idzie poprawności uzyskanych wyników.

Czynności generalizacyjne odnoszące się do dwóch rozważanych warstw obiektów, a więc sieci dróg i osadnictwa wykonano w trybie interaktywnym.

### 6.1.1. Operatory generalizacji wykorzystane w procesie generalizacji osadnictwa

Jedną z pierwszych czynności podejmowanych w procesie generalizacji jest agregacja, łączenie obiektów. Ma ona szczególne znaczenie w trakcie generalizacji, gdyż łączenie obiektów na podstawie określonych warunków bezpośrednio wpływa na poprawę czytelności mapy.

W prowadzonych badaniach pierwszy krok w zakresie generalizacji osadnictwa stanowiła właśnie agregacja fragmentów miejscowości. Wykorzystano w tym celu operator agregacji obiektów *Area aggregation*. Dla wymienionego operatora generalizacji w DynaGEN zdefiniowano następujące algorytmy:

- *Nonorthogonal* – pozwalała na łączenie obszarów znajdujących się w granicach określonego zbioru w jeden obszar; algorytm ten przeznaczony jest do generalizacji obiektów o nieregularnych kształtach (np.: jeziora, lasy),

- *Orthogonal* – łączy obszary w ramach zdefiniowanego zbioru w jeden obszar; opracowany dla obiektów o regularnych lub prostokątnych kształtach,

- *Adjoining* – za pomocą tego algorytmu można łączyć obszary zachodzące na siebie lub mające wspólną granicę (przylegające do siebie).

Dla pierwszych dwóch wymienionych algorytmów wykorzystano następujące parametry generalizacji:

- *Threshold tolerance* – wskazuje minimalną odległość między obszarami przed scaleniem,

- *Zone tolerance* – wskazuje maksymalną odległość między generalizowanymi obszarami,

- *Minimum hole size* – określa wielkość najmniejszego obszaru pustego, jaka może powstać w obszarze po generalizacji,

- *Hole retention* – pozwala na likwidację pustych obszarów w obszarze powstałym po agregacji.

Kolejnym krokiem generalizacyjnym, następującym po procesie agregacji obiektów powierzchniowych jest upraszczanie ich kształtów za pomocą operatora *Area simplification*. Zastosowano tu następujące algorytmy generalizacji:

- upraszczania powierzchni (*Area preservation*) – usuwa mniej ważne punkty granic powierzchni, które w sposób decydujący nie wpływają na kształt obiektu; parametrem przypisanym do tego algorytmu jest parametr *Area change allowed*, który określa o ile generalizowana powierzchnia może być powiększona lub zmniejszona,

- upraszczania obrysu budynków (*Building simplification*) – służy do upraszczania obiektów o regularnych kształtach.

Przy upraszczaniu powierzchni mamy do dyspozycji następujące parametry:

- *Minimum length* – określa minimalną długość obszaru po generalizacji,

- *Minimum area* – definiuje minimalną powierzchnię obszaru po generalizacji,

- *Colinear angle* – określa, w jakiej odległości w linii prostej muszą być trzy punkty, aby punkt środkowy został usunięty.

### 6.1.2. Operatory generalizacji wykorzystane w procesie generalizacji sieci dróg

Jednym z najstarszych, a zarazem najbardziej rozpowszechnionych operatorów generalizacji jest operator upraszczania (N. Regnauld, R.B. McMaster 2007). Mimo że upraszczanie stanowi jeden z istotnych elementów generalizacji, wykonywane jest zwykle jako jeden z ostatnich kroków generalizacyjnych.

W systemie DynaGEN mamy do dyspozycji dwa operatory: operator upraszczania *Simplify*, stosowany do upraszczania przebiegu linii i zarysów obiektów powierzchniowych o nieregularnych kształtach oraz opisany w poprzednim podrozdziale operator upraszczania obiektów regularnych o mniejszej powierzchni, np. budynków (*Area simplification*).

Do operatora *Simplify* przypisano następujące algorytmy generalizacji:

- *Algorytm Douglasa-Peuckera* – działanie tego algorytmu polega na identyfikacji pierwszego i ostatniego punktu linii, a następnie znalezieniu takiego punktu P, który jest najbardziej odległy od prostej łączącej początek i koniec linii. Jeżeli odległość punktu P od prostej będzie większa od progowej, wówczas punkt zostaje

uznany za charakterystyczny, a generalizowana linia zostaje podzielona na dwie części. Procedura zostaje powtórzona dla dwóch linii. Jeżeli odległość punktu P od prostej jest mniejsza niż progowa, wówczas wszystkie punkty znajdujące się między punktem pierwszym i ostatnim zostają usunięte, a obrazem zgeneralizowanej linii jest linia prosta. Dla tego algorytmu zdefiniowano parametr *Perpendicular distance tolerance*, wyznaczający przedział tolerancji odległości między punktami.

– *Algorytm Langa* – zaczyna od łączenia pierwszego punktu na wybieranej linii z pewną liczbą następných punktów, tworząc linię odniesienia. Wymierza prostopadłą odległość od każdego pośredniego punktu do linii odniesienia. Jeżeli odległość od punktu pośredniego do linii odniesienia przewyższa wartość parametru *Perpendicular distance tolerance*, wówczas poprzednia linia odniesienia staje się częścią uogólnianej linii. Ten cykl jest powtarzany, aż do ostatniego punktu na zadanej linii.

– *Nth Point* – usuwa zbędne punkty z linii lub granic powierzchni. Przy wyborze algorytmu *Nth Point* mamy do dyspozycji parametr *Point spacing* – który pozwala określić odległość między punktami,

– *Point relaxation* – działanie tego algorytmu rozpoczyna się narysowaniem okręgu dokoła pierwszego i kolejnego punktu na zadanej linii. Następnie jest prowadzona linia styczna do tych okręgów. Zakres tolerancji dla tego algorytmu określono za pomocą parametru *Point spacing*. Dodatkowo parametr *Relax circle radius* pozwala zdefiniować promień okręgu,

– *Algorytm Reumanna-Witkama* – zakłada użycie dwóch równoległych linii, oddalonych od siebie o zadaną odległość. Są one prowadzone po obu stronach linii w kierunku zadanym przez punkty początkowe. W miejscu, gdzie obiekt liniowy przecina się z którąś z prostych równoległych, powstaje następny punkt obiektu liniowego. Linie równoległe są rysowane znowu w nowym kierunku i proces ten powtarzany jest przy upraszczaniu całej linii. Odległość między liniami definiujemy za pomocą parametru *Corridor tolerance*,

– *Vector generation* – między pierwszym, a trzecim punktem rysowana jest prosta. Od tej prostej prowadzona jest prostopadła do punktu pośredniego. Parametr *Perpendicular distance* określa zakres tolerancji dla tego algorytmu.

## 6.2. Opracowanie bazy wiedzy w systemie DynaGEN

Opracowanie bazy wiedzy w systemie DynaGEN polega na określeniu poszczególnych czynności generalizacyjnych oraz wskazaniu odpowiadających im operatorów, algorytmów i parametrów generalizacji. Na proces ten składają się następujące etapy:

- wybór obiektów generalizowanych,
- wybór odpowiedniego operatora generalizacji (np. upraszczania, agregacji),
- wybór zdefiniowanych dla danego operatora algorytmów,
- dobór wartości parametrów dla danego algorytmu (np. maksymalne, minimalne odległości między obiektami),
- wskazanie, jakie obiekty powstaną po generalizacji (zmiana lub nie, klasy obiektu, np. po agregacji budynków powstaje obszar zabudowany).

Informacje te zapisywane są w bazie MS Access, natomiast deklaracji dokonuje kartograf za pomocą edytora danych o nazwie DIDE.

Bazę wiedzy, opracowaną w systemie DynaGEN, dotyczącą osadnictwa i sieci dróg dla poziomów szczegółowości 1:500 000 i 1:1 000 000 zestawiono w tabeli 1.

## 6.3. Operatory generalizacji w systemie Clarity

Podobnie jak w systemie DynaGEN istnieją tu dwa tryby pracy: agentowy oraz sekwencyjny, jednak są one znacznie bardziej zaawansowane niż tryby pracy w DynaGEN. Generalizacja w trybie agentowym<sup>2</sup> umożliwia modelowanie obiektów geograficznych w postaci autonomicznych „agentów”, natomiast w trybie sekwencyjnym możliwa jest w szerszym zakresie implementacja własnych narzędzi i algorytmów generalizacji.

Z uwagi na fakt, że algorytmy i operatory generalizacji dostępne w trybie agentowym zostały

<sup>2</sup> Koncepcja agentów oraz systemów wieloagentowych (takich, w których działa więcej niż jeden agent) należy do domeny sztucznej inteligencji (*Artificial Intelligence*) (C. 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. Technologia systemów wieloagentowych jest wykorzystywana również do modelowania złożonych, dynamicznych i otwartych aplikacji, na przykład w planowaniu produkcji, sterowaniu ruchem, zarządzaniu przepływem czynności oraz w coraz większym stopniu w Internecie (Z. Michalewicz, D.B. Fogel 2006).

Tab. 1. Baza wiedzy opracowana w systemie DynaGEN

Poziom szczegółowości 1:500 000				Poziom szczegółowości 1:1 000 000				
Czynność generalizacyjna	Opis	Kryterium	Implementacja	Uwagi	Czynność generalizacyjna	Opis	Kryterium	Implementacja
1	Wstępny wybór miejscowości prezentowanych za pomocą sygnatur	Wybór miejscowości zgodnie z wynikami różnicowania regionalnego	Analizy atrybutowe i przestrzenne, GeoMedia	–	1	Wybór miejscowości prezentowanych za pomocą sygnatur	Wybór miast oraz miejscowości będących siedzibami władz powiatowych i gminnych	Analizy atrybutowe, GeoMedia
2a	Wybór dróg	Wybór dróg krajowych i wojewódzkich	Analizy atrybutowe, GeoMedia	–	2	Wybór dróg	Wybór dróg krajowych i wojewódzkich	Analizy atrybutowe, GeoMedia
2b	Wybór dróg	Odrzucenie odcinków dróg powiatowych zakończonych ślepo	Narzędzie <i>Free Endpoints</i> , analizy przestrzenne, GeoMedia	–	3	Agregacja fragmentów konturów miejscowości	Łączenie przylegających do siebie fragmentów konturów miejscowości	Operator <i>Area aggregation</i> , algorytm <i>Adjoining</i> , DynaGEN
2c	Wybór dróg	Odrzucenie odcinków dróg gminnych zakończonych ślepo	Narzędzie <i>Free Endpoints</i> , analizy przestrzenne, GeoMedia	–	4	Agregacja dodatkowych fragmentów konturów miejscowości	Agregacja fragmentów konturów miejscowości w odległości do 0,5 mm	Operator <i>Area aggregation</i> , algorytm <i>Nonorthogonal</i> , wartość tolerancji 0,5 mm, DynaGEN
3	Dodatkowy wybór miejscowości prezentowanych za pomocą sygnatur	Odrzucenie odcinków dróg w odległości większej niż 3 mm od prezentowanych dróg	Bufor wokół dróg, analizy przestrzenne, GeoMedia	Uwzględnienie relacji topologicznych między osadnictwem a siecią dróg	5	Wybór konturów miejscowości	Odrzucenie konturów miejscowości o powierzchni mniejszej niż 3 mm <sup>2</sup>	Analizy atrybutowe DynaGEN
4	Agregacja fragmentów konturów miejscowości	Łączenie przylegających do siebie fragmentów konturów miejscowości	Operator <i>Area aggregation</i> algorytm <i>Adjoining</i> DynaGEN	–	6	Uproszczenie konturów miejscowości	–	Operator <i>Simplify</i> area, algorytm <i>Area preservation</i> , wartość parametru <i>Area change allowed</i> 0,1%

5	Dodatkowa agregacja fragmentów konturów miejscowości	Łączenie fragmentów konturów położonych w odległości 0,5 mm	Operator <i>Area aggregation</i> , algorytm <i>Nonorthogonal</i> , wartość tolerancji 0,5 mm, DynaGEN	Wartość parametru <i>Hole Reference</i> w województwie dolnośląskim 20 mm natomiast w województwie łódzkim 40 mm	7	Uproszczenie przebiegu sieci drogowej	-	Operator <i>Simplify</i> algorytm <i>Douglas-Peuckera</i> , wartość tolerancji od 0,3 mm do 0,4 mm
6	Wybór konturów miejscowości	Odrzucenie fragmentów konturów o powierzchni mniejszej niż 4 mm <sup>2</sup>	Analiza atrybutów we DynaGEN	-	-	-	-	-
7	Uproszczenie konturów miejscowości	-	Operator <i>Simplify area</i> , algorytm <i>Area preservation</i> , wartość tolerancji <i>Area change allowed</i> 0,05%	-	-	-	-	-
8	Uproszczenie przebiegu sieci drogowej	-	Operator <i>Simplify</i> algorytm <i>Douglas Peucker</i> , wartość tolerancji od 0,2 mm do 0,4 mm	-	-	-	-	-

dostosowane do generalizacji opracowań wielokoskalowych, przeprowadzone badania zostały wykonane w drugim z wymienionych trybów, a więc trybie sekwencyjnym.

Opisane w kolejnych podrozdziałach funkcje systemu Clarity scharakteryzowano z punktu widzenia celu i zakresu pracy, a więc narzędzi wykorzystanych w trakcie procesu generalizacji warstwy tematycznej osadnictwa oraz sieci dróg zawartych w BDO. Część wykorzystanych narzędzi i algorytmów generalizacji uzyskano wraz z kodem źródłowym w języku programowania Java z Ordnance Survey (OS) (jednej z brytyjskich agencji kartograficznych współpracujących z firmą dostarczającą oprogramowanie Clarity – 1Spatial). Wybrane narzędzia i algorytmy generalizacji zmodyfikowano odpowiednio do potrzeb prowadzonych eksperymentów badawczych. Opracowano również nowe narzędzia generalizacji, umożliwiające bardziej kontekstową generalizację osadnictwa oraz sieci dróg w BDO. Środowiskiem programistycznym, które wykorzystano do modyfikacji istniejących oraz zaprojektowania nowych narzędzi generalizacji jest *Eclipse*, pozwalające na opracowanie i kompilację kodu zapisanego w języku programowania Java.

### 6.3.1. Operatory generalizacji wykorzystane w procesie generalizacji osadnictwa

Ze względu na ograniczone możliwości wykonywania złożonych analiz przestrzennych i atrybutowych za pomocą interfejsu użytkownika w systemie Clarity (P. Revell 2008), opracowano narzędzie *Point city deletion* oraz algorytm *Point city outline deletion*. Narzędzie *Point city deletion* umożliwia wybór podzbioru miejscowości, reprezentowanych za pomocą sygnatur, na podstawie warunków atrybutowych odpowiednio do potrzeb procesu. Natomiast algorytm *Point city outline deletion* umożliwia selekcję miejscowości niemających połączeń drogowych z innymi miejscowościami, wraz z odpowiadającymi im konturami. W implementacji tego algorytmu zdefiniowano połączenia, tzw. *linki* między miejscowościami a odpowiadającymi im konturami oraz miejscowościami a drogami, w celu wyszukania miejscowości, które nie są połączone z żadną drogą.

W procesie agregacji miejscowości prezentowanych za pomocą konturów konieczna okazała się również modyfikacja algorytmu *Clustering*.

W wersji źródłowej ten algorytm umożliwia łączenie obiektów, będących w określonej odległości od siebie za pomocą funkcji „buforowania”<sup>3</sup>. Celem zaprojektowanej czynności generalizacyjnej jest łączenie oddzielnych konturów reprezentujących części miejscowości położonych w odpowiedniej odległości w całą miejscowość. Wobec tego zmodyfikowano istniejący algorytm dodając funkcję identyfikacji i zliczania części miejscowości o tych samych nazwach, a następnie ich łączenia, uzyskując algorytm *Cluster settlements*.

W celu uzyskania optymalnych kształtów konturów zabudowy wykorzystano również algorytm *Action polygon erode*<sup>4</sup>. Koncepcja tego algorytmu wywodzi się z teorii morfologii matematycznej i pozwala na powrót do oryginalnego kształtu obiektu po buforowaniu (B. Su i współautorzy 1997; P. Revell 2008). Narzędzie *Delete small areas* wykorzystano do usunięcia konturów miejscowości o powierzchni mniejszej niż zdefiniowana wartość tolerancji. W celu uproszczenia konturów zabudowy zastosowano narzędzie *Simplify polygon*, będące implementacją algorytmu upraszczania Douglasa-Peuckera.

### 6.3.2. Operatory generalizacji wykorzystane w procesie generalizacji sieci dróg

Proces generalizacji sieci dróg poprzedziło opracowanie narzędzia *Urban-road linking*, pozwalającego na ich powiązanie z warstwą tematyczną osadnictwa. Za pomocą omawianego narzędzia opracowano tzw. *linki* odniesienia między odcinkami dróg a przecinającymi je lub leżącymi w bliskiej odległości miejscowościami, prezentowanymi za pomocą sygnatur. Narzędzie to jest jednym z ważniejszych elementów w procesie generalizacji, ponieważ pozwala na powiązanie dwóch generalizowanych warstw tematycznych.

Budowę struktury topologicznej dróg umożliwiło wykorzystanie narzędzia *Topological structuring*, pozyskanego z Ordnance Survey. Poprawna struktura topologiczna jest niezwykle istotna z punktu widzenia kolejnych zaproponowanych czynności generalizacyjnych, tj. identyfikacji i usunięcia ślepo zakończonych odcinków dróg. Wymienione czynności generalizacyjne wykonano

<sup>3</sup> Stosowana w systemach GIS nazwa bufor jest synonimem nazwy ekwidystanta.

<sup>4</sup> Zastosowany algorytm, wywodzący się z teorii morfologii matematycznej, związany jest ze zjawiskiem dylacji i erozji (A. Boffet 2001).

za pomocą narzędzi *Detect dead ends*. Narzędzie to umożliwiło analizę wszystkich odcinków dróg, a następnie dodanie dodatkowego atrybutu *dead end* do klasy dróg z wartością 0 lub 1 (w przypadku odcinka zakończonyego ślepo). Do usunięcia ślepo zakończonych odcinków dróg wykorzystano narzędzie *Delete objects*, pozwalające na usunięcie obiektów wybranych za pomocą zapytania atrybutowego.

Ostatnim etapem w procesie generalizacji dróg jest uproszczenie ich przebiegu. Do wykonania tej czynności generalizacyjnej wykorzystano algorytm upraszczania Douglasa-Peuckera, zaimplementowany w postaci narzędzia *Road simplification*.

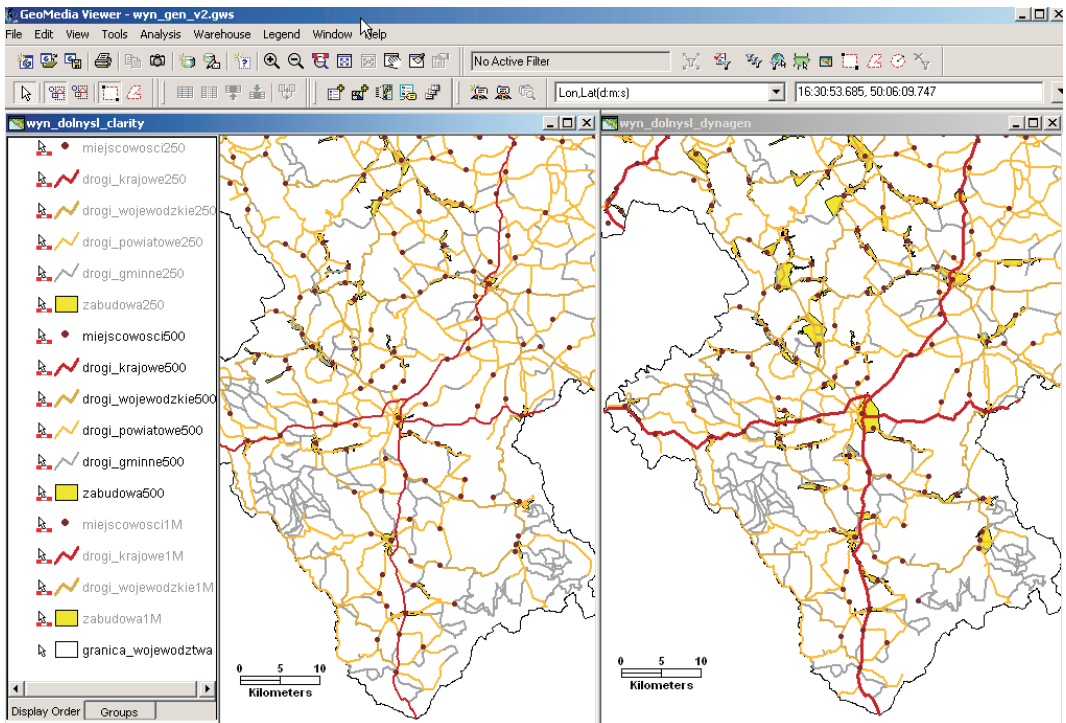
#### 6.4. Opracowanie bazy wiedzy w systemie Clarity

Bazę wiedzy, dotyczącą generalizacji osadnictwa i sieci dróg z poziomu szczegółowości

1:250 000 do poziomów szczegółowości 1:500 000 oraz 1:1 000 000, opracowaną w systemie Clarity zestawiono w tabeli 2.

#### 7. Weryfikacja opracowanej bazy wiedzy. Wnioski

Opracowaną bazę wiedzy zweryfikowano poprzez wykonanie szeregu eksperymentów generalizacji osadnictwa i sieci dróg BDO na obszarze województwa dolnośląskiego oraz łódzkiego w obu systemach informatycznych. Przeprowadzono generalizację z poziomu szczegółowości 1:250 000 do poziomów szczegółowości 1:500 000 oraz 1:1 000 000. Przykładowe wyniki generalizacji w postaci dynamicznego serwisu BDO opracowanego w programie GeoMedia Viewer v 6.1, zaprezentowano na rycinach 1–4 (w zależności od poziomu szczegółowości wyświetlane są odpowiednio zgeneralizowane dane).



Ryc. 1. Wyniki generalizacji do poziomu szczegółowości odpowiadającemu skali 1:500 000 w systemie Clarity oraz DynaGEN – okolice Kłodzka

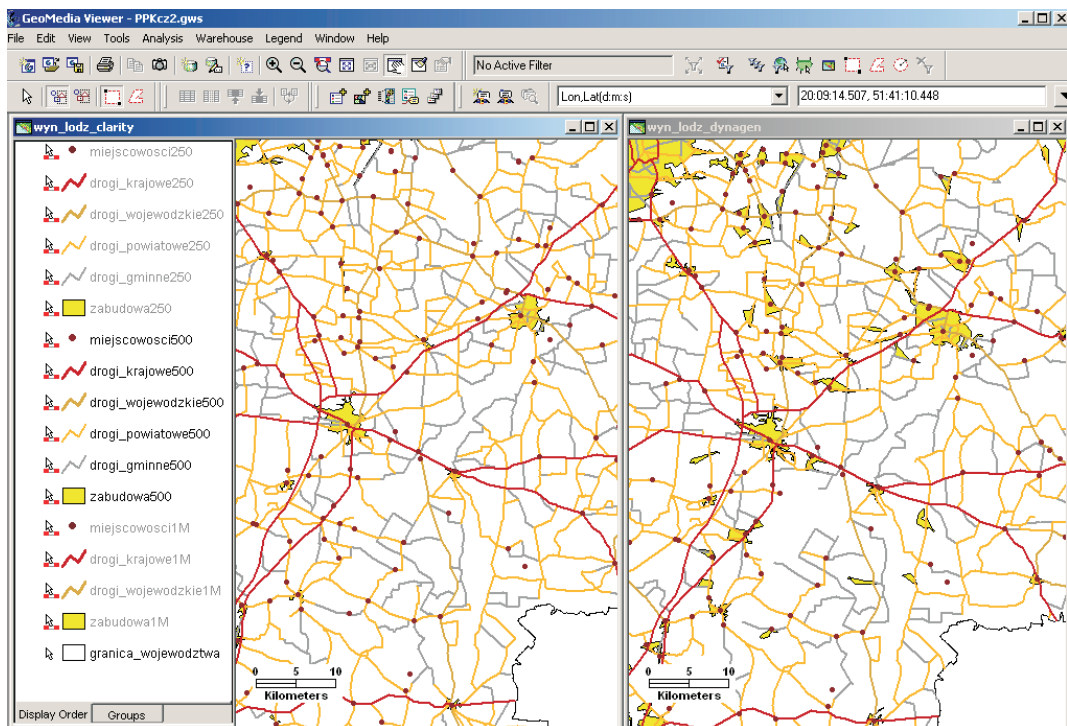
Fig. 1. Results of generalization to the level of detail corresponding to the scale of 1:500 000 in Clarity and DynaGEN – Kłodzko area

Tab. 2. Baza wiedzy opracowana w systemie Clarity

Poziom szczegółowości 1:1 000 000					Poziom szczegółowości 1:500 000				
Czynność generalizacyjna	Opis	Kryterium	Implementacja	Uwagi	Czynność generalizacyjna	Opis	Kryterium	Implementacja	Uwagi
1	Wybór miejscowości prezentowanych za pomocą sygnatur	Wybór miejscowości zgodnie z wynikami różnicowania regionalnego	Analiza atrybutowe i przestrzenne, GeoMedia	–	1	Opracowanie metod wyświetlania osadnictwa i sieci dróg	–	Opracowanie narzędzia <i>install display method</i>	–
2	Opracowanie metod wyświetlania osadnictwa i sieci dróg	–	Opracowanie narzędzia <i>install display method</i>	–	2	Wykonanie kopii schematu bazy danych	–	Opracowanie narzędzia <i>copy schema</i>	–
3	Wykonanie kopii schematu bazy danych	–	Opracowanie narzędzia <i>copy schema</i>	–	3	Wybór miejscowości	Wybór miast oraz miejscowości będących siedzibami powiatów i gmin	Opracowanie narzędzia <i>point city deletion</i>	–
4	Opracowanie połączeń ( <i>links</i> ) w bazie danych między osadnictwem a siecią dróg	Opracowanie połączeń między miejscowościami a drogami oraz miejscowościami prezentowanymi za pomocą sygnatur a odpowiadającymi im konturami	Opracowanie narzędzi <i>urban linking</i> i <i>urban road linking</i>	Wzbogacenie struktury bazy danych ( <i>data enrichment</i> )	4	Wybór dróg	Wybór dróg krajowych i wojewódzkich	Analizy atrybutowe	–
5	Budowa struktury topologicznej dróg	Opracowanie hierarchii w sieci dróg	Wykorzystanie narzędzia <i>Topological structuring</i>	–	5	Agregacja fragmentów miejscowości	Łączenie fragmentów tej samej miejscowości na podstawie nazwy oraz w odległości do 0,5 mm	Opracowanie algorytmu <i>cluster settlements</i> , wykorzystanie algorytmu <i>action polygon erode</i>	–



<b>6a</b>	Wybór dróg	Wyszukiwanie odcinków dróg powiatowych i gminnych zakończonych ślepo	Wykorzystanie narzędzia <i>Detect dead ends</i>	-	<b>6</b>	Wybór fragmentów konturów miejscowości	Odrzucenie fragmentów konturów o powierzchni mniejszej niż 3 mm <sup>2</sup>	Wykorzystanie narzędzia <i>Delete small areas</i>
<b>6b</b>	Wybór dróg	Odrzucenie odcinków dróg powiatowych i gminnych zakończonych ślepo	Analizy atrybutowe, narzędzie <i>delete objects</i>	-	<b>7</b>	Uproszczenie konturów miejscowości	-	Wykorzystanie algorytmu <i>Action polygon simplify</i> , wartość tolerancji od 0,1 mm do 0,2 mm
<b>7</b>	Dodatkowy wybór miejscowości prezentowanych za pomocą sygnatur	Odrzucenie miejscowości nie związanych z żądaną wybraną wcześniej drogą	Oprogramowanie narzędzia <i>point city outline deletion</i>	Uwzględnienie relacji topologicznych między osadnictwem a siecią dróg	<b>8</b>	Uproszczenie przebiegu sieci drogowej	-	Wykorzystanie narzędzia <i>action line simplify</i> , wartość tolerancji 0,1 mm
<b>8</b>	Agregacja fragmentów konturów miejscowości	Łączenie fragmentów tej samej miejscowości na podstawie nazwy oraz w odległości do 0,5 mm	Oprogramowanie algorytmu <i>cluster settlements</i> , wykorzystanie algorytmu <i>action polygon erode</i>	-				
<b>9</b>	Wybór fragmentów konturów miejscowości	Odrzucenie fragmentów konturów miejscowości o powierzchni o powierzchni mniejszej niż 4 mm <sup>2</sup>	Wykorzystanie narzędzia <i>delete small areas</i>	-				
<b>10</b>	Uproszczenie konturów miejscowości	-	Wykorzystanie algorytmu <i>Action polygon simplify</i> , wartość tolerancji 0,2 mm	-				
<b>11</b>	Uproszczenie przebiegu sieci drogowej	-	Wykorzystanie narzędzia <i>action line simplify</i> , wartość tolerancji 0,2 mm	-				



Ryc. 2. Wyniki generalizacji do poziomu szczegółowości odpowiadającemu skali 1:500 000 w systemie Clarity oraz DynaGEN – okolice Piotrkowa Trybunalskiego.

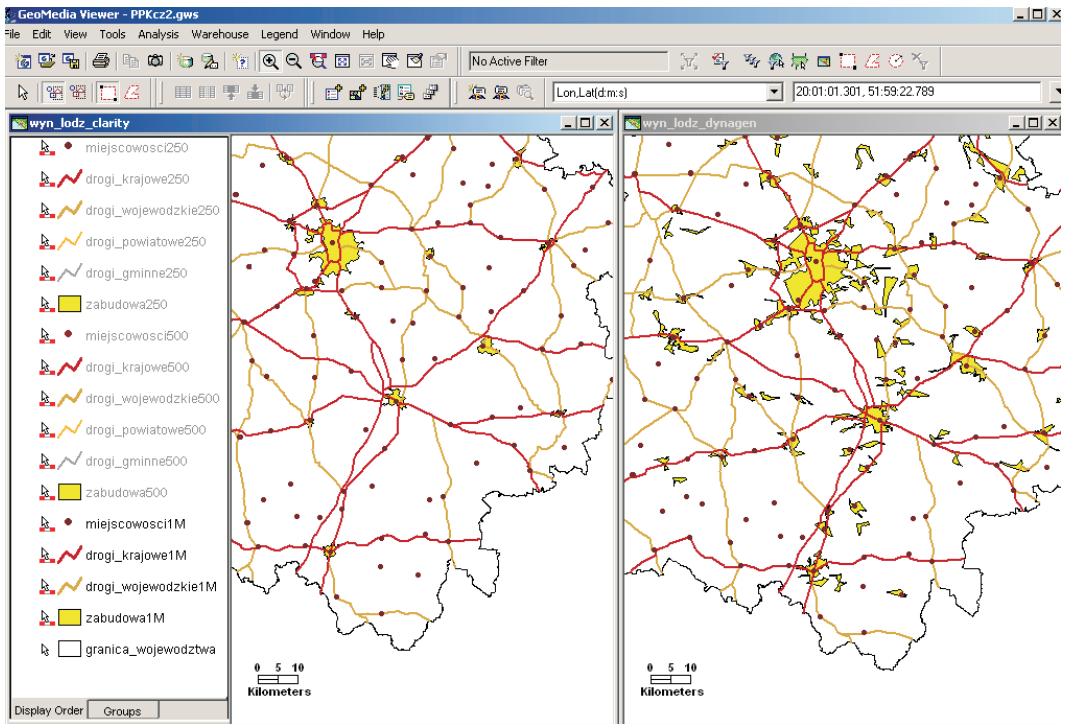
Fig. 2. Results of generalization to the level of detail corresponding to the scale of 1:500 000 in Clarity and DynaGEN – Piotrków Trybunalski area

Przeprowadzone analizy i eksperymenty pozwoliły na wyciągnięcie kilku istotnych wniosków:

– Proces generalizacji opracowań małoskalowych charakteryzuje się dużą dozą subiektywizmu, stąd trudności w opracowaniu formalnych reguł i ograniczenia w jego automatyzacji. Złożoność procesu generalizacji, a także konieczność uwzględnienia zależności między poszczególnymi obiektami oraz klasami obiektów utrudniają dekompozycję i modelowanie procesu w postaci bazy wiedzy. Innymi słowy, aby możliwa była automatyzacja czynności generalizacyjnych konieczne jest budowa szczegółowej bazy wiedzy o procesie generalizacji, co z uwagi na jego specyfikę nie jest łatwym zadaniem. Jedną z metod pozyskiwania wiedzy kartograficznej jest zastosowana w niniejszych badaniach metoda „reverse engineering”, polegająca na wnioskowaniu o zasadach generalizacji na podstawie analizy map. Nie jest to jednak metoda poza-

wiona wad. Za jedną z nich można uznać wpływ czynnika subiektywizmu, związanego z ręcznym opracowaniem mapy (S. Steiniger 2007). Pozyskana w niniejszych badaniach baza wiedzy dotycząca generalizacji osadnictwa i sieci dróg musi zostać wzbogacona między innymi o relacje rozważanych warstw tematycznych z pozostałymi elementami treści mapy, jak sieć rzeczna czy rzeźba terenu, tak aby miała ona charakter całościowy (W. A. Mackaness i współautorzy 2007).

– Istotną kwestią podkreślaną wielokrotnie w literaturze przedmiotu i odnoszącą się również do niniejszych badań jest weryfikacja opracowanej bazy wiedzy. Dotyczy ona zarówno implementacji zaproponowanych reguł generalizacji na innych obszarach badawczych w celu ich uogólnienia oraz poszerzenia na obszar całej Polski, ale również optymalnego doboru operatorów oraz algorytmów generalizacji do



Ryc. 3. Wyniki generalizacji do poziomu szczegółowości odpowiadającemu skali 1:1 000 000 w systemie Clarity oraz DynaGEN – okolice Łodzi i Piotrkowa Trybunalskiego

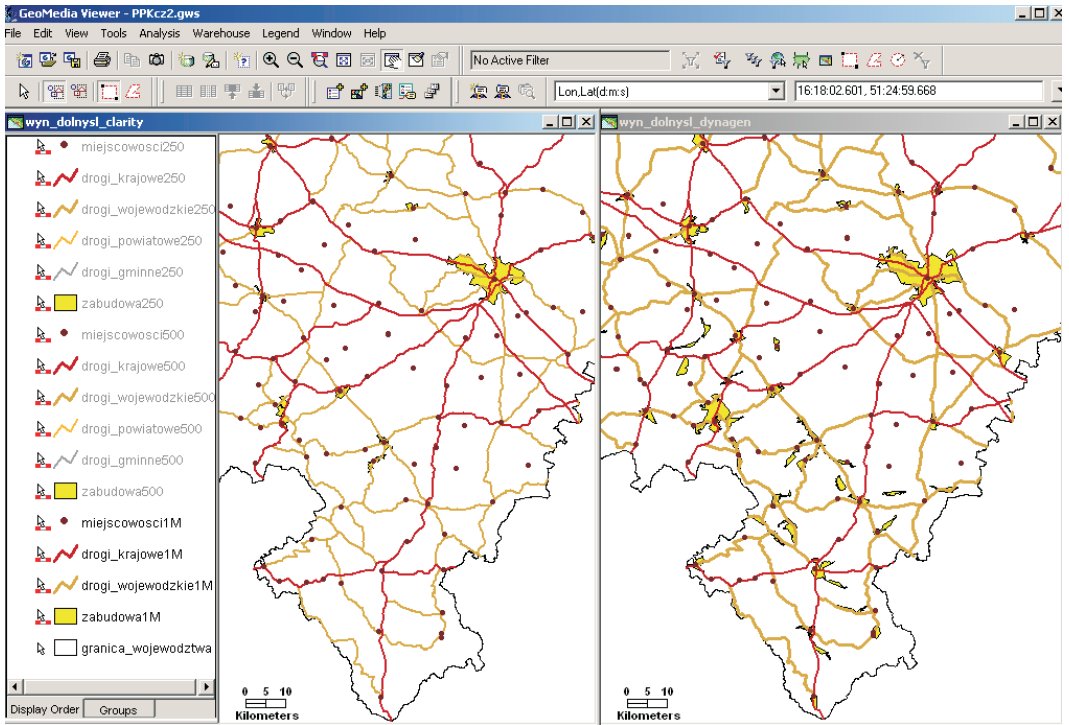
Fig. 3. Results of generalization to the level of detail corresponding to the scale of 1:1 000 000 in Clarity and DynaGEN – Łódź and Piotrków Trybunalski area

konkretnych czynności generalizacyjnych. W tym dalsza rozbudowa systemów wspomagających proces generalizacji o nowe narzędzia i algorytmy o charakterze kontekstowym, uwzględniające wzajemne relacje między generalizowanymi obiektami (N. Regnauld, R.B. McMaster, 2007).

– Nie wszystkie czynności generalizacyjne były możliwe do sformalizowania w wykorzystanych systemach geoinformacyjnych. Przykładowo wskazanie formalnych kryteriów generalizacji osadnictwa dla poziomu szczegółowości 1:500 000 jest trudnym zadaniem. Obok kryterium wielkości miejscowości oraz jej znaczenia administracyjnego należy tutaj uwzględnić kryterium gęstości miejscowości, które jest trudne do formalizacji, ponieważ wymaga regionalnego zróżnicowania generalizowanego obszaru. Ograniczenie pełnej formalizacji i automatyzacji procesu wynika także z konieczności indywidualnego doboru rodzaju i wartości parametrów (np. eksperymen-

talny dobór wartości parametrów upraszczania konturów miejscowości oraz sieci dróg). Jest to jednak pole do dalszych badań oraz prób generalizacji.

W niniejszym artykule podjęto próbę pozyskania i uporządkowania wiedzy kartograficznej dotyczącej generalizacji opracowań małoskalowych oraz jej implementacji w wybranych systemach informacji geograficznej w postaci bazy wiedzy. W celu określenia zasad generalizacji porównano treści map ogólnogeograficznych przeglądowych z danymi zawartymi w BDO. Wykonane analizy pozwoliły na wskazanie sekwencji czynności generalizacyjnych dla poziomu szczegółowości 1:500 000 oraz 1:1 000 000, który następnie zaimplementowano w systemie DynaGEN oraz Clarity. Pozwoliło to na weryfikację pozyskanej bazy wiedzy oraz wskazanie zakresu przydatności wymienionych systemów GIS do generalizacji ogólnogeograficznych opra-



Ryc. 4. Wyniki generalizacji do poziomu szczegółowości odpowiadającemu skali 1:1 000 000 w systemie Clarity oraz DynaGEN – okolice Kłodzka

Fig. 4. Results of generalization to the level of detail corresponding to the scale of 1:1 000 000 in Clarity and DynaGEN – Kłodzko area

cowań w skalach przeglądowych. Celem przeprowadzonych analiz i eksperymentów była próba uzyskania rozwiązań w miarę możliwości powtarzalnych, standardowych, a jednocześnie konsekwentnych, które mogłyby stanowić podstawy metodyczne generalizacji warstwy osad-

nictwa i sieci dróg BDO. Z punktu widzenia uzyskanych rezultatów wydaje się, że cel ten został osiągnięty. Niemniej jednak opisane eksperymenty stanowią przyczynek do dalszych badań zmierzających do poszerzenia bazy wiedzy związanej z procesem generalizacji.

## Literatura

- Boffet A., 2001, *Methodes de creation d'informations multi-niveau pour la generalisation cartographique de l'urbain*. Praca doktorska, Uniwersytet Marne La Valle, Paryż.
- Cecconi A., 2003, *Integration of cartographic generalization and multi-scale databases for enhanced web mapping*, praca doktorska, Uniwersytet w Zurichu.
- Chybicka I., 2003, *Agregacja parcel i generalizacja sieci dróg na mapach topograficznych w skali 1:10 000*. Praca magisterska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu.
- Clarity concepts, 2007, płyta CD.
- Duchene C., 2003, *Automated map generalisation using communicating agents*, W: Proceedings of the XXI International Cartographic Conference. Durban, płyta CD.
- DynaGEN, AE Training, 2000, Intergraph Mapping&GIS Solutions, płyta CD.
- Galanda M., 2003, *Automated polygon generalization in a multi agent system*. Praca doktorska, Uniwersytet w Zurichu.
- Iwaniak A., Paluszyński W., Żyszkowska W., 1998, *Generalizacja map numerycznych – koncepcje i narzędzia*, cz. I. „Polski Przegl. Kartogr.” T. 30, nr 2, s. 79–88.

- Joao E.M., 1998, *Causes and consequences of map generalization*, London: Taylor and Francis.
- Karsznia I., 2010, *Podstawy metodyczne automatyzacji generalizacji wybranych elementów Bazy Danych Ogólnogeograficznych*. Praca doktorska, Uniwersytet Warszawski.
- Karsznia I., 2011, *Badanie zakresu przydatności systemów DyanGEN oraz Clarity do procesu generalizacji osadnictwa i sieci dróg Bazy Danych Ogólnogeograficznych*. „Roczniki Geomatyki” T. 9, z. 1(45), s. 33–48.
- Karsznia I., 2011, *Z problematyki generalizacji osadnictwa i sieci dróg na mapach przeglądowych – metodyka i narzędzia generalizacji*, cz. I. „Polski Przegl. Kartogr.” T. 43, nr 1, s. 5–26.
- Luck M., 1997, *Foundations of multi-agent systems: issues and directions*. „Knowledge Engineering Review” Vol. 12, no 3, s. 307–318.
- Mackaness W.A., Ruas A., Sarjakoski L.T., 2007, *Observations and research challenges in map generalization and multiple representation*. W: W.A. Mackaness, A. Ruas, L.T. Sarjakoski (Eds.), *Generalization of geographic information: cartographic modelling and applications*. Oxford: Elsevier, s. 315–323.
- Michalewicz Z., Fogel D.B., 2006, *Jak to rozwiązać czyli nowoczesna heurystyka*, Warszawa, Wydawn. Naukowo-Techniczne.
- Rant K., 2002, *Generalizacja mapy topograficznej ze skali 1:10 000 do skali 1:50 000 przy użyciu oprogramowania DynaGEN*. Praca magisterska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu.
- Regnauld N., McMaster R.B., 2007, *A synoptic view of generalization operators*. W: W.A. Mackaness, A. Ruas, L.T. Sarjakoski (Eds.), *Generalization of geographic information: cartographic modelling and applications*. Oxford: Elsevier, s. 37–66.
- Revell P., 2008, *A review of the Clarity generalization platform and the customizations developed at Ordnance Survey research*. ICA Workshop on Generalization and Multiple Representation, Montpellier. [http://aci.ign.fr/montpellier2008/papers/17\\_Revell.pdf](http://aci.ign.fr/montpellier2008/papers/17_Revell.pdf)
- Ruas A., 1999, *Modele de generalisation de donnees geographiques a base de contraintes et d'autonomie*. Praca doktorska, Uniwersytet Marne la Vallee, Paryż. <ftp://ftp.ign.fr/ign/COGIT/THESES>
- Steiniger S., 2007, *Enabling pattern – aware automated map generalization*. Praca doktorska, Uniwersytet w Zurichu.
- Su B., Li Z., Lodwick G., 1997, *Morphological transformation for the elimination of area features in digital map generalization*. „Cartography” Vol. 26, no 2, s. 23–30.

*Recenzował*  
*prof. dr hab. Artur Magnuszewski*

## Problems Connected with the Generalization of Settlement and Road Network on General Maps – Methodology and Tools of Generalization

### Part 2

#### S u m m a r y

**Key words:** implementation of cartographical knowledge, knowledge database, DynaGEN system, Clarity system

The second part of the article presents two advanced systems supporting the process of generalization and its automation: DynaGEN and Clarity. It discusses the systems' operators and generalization algorithms significant for conducted research. Implementation of cartographical knowledge concerning generalization of settlement and road network from General Geographic

Database (BDO) is presented for both systems in the form of a sequence of generalization activities and respective operators and generalization algorithms. Thus prepared database has been verified by a series of research experiments covering settlement generalization and road network in Lower Silesian and Łódź voivodships. In order to adapt the generalization process to the requirements of small scale publications new tools and algorithms have been designed or modified for the systems, which improves correctness of generalization of particular thematic layers.

*Translated by M. Horodyski*