

**BADANIE ZAKRESU PRZYDATNOŚCI SYSTEMÓW
DYNAGEN ORAZ CLARITY DO PROCESU
GENERALIZACJI OSADNICTWA I SIECI DRÓG
BAZY DANYCH OGÓLNOGEOGRAFICZNYCH***

EXAMINATION OF DYNAGEN AND CLARITY SYSTEMS
USABILITY IN GENERALIZATION OF SETTLEMENTS
AND ROAD NETWORKS IN THE GENERAL
GEOGRAPHIC DATABASE

Izabela Karsznia

Katedra Kartografii, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych
Uniwersytet Warszawski

Słowa kluczowe: generalizacja danych przestrzennych, Baza Danych Ogólnogeograficznych, DynaGEN, Clarity

Keywords: spatial data generalization, General Geographic Database, DynaGEN, Clarity

Wstęp

W latach osiemdziesiątych i dziewięćdziesiątych XX wieku badania dotyczące automatyzacji procesu generalizacji skupiały się wokół dwóch zasadniczych zagadnień: opracowywania nowych algorytmów generalizacji oraz pozyskiwania i zastosowania wiedzy kartograficznej, np. w postaci reguł w systemach ekspertowych (Edwardes et al., 2003). Obecnie dotyczą one opracowania bardziej kompleksowych algorytmów generalizacji, uwzględniających wiele warunków i relacji przestrzennych między obiektami oraz zastosowania bardziej zaawansowanych technik generalizacji, jak np. systemy wieloagentowe (Barrault et al., 2001; Sabo et al., 2008). Dynamiczny rozwój badań dotyczących automatyzacji generalizacji spowodował wzrost wymagań w stosunku do istniejących lub nowo opracowywanych systemów wspomagających prowadzenie procesu generalizacji (Edwardes et al., 2007). Przedmiotem prowadzonych obecnie badań są:

- pozyskiwanie wiedzy kartograficznej w celu zdefiniowania reguł rządzących procesem generalizacji,

* Badania opisane w niniejszym artykule zostały przeprowadzone w ramach pracy doktorskiej zrealizowanej w Katedrze Kartografii Uniwersytetu Warszawskiego (Karsznia, 2010).

- uściślenie (formalizacja) zasad generalizacji,
- rozwój modeli generalizacji,
- opracowanie bardziej kompleksowych narzędzi analiz przestrzennych oraz nowych algorytmów generalizacji,
- modelowanie przestrzeni geograficznej w postaci struktur zorientowanych obiektowo, z pełniejszą charakterystyką geometryczną i topologiczną danych przestrzennych,
- próby zastosowania w generalizacji kartograficznej algorytmów i struktur danych wspomagających prowadzenie procesu (np. zastosowanie triangulacji Delauney'a w procesie przesuwania zarysów budynków),
- opracowywanie wieloskalowych baz danych przestrzennych, z możliwością wizualizacji na różnych poziomach szczegółowości,
- poszukiwania możliwości zastosowania dostępnych algorytmów generalizacji w wybranym środowisku programowym w celu prowadzenia eksperymentów związanych z kolejnością ich stosowania (sekwencją) oraz ich harmonizacją.

Niniejsze opracowanie wpisuje się w nurt poszukiwania sposobów formalizacji i implementacji wiedzy kartograficznej w systemach GIS.

Cel i zakres opracowania

Celem opracowania jest określenie możliwości i ograniczeń wykorzystania współczesnych systemów GIS do generalizacji osadnictwa i sieci dróg cyfrowego modelu krajobrazu (DLM) Bazy Danych Ogólnogeograficznych (BDO) w skali 1:250 000 do skal 1:500 000 oraz 1:1 000 000.

Zakres opracowania obejmuje opis wyników przeprowadzonych eksperymentów generalizacji osadnictwa i sieci dróg BDO za pomocą dwóch, obecnie najbardziej zaawansowanych, komercyjnych środowisk programowych służących wspomaganie generalizacji komputerowej: DynaGEN (firmy Intergraph) oraz Clarity (ISpatial). Badania wykonałam dla obszarów dwóch województw: dolnośląskiego oraz łódzkiego.

Formalizacja wiedzy kartograficznej

Generalizacja komputerowa wymaga jednoznacznych, ściśle sformalizowanych reguł stanowiących podstawę dla „inteligentnych procedur” sterowania procesem generalizacji (Ostrowski, 2008). Jednym z zasadniczych celów prowadzonych badań jest implementacja wiedzy kartograficznej sformalizowanej w postaci zasad generalizacji w wybranych systemach informacji geograficznej.

Pod pojęciem wiedzy kartograficznej sformalizowanej rozumiem sekwencję reguł generalizacji wraz z ich implementacją w systemie informacji geograficznej, czyli odpowiednimi operatorami, algorytmami i parametrami generalizacji.

Zdaniem Mullera i współautorów (1995) istnieją trzy drogi prowadzące do formalizacji zasad generalizacji: 1) wykorzystanie informacji zawartych w literaturze kartograficznej oraz instrukcjach redakcji map, 2) odtwarzanie reguł na podstawie analizy gotowych, poprawnie wykonanych map (tzw. podejście odwrotne, *reverse engineering*, czyli wnioskowanie o zasadach generalizacji na podstawie produktu końcowego – mapy), 3) formułowanie reguł przez doświadczonych kartografów.

Analiza istniejących opracowań kartograficznych oraz literatury dotyczącej omawianej tematyki badawczej wskazuje na brak jednolitych i konsekwentnych zasad generalizacji opracowań w skalach małych. W związku z tym, w niniejszej pracy podjęłam próbę uporządkowania i pewnego rodzaju standaryzacji zasad generalizacji. W odniesieniu do struktury i przeznaczenia BDO, przeprowadzonych analiz, dotychczasowej praktyki kartograficznej oraz literatury z zakresu generalizacji map ogólnogeograficznych podzieliłam kryteria generalizacji osadnictwa i sieci dróg BDO na dwie grupy:

I. Atrybutowe

- kryterium wielkości miejscowości – mierzone liczbą mieszkańców,
- kryterium statusu administracyjnego miejscowości (miasto, wieś),
- kryterium siedziby władz administracyjnych miejscowości (państwowe, wojewódzkie, powiatowe, gminne),
- kryterium gęstości miejscowości – obliczane wg powiatów,
- kryterium gęstości zaludnienia – obliczane wg powiatów,
- kryterium zarządzania drogami (krajowe, wojewódzkie, powiatowe, gminne, prywatne, zakładowe),
- kryterium długości odcinków dróg.

II. Przestrzenne

- kryterium topologiczne, pozwalające na zachowanie połączeń drogowych między miejscowościami,
- kryterium topologiczne zakładające utrzymanie połączeń między drogami niższych i wyższych rzędów,
- kryterium agregacji części miejscowości.

Dobór kryteriów generalizacji miał na celu uzyskanie, w miarę możliwości, rozwiązań konsekwentnych i logicznych oraz zgodnych z przeznaczeniem BDO.

Proponując zakres treści BDO odpowiadającej skalom 1:500 000 oraz 1:1 000 000 wzięłam po uwagę jej przeglądowy charakter pozwalający na wizualizację różnorodnych układów przestrzennych na znacznych obszarach oraz funkcję referencyjną bazy, dzięki której może ona stanowić jednolity układ odniesienia do gromadzenia dodatkowych danych przestrzennych.

Drugim, nie mniej istotnym czynnikiem warunkującym dobór treści jest przeznaczenie opracowywanego modelu BDO. Może być on wykorzystywany w administracji i zarządzaniu na szczeblu centralnym, do przeprowadzania analiz i podejmowania decyzji o znaczeniu strategicznym, do opracowywania wstępnych projektów o dużym zasięgu przestrzennym, jako podkład dla przeglądowych map tematycznych oraz jako materiał źródłowy do opracowywania przeglądowych map ogólnogeograficznych, administracyjnych, samochodowych, gospodarczych i innych map tematycznych.

W procesie generalizacji cyfrowego modelu krajobrazu (DLM) osadnictwa i sieci dróg BDO do poziomu szczegółowości odpowiadającemu skali 1:500 000 proponuję przyjąć następujące zasady:

1. Wybór wszystkich miejscowości mających status miasta oraz miejscowości, w których znajdują się siedziby władz powiatowych i gminnych.
2. Odrzucenie wszystkich miejscowości poniżej określonej liczby mieszkańców, zgodnie z uwzględnieniem zasad i wyników regionalnego zróżnicowania parametrów generalizacji miejscowości¹.

¹ W pracy doktorskiej (Karsznia, 2010) zaproponowałam regionalne zróżnicowanie parametrów generalizacji miejscowości uwzględniające wielkość oraz gęstość miejscowości w poszczególnych powiatach.

3. Wybór dróg krajowych i wojewódzkich.
4. Wybór dróg powiatowych, z pominięciem dróg zakończonych ślepo oraz dróg stanowiących dodatkowe połączenia, nieistotne z komunikacyjnego punktu widzenia (np. stanowiące dodatkowe, krótsze połączenia).
5. Odrzucenie dróg gminnych, z wyjątkiem dróg stanowiących łączniki dróg wyższych rzędów, istotnych dla zachowania ciągłości całej sieci.
6. Dodatkowy wybór miejscowości istotnych z punktu widzenia prezentowanej sieci dróg, np. znajdujących się w węzłach komunikacyjnych oraz miejscowości leżących w pobliżu prezentowanych (w odległości mniejszej niż 3 mm) dróg i miejscowości, do których prowadzi droga umieszczona w bazie na omawianym poziomie skalowym.
7. Prezentacja za pomocą konturu wszystkich miejscowości o powierzchni zabudowy większej niż 4 mm². Z przeprowadzonych przeze mnie analiz geograficznych wynika, że będą to wszystkie miasta oraz większe wsie.
8. Agregacja części miejscowości prezentowanych za pomocą konturu.
9. Uproszczenie konturów miejscowości (przewiększanie konturów w zależności od wielkości i kształtu; prostokątowanie).
10. Uproszczenie przebiegu dróg.

Wartości parametrów agregacji i upraszczania, ze względu na brak odpowiednio precyzyjnych instrukcji, zaleca się dobierać iteracyjnie, kierując się potrzebą zachowania kształtu konturów miejscowości oraz charakterystycznych elementów sieci drogowej.

Dla poziomu szczegółowości odpowiadającemu skali 1:1 000 000 proponuję następujące zasady generalizacji:

1. Wybór wszystkich miast, miejscowości stanowiących siedziby powiatów oraz gmin.
2. Wybór dróg krajowych i wojewódzkich.
3. Prezentacja za pomocą konturu wszystkich miejscowości o powierzchni zabudowy większej niż 3 mm². Z przeprowadzonych przeze mnie analiz geograficznych wynika, że będą to wszystkie miasta oraz większe wsie.
4. Agregacja części miejscowości prezentowanych za pomocą konturu.
5. Uproszczenie konturów miejscowości.
6. Uproszczenie przebiegu dróg.

Kolejne etapy opracowania obejmują implementację przyjętych zasad generalizacji w systemach DynaGEN i Clarity.

Implementacja wiedzy kartograficznej w systemie DynaGEN

DynaGEN jest komercyjnym systemem wspomagającym generalizację map i danych przestrzennych. Jest to system półautomatyczny, co oznacza że czynności generalizacyjne wymagające kontroli kartografa, muszą być wykonywane w trybie interaktywnym.

DynaGEN jest aplikacją pracującą na bazie systemu Dynamo, tzn. wykorzystuje środowisko graficzne, funkcje topologiczne i modele danych zdefiniowane w Dynamo (Chybicka, 2003). Program zapewnia dwa tryby operacji: tryb wsadowy (automatyczny) oraz tryb interaktywny, prowadzony pod nadzorem kartografa (Iwaniak, 2000). Dodatkowo w DynaGEN uwzględniono możliwość pracy interaktywnej, co oznacza, że operator może zmieniać wartości parametrów używając stosownych narzędzi i wizualnie oceniać zmieniające się wyniki generalizacji (Kazemi, Lim, 2005). Możliwa jest więc kontrola procesu generalizacji i dopiero

świadoma akceptacja wyników generalizacji powoduje zmiany na mapie lub w bazie danych (Chybicka i in., 2004a; 2004b).

Baza wiedzy w systemie DynaGEN składa się z dwóch zbiorów reguł. Pierwszy zawiera reguły wykonywane w trybie automatycznym i ma na celu wstępne przygotowanie danych. Drugi zbiór zawiera reguły opisujące podstawowe czynności generalizacyjne wykonywane interaktywnie i nadzorowane przez kartografa (Kazemi, Lim, 2005).

Tabela 1. Baza wiedzy w systemie DynaGEN. Poziom szczegółowości odpowiadający skali 1:500 000

Czynność generalizacyjna	Opis	Kryterium	Implementacja	Uwagi
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Lokalny wybór miejscowości w ramach powiatów	Wybór miejscowości powyżej 300 lub 400 mieszkańców, w zależności od wyników regionalizacji	Analizy atrybutowe i przestrzenne w systemie GeoMedia	–
2a	Wybór dróg	Wybór dróg krajowych i wojewódzkich	Analizy atrybutowe w systemie GeoMedia	–
2b	Wybór dróg	Odrzucenie odcinków dróg powiatowych zakończonych ślepo	Narzędzie <i>Free Endpoints</i> , analizy przestrzenne, GeoMedia	–
2c	Wybór dróg	Odrzucenie odcinków dróg gminnych zakończonych ślepo	Narzędzie <i>Free Endpoints</i> , analizy przestrzenne, GeoMedia	–
3	Dodatkowy wybór miejscowości	Odrzucenie miejscowości znajdujących się w odległości większej niż 3 mm od dróg	Bufor wokół dróg, analizy przestrzenne, GeoMedia	Uwzględnienie zależności przestrzennych między miejscowościami a drogami
4	Agregacja fragmentów konturów miejscowości	Łączenie przylegających części miejscowości	Operator <i>Area aggregation</i> , algorytm <i>Adjoining</i> , DynaGEN	–
5	Agregacja fragmentów konturów miejscowości w odległości do 0,5 mm	Łączenie dodatkowych części miejscowości	Operator <i>Area aggregation</i> , algorytm <i>Nonorthogonal</i> , wartość parametru 0,5 mm, DynaGEN	Wartość parametru <i>Hole Retention</i> dla województwa dolnośląskiego 20 mm, dla łódzkiego 40 mm
6	Selekcja konturów miejscowości	Usunięcie konturów miejscowości mniejszych niż 4 mm ²	Analizy atrybutowe, DynaGEN	–
7	Uproszczenie konturów miejscowości	–	Operator <i>Simplify area</i> , algorytm <i>Area preservation</i> , parametr <i>Area change allowed</i> 0,05 %	–
8	Uproszczenie przebiegu dróg	–	Operator <i>Simplify</i> , algorytm <i>Douglasa Peuckera</i> , parametr od 0,2 do 0,4 mm	–

Tabela 2. Baza wiedzy w systemie DynaGEN. Poziom szczegółowości odpowiadający skali 1:1 000 000

Czynność generalizacyjna	Opis	Kryterium	Implementacja
(1)	(2)	(3)	(4)
1	Wybór miejscowości przedstawionych za pomocą sygnatur	Wybór wszystkich miast, siedzib powiatów oraz gmin	Analiza atrybutowa, GeoMedia
2	Wybór dróg	Wybór dróg krajowych i wojewódzkich	Analizy atrybutowe, GeoMedia
3	Agregacja fragmentów konturów miejscowości	Łączenie przylegających konturów miejscowości	Operator <i>Area aggregation</i> , algorytm <i>Adjoining</i> , DynaGEN
4	Agregacja dodatkowych części miejscowości	Łączenie fragmentów konturów miejscowości w odległości do 0,5 mm	Operator <i>Area aggregation</i> , algorytm <i>Nonortho-gonal</i> , DynaGEN
5	Selekcja konturów miejscowości	Usunięcie konturów mniejszych niż 3 mm ²	Analizy atrybutowe, DynaGEN
6	Uproszczenie konturów miejscowości	–	Operator <i>Simplify area</i> , algorytm <i>Area preservation</i> , parametr <i>Area change allowed</i> 0,1%
7	Uproszczenie przebiegu dróg	–	Operator <i>Simplify</i> , algorytm <i>Douglasa Peuckera</i> , parametr od 0,3 do 0,4 mm

Dobór treści w każdej ze skal (1:500 000, 1:1 000 000) obejmował wykonanie odpowiednich analiz przestrzennych i atrybutowych w systemie GeoMedia. Operacje związane z agregacją i upraszczaniem obiektów przeprowadziłam w systemie DynaGEN. Ze względu na konieczność kontroli i oceny wyników generalizacji wszystkie kroki generalizacji osadnictwa i dróg wykonałam w trybie interaktywnym. Zaproponowane zasady generalizacji starałam się sformalizować, a następnie zaimplementować w systemach GeoMedia i DynaGEN oraz zweryfikować na obszarach badawczych obejmujących województwo dolnośląskie i łódzkie.

W tabelach 1 i 2 zestawiałam opracowany aparat badawczy w postaci wielu czynności generalizacyjnych oraz sposobu ich implementacji w DynaGEN, stanowiących bazę wiedzy dla omawianych stopni szczegółowości 1:500 000 i 1:1 000 000, w obu województwach.

Wyniki generalizacji uzyskane w systemie DynaGEN. Ograniczenia i problemy

Wyniki generalizacji dla obszaru województwa dolnośląskiego oraz łódzkiego do poziomów szczegółowości 1:500 000 i 1:1 000 000 przedstawiłam na rysunkach 1 i 2.

Analiza uzyskanych wyników generalizacji pozwala wyciągnąć kilka istotnych wniosków:

1. W trakcie implementacji sekwencji czynności generalizacyjnych w systemie DynaGEN napotkałam na trudności związane z identyfikacją odcinków dróg zakończonych ślepo. Ten problem pojawiał się również w badaniach dotyczących generalizacji opracowań wiel-

koskalowych (Chybicka i in., 2004a; 2004b). W tej sytuacji zdecydowałam się na wykorzystanie dodatkowego narzędzia analiz przestrzennych o nazwie *Free Endpoints*, z grupy *Spatial Tools* dostępnych w systemie GeoMedia. Niestety rezultaty generalizacji w tym zakresie, choć zdecydowanie bardziej poprawne, w dalszym ciągu nie są zadowalające (rys. 3). Wydaje się, że rozwiązanie tego problemu mogłaby stanowić implementacja własnych narzędzi analiz przestrzennych, co jednak w systemie DynaGEN, stanowiącym środowisko zamknięte, nie jest możliwe.

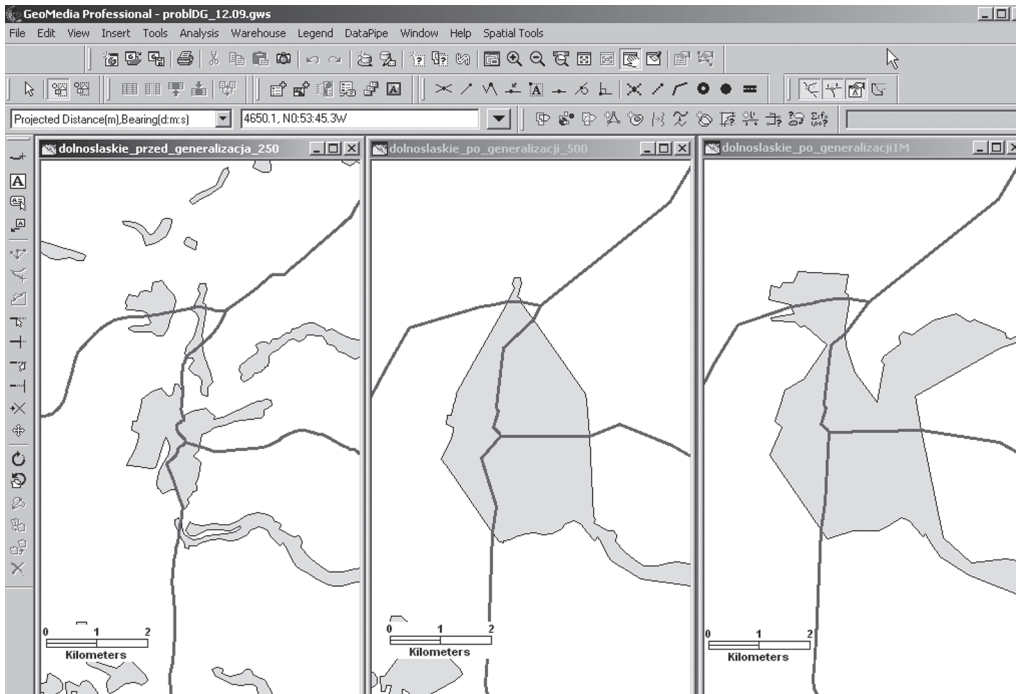
2. W zaproponowanych przeze mnie czynnościach generalizacyjnych dotyczących selekcji dróg kieruję się ich hierarchią, tzn. wybór dróg rozpoczynam od najwyższych kategorii, a więc dróg krajowych i wojewódzkich, następnie rozpatruję drogi powiatowe i gminne. Przy identyfikacji odcinków dróg powiatowych zakończonych ślepo odnoszę się więc do wybranych wcześniej warstw tematycznych. Odcinki dróg powiatowych zakończone ślepo to takie, które nie prowadzą do granicy województwa, wybranych miejscowości oraz dróg krajowych i wojewódzkich. Analogicznie odcinki gminne dróg zakończone ślepo nie prowadzą do wymienionych klas obiektów oraz wybranych dróg powiatowych. Natomiast spośród dróg gminnych starałam się zachować te, które stanowią ważne połączenia i prowadzą do miejscowości wybranych do prezentacji na omawianym poziomie skalowym. Okazuje się jednak, że podejście to nie w pełni pozwala na zachowanie ciągłości sieci drogowej. Ostatecznie dla poziomu szczegółowości 1:500 000 zdecydowałam się na zachowanie wszystkich odcinków dróg gminnych w obu województwach, z wyjątkiem fragmentów dróg zakończonych ślepo.

3. Specyficzny charakter procesu generalizacji map małoskalowych niejednokrotnie wymaga różnych rozwiązań tego samego problemu w zależności od otoczenia i kontekstu obiektów. W DynaGEN mamy możliwość generalizacji całych obszarów w ten sam sposób, brakuje możliwości wykonywania operacji alternatywnych, co w konsekwencji prowadzi do konieczności wykonywania generalizacji w trybie interaktywnym na niewielkich obszarach, albo w trybie automatycznym z manualną korektą wykonywaną przez kartografa. Przykładem mogą być trudności z identyfikacją odcinków dróg powiatowych stanowiących dodatkowe, niezbyt istotne z komunikacyjnego punktu widzenia połączenia dróg wyższych rzędów.

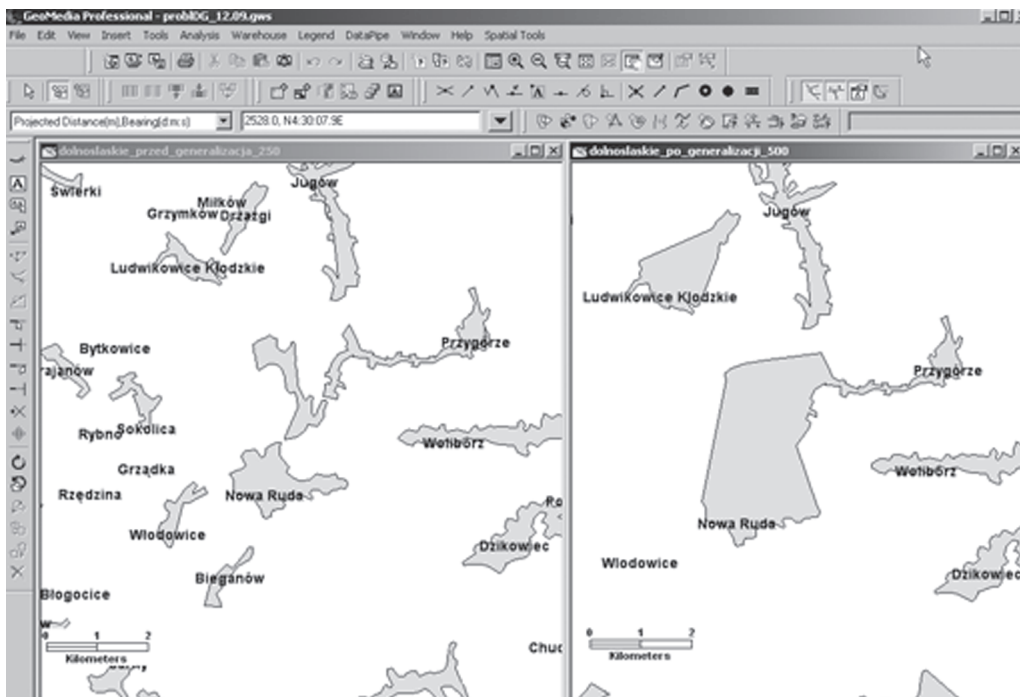
4. Obok gęstości oraz wielkości osiedla, czynnikiem, który w istotny sposób wpływa na sposób generalizacji jest jego kształt. Wiąże się on z potrzebą przewiększania lub przeszerzania obiektów podczas upraszczania ich konturów. Zaimplementowane w systemie DynaGEN algorytmy upraszczania konturów miejscowości dostosowane są do skal dużych, co powoduje dość znaczne, nie zawsze poprawne uproszczenia konturów miejscowości (rys. 3). W prowadzonych badaniach wartość parametru upraszczania dobrałam drogą eksperymentalną, kierując się potrzebą zachowania charakterystycznych cech generalizowanych osiedli.

5. Bardzo istotnym ograniczeniem związanym z agregacją konturów zabudowy jest brak możliwości łączenia konturów, spełniających nie tylko warunek wzajemnej odległości, ale również warunek takiej samej nazwy miejscowości. W efekcie, w wyniku agregacji, dwie miejscowości o różnych nazwach, ale spełniające tylko warunek wzajemnej odległości, zostały ze sobą połączone (rys. 4). Wyniki agregacji konturów zabudowy wskazują wyraźnie na potrzebę rozbudowy systemu o bardziej zaawansowane narzędzia analiz przestrzennych oraz algorytmy generalizacji, pozwalające na wykonywanie operacji kontekstowych jak „połącz wybrane obiekty” (np. o tych samych nazwach i w danej odległości).

6. Zaimplementowane w systemie DynaGEN algorytmy agregacji powodują dość duże i nie zawsze poprawne uproszczenia kształtów oraz znaczne przewiększenie generalizowa-



Rys. 3. Przykład zbyt dużego uproszczenia kształtu konturu zabudowy Kłodzka



Rys. 4. Przykład niepoprawnej agregacji miejscowości

nych obiektów (rys. 6), w efekcie czego kontury zabudowy są upraszczane już na etapie ich agregacji.

7. Brak narzędzi i algorytmów pozwalających na określenie minimalnej szerokości, bądź stopnia przeszerzenia konturu zabudowy po agregacji, co skutkuje nadmiernym przewężaniem generalizowanych konturów.

Implementacja wiedzy kartograficznej w systemie Clarity

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 et al., 2007; Revell, 2008).

System Clarity został opracowany z myślą o komercyjnej produkcji map topograficznych, a także rozwoju badań związanych z automatyzacją procesu generalizacji (Hardy et al., 2003; Clarity concepts..., 2007). Zasadnicze zalety systemu to: budowa struktury topologicznej obiektów *on-line* w trakcie importu danych, możliwość wykonywania analiz kontekstowych pozwalających na całościową generalizację grup obiektów; obiektowa struktura bazy danych pozwalająca na realizowanie czynności generalizacyjnej na poziomie lokalnym (przypisanie algorytmu generalizacji do obiektu w zależności od jego otoczenia i relacji przestrzennych z innymi obiektami) oraz możliwość pracy iteracyjnej (uzyskiwanie optymalnego wyniku generalizacji metodą kolejnych powtórzeń, przybliżeń). Niewątpliwą zaletą stanowi również fakt, że jest to środowisko otwarte, w którym za pomocą wewnętrznego języka programowania *Lull* lub języka programowania *Java* można zaimplementować własne narzędzia i algorytmy generalizacji.

W systemie Clarity zaprojektowano dwa tryby pracy: tryb „agentowy”², w którym obiekty geograficzne modelowane są w postaci autonomicznych „agentów” oraz tryb sekwencyjny, umożliwiający implementację własnych narzędzi i algorytmów generalizacji. Tryb agentowy jest trybem bardziej specjalistycznym niż tryb sekwencyjny, umożliwia wykonywanie operacji kontekstowych, z uwzględnieniem specyfiki i otoczenia obiektów. Jednocześnie jest bardziej skomplikowany i trudny do implementacji. Algorytmy i operatory generalizacji w trybie agentowym zaimplementowanym w Clarity zostały dostosowane do generalizacji opracowań wielkoskalowych, dlatego też, jak również ze względu na możliwości porównania systemu Clarity z systemem DynaGEN, prowadzone badania zostały wykonane w drugim z wymienionych trybów, a więc trybie sekwencyjnym.

Ze względu na brak odpowiednich funkcji w systemie Clarity opracowałam narzędzia: *Install display method* oraz *Copy schema*. Pierwsze z nich umożliwiło wizualizację wyników generalizacji w odpowiednio zdefiniowanej stylistyce graficznej, drugie pozwala na wykonanie kopii schematu generalizowanej bazy danych w celu porównania danych przed i po generalizacji, a więc oceny poprawności wyników.

² Koncepcja agentów oraz systemów wieloagentowych (takich, w których działa więcej niż jeden agent) należy do domeny sztucznej inteligencji (*Artificial Intelligence*) (Duchene, 2003a). Zgodnie z definicją zaproponowaną przez Lucka (1997) agent jest programem zdolnym do kontroli i oceny podejmowanych przez siebie działań, w oparciu o rozpoznawanie otaczającego go środowiska. Technologia systemów wieloagentowych jest wykorzystywana również do modelowania złożonych, dynamicznych i otwartych aplikacji, np. w planowaniu produkcji, sterowaniu ruchem, zarządzaniu przepływem czynności oraz w coraz większym stopniu w Internecie (Michalewicz, Fogel, 2006).

Istotnym elementem w tym systemie jest opracowany element wzbogacenia struktury BDO w formie 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 ściśle powiązanie generalizowanych warstw tematycznych. Opracowałam również algorytm *Cluster settlements*, pozwalający na kontekstową agregację i poprawne upraszczanie konturów miejscowości oraz narzędzia *Point city deletion* i *Point city outline deletion*, umożliwiające kontekstową selekcję miejscowości prezentowanych za pomocą sygnatur. Opracowane narzędzia i algorytmy występują w systemie Clarity w postaci nowych funkcji programu.

W skład bazy wiedzy w systemie Clarity wchodzi czynności generalizacyjne wraz z ich implementacją w formie algorytmów lub odpowiednich narzędzi generalizacyjnych, dostępnych w systemie oraz opracowanych na potrzeby omawianego eksperymentu badawczego, zebrane w tabelach 3 i 4.

Tabela 3. Baza wiedzy w systemie Clarity. Poziom szczegółowości odpowiadający skali 1:1 000 000

Czynność generalizacyjna	Opis	Kryterium	Implementacja
(1)	(2)	(3)	(4)
1	Definicja sposobu wizualizacji generalizowanych klas obiektów	Opracowanie metod wyświetlania klas obiektów	Opracowanie narzędzia <i>Install display method*</i>
2	Kopia schematu danych	Kopia klas obiektów i ich atrybutów	Opracowanie narzędzia <i>Copy schema*</i>
3	Wybór miejscowości	Wybór miast oraz siedzib władz powiatowych i gminnych	Opracowanie narzędzia <i>Point city deletion*</i>
4	Wybór dróg	Wybór dróg krajowych i wojewódzkich	Analiza atrybutowa
5	Agregacja miejscowości przedstawionych za pomocą konturu	Łączenie konturów miejscowości o tej samej nazwie, będących w odległości do 0,5 mm od siebie	Opracowanie algorytmu <i>Cluster settlements*</i> , wykorzystanie algorytmu <i>Action polygon erode</i>
6	Usunięcie mniejszych konturów	Usunięcie konturów miejscowości o powierzchni mniejszej niż 3 mm ²	Wykorzystanie narzędzia <i>Delete small areas</i>
7	Uproszczenie konturów miejscowości przedstawionych za pomocą konturu	–	Wykorzystanie narzędzia <i>Action polygon simplify</i> , wartość tolerancji od 0,1 do 0,2 mm
8	Uproszczenie przebiegu dróg	–	Wykorzystanie narzędzia <i>Action line simplify</i> , wartość tolerancji 0,1 mm

* Algorytmy i narzędzia generalizacji opracowane przez autorkę na potrzeby jej pracy doktorskiej.

Tabela 4. Baza wiedzy w systemie Clarity. Poziom szczegółowości odpowiadający skali 1: 500 000

Czynność generalizacyjna	Opis	Kryterium	Implementacja	Uwagi
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	Lokalny wybór miejscowości w ramach powiatów	Odrzucono miejscowości poniżej 300 lub 400 mieszkańców w zależności od wyników regionalizacji	Analizy atrybutowe i przestrzenne w systemie GeoMedia	–
2	Definicja sposobu wizualizacji generalizowanych klas obiektów	Opracowanie metod wyświetlania klas obiektów	Opracowanie narzędzia <i>Install display method*</i>	–
3	Kopia schematu danych	Kopia klas obiektów i ich atrybutów	Opracowanie narzędzia <i>Copy schema*</i>	–
4	Opracowanie połączeń tzw. link w BDO	Połączenia za pomocą linków między drogami a miejscowościami oraz między miejscowościami a zabudową	Opracowanie narzędzia <i>Urban linking*</i> oraz <i>Urban road linking*</i>	Wzbogacenie struktury BDO (<i>data enrichment</i>)
5	Opracowanie struktury topologicznej dróg	Budowa hierarchii sieci dróg	Wykorzystanie narzędzia <i>Topological structuring</i>	–
6a	Wybór dróg	Wyszukanie odcinków dróg powiatowych i gminnych zakończonych ślepo	Wykorzystanie narzędzia <i>Detect dead ends</i>	–
6b	Wybór dróg	Odrzucenie odcinków dróg powiatowych i gminnych zakończonych ślepo	Analizy atrybutowe, wykorzystanie narzędzia <i>Delete objects</i>	–
7	Dodatkowa selekcja miejscowości	Odrzucenie miejscowości wraz z konturem niezwiązanych z żadną pozostawioną drogą	Opracowanie narzędzia <i>Point city outline deletion*</i>	Uwzględnienie zależności przestrzennych między drogami a miejscowościami
8	Agregacja miejscowości przedstawionych za pomocą konturów	Łączenie oddzielnych konturów tej samej miejscowości położonych w odległości mniejszej niż 0,5 mm	Opracowanie algorytmu <i>Cluster settlements*</i> , wykorzystanie algorytmu <i>Action polygon erode*</i>	–
9	Usunięcie mniejszych konturów	Usunięcie konturów miejscowości o powierzchni mniejszej niż 4 mm ²	Wykorzystanie narzędzia <i>Delete small areas</i>	–
10	Uproszczenie konturów miejscowości przedstawionych za pomocą konturu	–	Wykorzystanie narzędzia <i>Action polygon simplify</i> , wartość tolerancji 0,2 mm	–
11	Uproszczenie przebiegu dróg	–	Wykorzystanie narzędzia <i>Action line simplify</i> , wartość tolerancji 0,2 mm	–

* Algorytmy i narzędzia generalizacji opracowane przez autorkę na potrzeby jej pracy doktorskiej.

Wyniki generalizacji uzyskane w systemie Clarity. Ograniczenia i problemy

Wyniki generalizacji osadnictwa i sieci drogowej w województwach dolnośląskim i łódzkim do poziomów szczegółowości 1:500 000 i 1:1 000 000 przedstawiłam na rysunkach 7 i 8.

Implementacja i weryfikacja zaproponowanego aparatu badawczego w środowisku programowym Clarity pozwoliła na sformułowanie następujących wniosków:

1. Opracowanie narzędzia (tzw. *link* w BDO) pozwoliło na wzbogacenie struktury bazy przez powiązanie ze sobą dwóch generalizowanych warstw tematycznych, a w konsekwencji na bardziej spójną i współzależną generalizację dróg i osadnictwa.

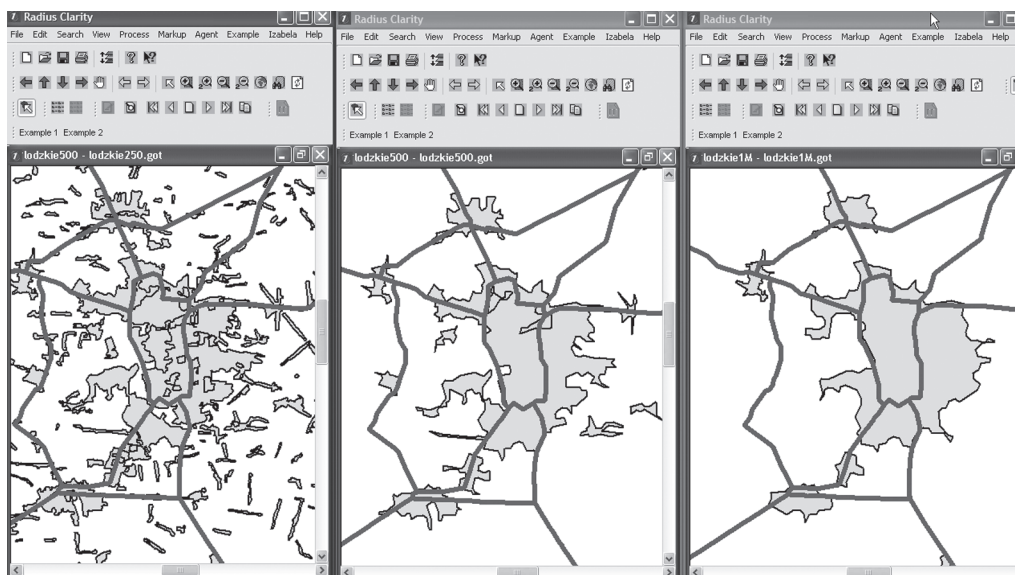
2. W trakcie implementacji sekwencji czynności generalizacyjnych w systemie Clarity napotkałam na trudności związane z identyfikacją ślepo zakończonych odcinków dróg. Do ich identyfikacji wykorzystałam narzędzie *Detect dead ends*. Niestety rezultaty generalizacji w tym zakresie nie są zadowalające. Przykładem są drogi prowadzące do granicy województwa błędnie identyfikowane przez system jako drogi zakończone ślepo oraz drogi "wtórnie" ślepo zakończone, powstałe wskutek usunięcia innych dróg.

3. Specyficzny charakter procesu generalizacji map małoskalowych niejednokrotnie wymaga różnych podejść do rozwiązań tego samego problemu, w zależności od otoczenia i kontekstu obiektów. Przy implementacji czynności generalizacyjnej związanej z selekcją dróg gminnych pojawiły się trudności z identyfikacją dróg, stanowiących ważne połączenia drogowe. Rozwiązaniem tego problemu może być próba selekcji dróg w trybie agentowym lub implementacja teorii grafów w środowisku Clarity i jej wykorzystanie do kontekstowej generalizacji sieci dróg (Richardson, Thomson, 1996; Thomson, Brooks, 2000; Touya, 2007).

4. Zastosowanie algorytmów *Cluster settlements* oraz *Action polygon erode* pozwoliło na uzyskanie bardziej poprawnych, z kartograficznego punktu widzenia, wyników agregacji części miejscowości przedstawionych w postaci konturów. W systemie Clarity istnieje możliwość agregacji miejscowości na podstawie ich wzajemnej odległości za pomocą algorytmu *Clustering*, niestety może to prowadzić do łączenia nawet kilku różnych miejscowości (podobnie jak w systemie DynaGEN). Modyfikacja algorytmu agregacji miejscowości prezentowanych za pomocą konturów w Clarity umożliwiła łączenie wybranych części miejscowości na podstawie warunku tej samej nazwy miejscowości oraz znajdujących się w odpowiedniej odległości od siebie. Natomiast zastosowanie algorytmu *Action polygon erode*, wywodzącego się z morfologii matematycznej, umożliwiło zachowanie poprawnych kształtów obiektów po generalizacji (rys. 9).

5. Algorytmy agregacji i upraszczania konturów miejscowości zaimplementowane w systemie Clarity pozwoliły na uzyskanie wyników generalizacji bardziej poprawnych z kartograficznego punktu widzenia niż algorytmy dostępne w systemie DynaGEN (rys. 10 i 11).

6. Aby uniknąć nadmiernego przewężania konturów zabudowy, bazę wiedzy opracowaną w systemie Clarity należałoby rozbudować o dodatkowe narzędzia i algorytmy generalizacji definiujące minimalną szerokość lub stopień przeszerzenia konturu. Jak wynika z przeprowadzonych przeze mnie analiz, racjonalnym rozwiązaniem, w przypadku wydłużonych miejscowości, wydaje się maksymalnie dwukrotne przeszerzenie konturów.



Rys. 9. Przykład łączenia i upraszczania miejscowości w systemie Clarity – Łódź

Podsumowanie i wnioski

W artykule opisałam proces generalizacji osadnictwa i sieci dróg Bazy Danych Ogólnogeograficznych w województwie dolnośląskim i łódzkim. Scharakteryzowałam wykorzystane w tym celu narzędzia badawcze systemów DynaGEN i Clarity, oceniając możliwości i ograniczenia obu systemów w odniesieniu do wspomagania procesu generalizacji opracowań małoskalowych. Zaproponowałam także aparat badawczy w postaci wielu następujących po sobie czynności generalizacyjnych oraz jego implementację w omawianych systemach.

Podsumowując przeprowadzone eksperymenty generalizacji należy zauważyć, że algorytmy generalizacji zawarte w systemach DynaGEN i Clarity w wersji podstawowej zostały dostosowane głównie do potrzeb generalizacji opracowań w skalach dużych, stąd dla opracowań w skalach małych zachodzi konieczność ich rozbudowy o dodatkowe narzędzia generalizacji. Niestety w systemie DynaGEN nie ma takiej możliwości, dlatego do przeprowadzenia eksperymentów badawczych wykorzystywałam zaimplementowane w tym środowisku algorytmy i narzędzia generalizacji, posilując się systemem GeoMedia w zakresie zaawansowanych analiz przestrzennych i atrybutowych. Z kolei w systemie Clarity, stanowiącym środowisko otwarte, istnieje możliwość opracowania własnych narzędzi oraz modyfikacji istniejących algorytmów generalizacji, co ułatwia dostosowanie systemu do generalizacji opracowań w skalach przeglądowych.

Istotnym ograniczeniem obu systemów wspomagających generalizację jest brak podstawowych operatorów przestrzennych definiujących relacje między generalizowanymi obiektami, takich jak dotykanie (*touch*) czy zawierania (*contain*), a także zaawansowanych narzędzi analiz przestrzennych, takich jak „różnica przestrzenna” (*spatial difference*) czy „przecięcie przestrzenne” (*spatial intersection*). W podstawowych wersjach programów mamy możliwość wykonywania jedynie prostych zapytań atrybutowych.

Specyficzny charakter procesu generalizacji map małoskalowych niejednokrotnie wymaga różnych rozwiązań tego samego problemu, w zależności od otoczenia i kontekstu obiektów. W tym świetle kolejnym istotnym ograniczeniem omawianych systemów jest brak algorytmów generalizacji o charakterze kontekstowym, pozwalających na implementację czynności generalizacyjnych na wysokim poziomie conceptualnym typu „połącz wybrane obiekty”. Przykładem może być agregacja części miejscowości o tych samych nazwach i w danej odległości od siebie, która w systemie DynaGEN nie jest możliwa do zaimplementowania. Rozwiązaniem tego problemu jest opracowane w systemie Clarity narzędzie *Cluster settlements*. Podobnie przy implementacji czynności generalizacyjnej związanej z selekcją dróg gminnych pojawiły się trudności z identyfikacją dróg stanowiących ważne połączenia. Rozwiązaniem tego problemu może być próba selekcji dróg w trybie agentowym lub implementacja teorii grafów w środowisku Clarity i jej wykorzystanie do generalizacji kontekstowej.

Literatura

- Barrault M., Regnaud N., Duchene C., Haire K., Baeijs C., Damazeau Y., Hardy P., Mackaness W.A., Ruas A., Weibel R., 2001: Integrating multi-agent object-oriented and algorithmic techniques for improved automated map generalization. Proceedings of the XX International Cartographic Conference. Pekin, Vol. 3, 2110-2116.
- Chybicka I., 2003: Agregacja parcel i generalizacja sieci dróg na mapach topograficznych w skali 1:10 000. Praca magisterska, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu.
- Chybicka I., Iwaniak A., Ostrowski W., Paluszyński W., 2004a: Generalizacja danych topograficznych o szczegółowości 1:10 000 do skali 1:50 000. Cz. II. *Polski Przegląd Kartograficzny*, T. 36, nr 4, s. 266-273.
- Chybicka I., Iwaniak A., Ostrowski W., 2004b: Generalization of the Topographic Database to the Vector Map Level 2 - the components of the Polish National Geographic Information System. ICA Workshop on Generalization and Multiple Representation, Leicester.
<http://ica.ign.fr/Leicester/paper/Chybicka-v2-ICAWorkshop.pdf>
- Clarity concepts, 2007, płyta CD.
- Duchene C., 2003: Automated map generalisation using communicating agents, Proceedings of the XXI International Cartographic Conference. Durban, płyta CD.
- Edwardes A., Burghardt D., Bobzien M., Harrie L., Reichenbacher T., Sester M., Weibel R., 2003: Map generalization technology: addressing the need for a common research platform. Proceedings of the XXI International Cartographic Conference. Durban, płyta CD.
- Edwardes A., Burghardt D., Neun M., 2007: Experiments in building an open generalisation system. [In:] Mackaness W.A., Ruas A., Sarjakoski L.T., (eds.), Generalisation of geographic information: cartographic modelling and applications. Oxford: Elsevier, 161-175.
- Hardy P., Hayles M., Revell P., 2003: Clarity - a new environment for generalisation using agents, java, xml and topology. ICA Workshop on Generalization and Multiple Representation, Paryż.
http://ica.ign.fr/BDpubli/paris2003/papers/hardy_et_al_v1.pdf
- Iwaniak A., 2000: Narzędzia programowe wspomagające proces generalizacji. [W:] Główne problemy współczesnej kartografii. Złożoność, modelowanie, technologia. Uniwersytet Wrocławski, Wrocław, 25-30.
- Karsznia I., 2010: Podstawy metodyczne automatyzacji generalizacji wybranych elementów Bazy Danych Ogólnogeograficznych. Praca doktorska, Uniwersytet Warszawski.
- Kazemi, S., Lim, S., 2005: Generalization of road network using intergraph DynaGen system. Proceedings of the SSC 2005 Spatial Intelligence, Innovation and Praxis: The National Biennial Conference of the Spatial Sciences Institute, Melbourne, 1-12.
- Keates J., 1989: Cartographic design and production, Harlow, Longman.
- Lecordix F., Regnaud N., Meyer M., Flechir A., 2005: MAGNET consortium. ICA Workshop on Generalization and Multiple Representation, A Coruna.
http://aci.ign.fr/Acoruna/Papers/Lecordix_Regnaud_et_al.pdf

- Lecordix F., Trevisan J., Le Gallic 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 Gallic J. M., Gondol L., Braun A., 2007, Developement 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.
- Mackaness W. A., Ruas A., Sarjakoski L.T., 2007, Observations and research challenges in map generalisation and multiple representation. [In:] Mackaness W.A., Ruas A., Sarjakoski L.T., (eds.), *Generalisation of geographic information: cartographic modelling and applications*. Oxford: Elsevier, 315-323.
- Michalewicz Z., Fogel D.B., 2006: *Jak to rozwiązać, czyli nowoczesna heurystyka*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- Muller J.C., Weibel R., Lagrange J.P., Salge F., 1995: Generalization: state of the art and the issues. [In:] Muller J.C., Lagrange J.P., Weibel R., (eds), *GIS and generalization, GISDATA 1*, Taylor and Francis, 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
- Ostrowski W., 2008: *Semiotyczne podstawy projektowania map topograficznych na przykładzie prezentacji zabudowy*. Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa.
- Revell P., 2008: A review of the Clarity generalization platform and the customisations developed at Ordnance Survey research. ICA Workshop on Generalization and Multiple Representation, Montpellier.
http://aci.ign.fr/montpellier2008/papers/17_Revell.pdf
- Richardson D.E., Thomson R.C., 1996: Integrating thematic, geometric and topologic information in the generalization of road networks. Monografia nr 14, *Spatial, semantic and temporal data intergration for application in remote sensing and geographic information systems, Cartographica*, Vol. 33, nr 1, 75-83.
- Sabo M.N., Bedard Y., Moulin B., Bernier E., 2008: Toward self-generalizing objects and on-the-fly map generalization. *Cartographica* Vol. 43, no. 3, 155-173.
- Thomson R.C., Brooks R., 2000: Efficient generalisation and abstraction of network data using perceptual grouping. Proceedings of the 5th International Conference on Geocomputation.
<http://www.geocomputation.org/2000/GC029/Gc029.htm>
- Touya G., 2007: A road network selection process based on data enrichment and structure Detection. ICA Workshop on Generalization and Multiple Representation, Moskwa.
<http://aci.ign.fr/BDpubli/moscow2007/Touya-ICAWorkshop.pdf>

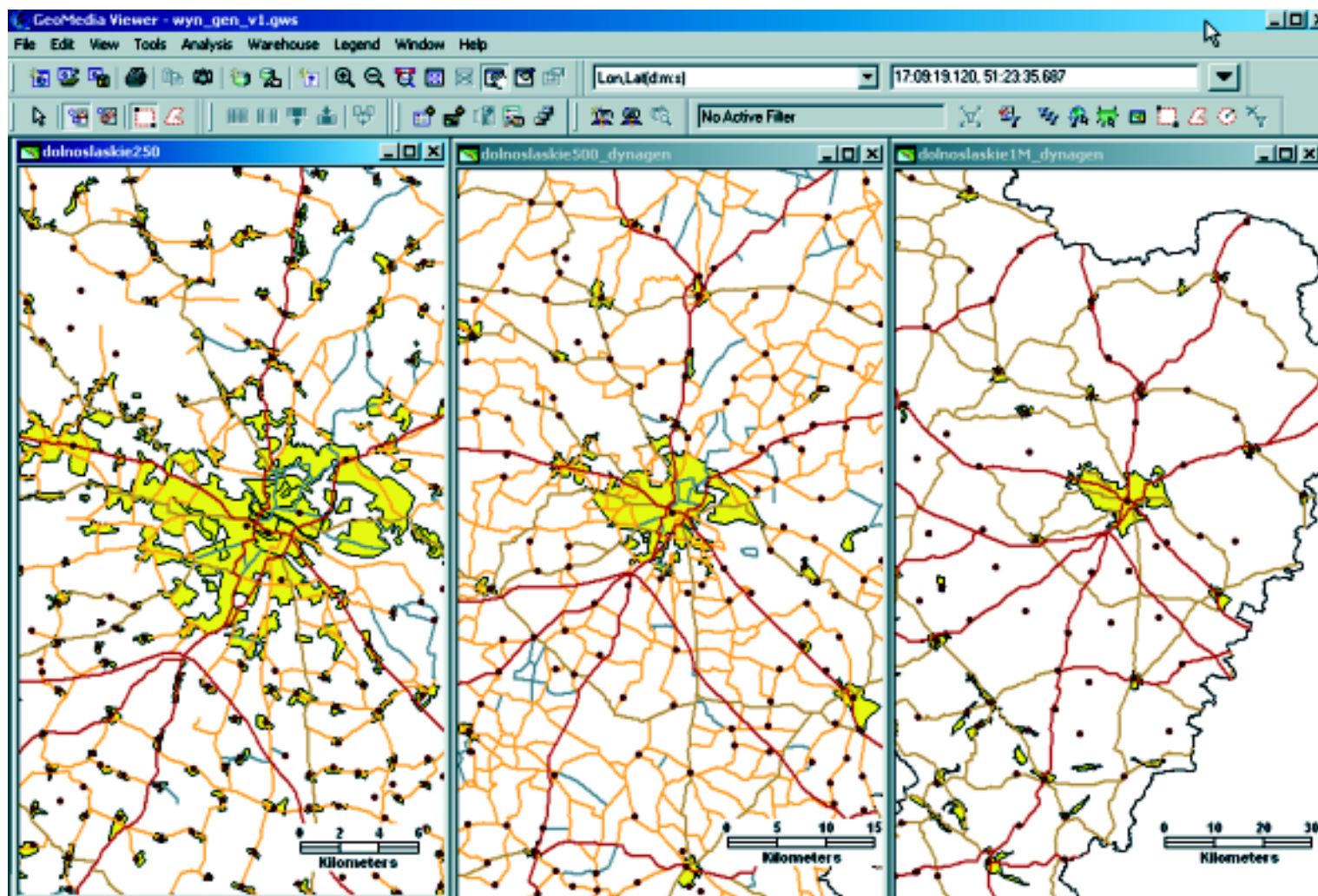
Abstract

The approach to the generalization process has been strongly modified over the last decades. At the beginning, the generalization process was considered in a context of the art, which was very subjective and dependent on experience and decisions taken by a cartographer (J. Keates, 1989). With development of geographic information systems, the importance of automation in the generalization process has grown. Nowadays, it is not any more treated as the only stage in map production but rather as one of its major elements as well as the greatest challenge of modern cartography. W. A. Mackaness et al. (2007) believe that computer generalization means currently more than just automation of cartographer's work. It means modelling of geographic space by taking into account not only its geometry but also the relations between generalized objects with their special features. Over the last twenty years, computer generalization has changed from pure algorithmic approach almost exclusively based on geometry of objects into an advanced decisive process led by use of the most up-to-date technologies and GIS systems.

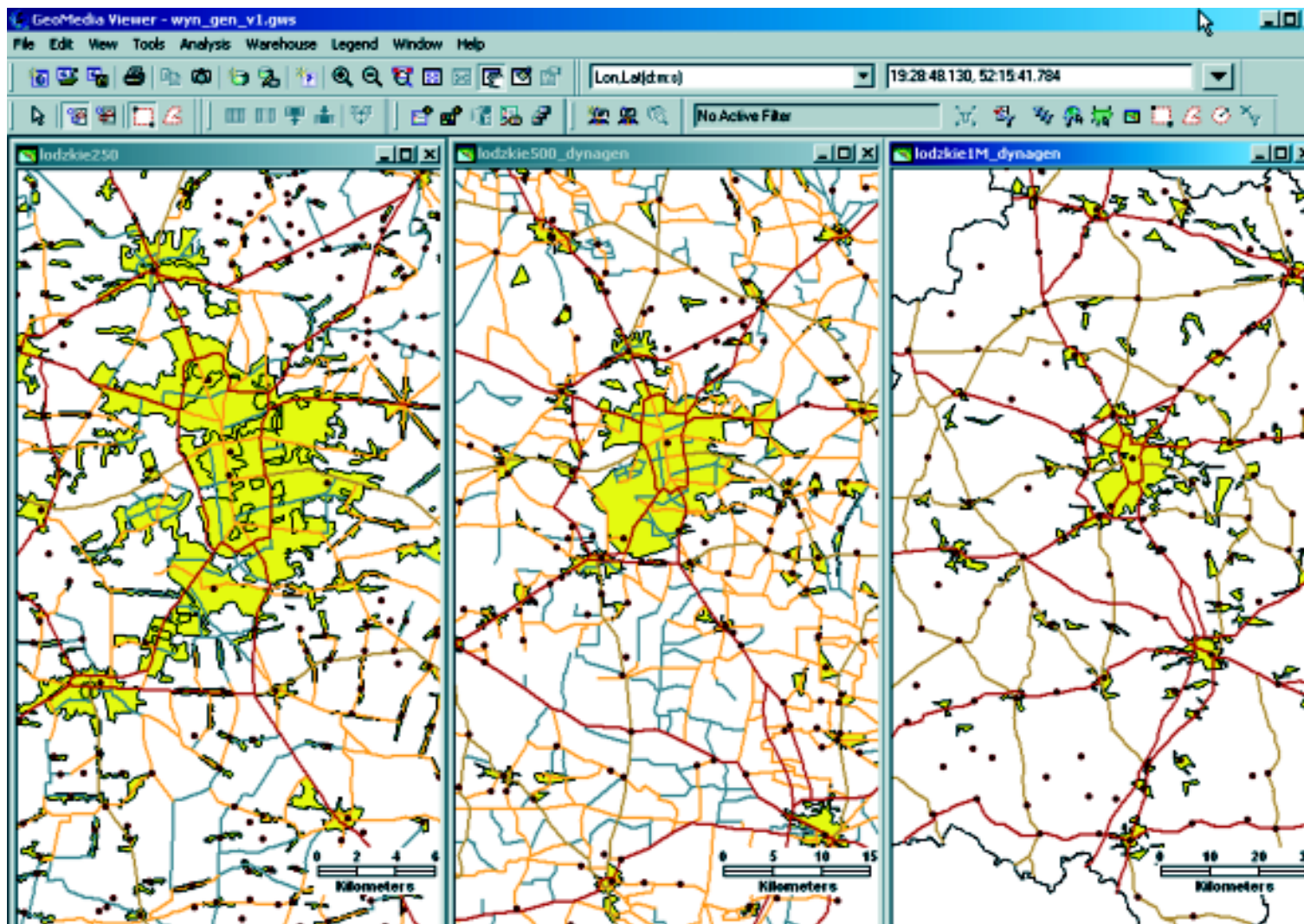
The aim of this paper is an attempt to determine possibilities and limits in applications of modern GIS systems in generalization of settlements and road networks in the General Geographic Database (GGD) – from the scale of 1:250,000 to the scales of 1:500,000 and 1:1,000,000.

The range of the attempts covers conducting experiments in generalization of settlements and road networks in the GGD in two – currently most advanced commercial systems used in supporting the computer generalization process: DynaGEN (by Intergraph) and Clarity (by ISpatial). In the performed studies based on the experiments conducted an assessment of both systems was made in the light of their usability in small scales generalization (in such aspects as settlement selection, aggregation and simplification of settlements' outlines, context generalization of road networks). In addition, the possibility to extend the systems by implementing additional spatial analytical tools and generalization algorithms was also indicated.

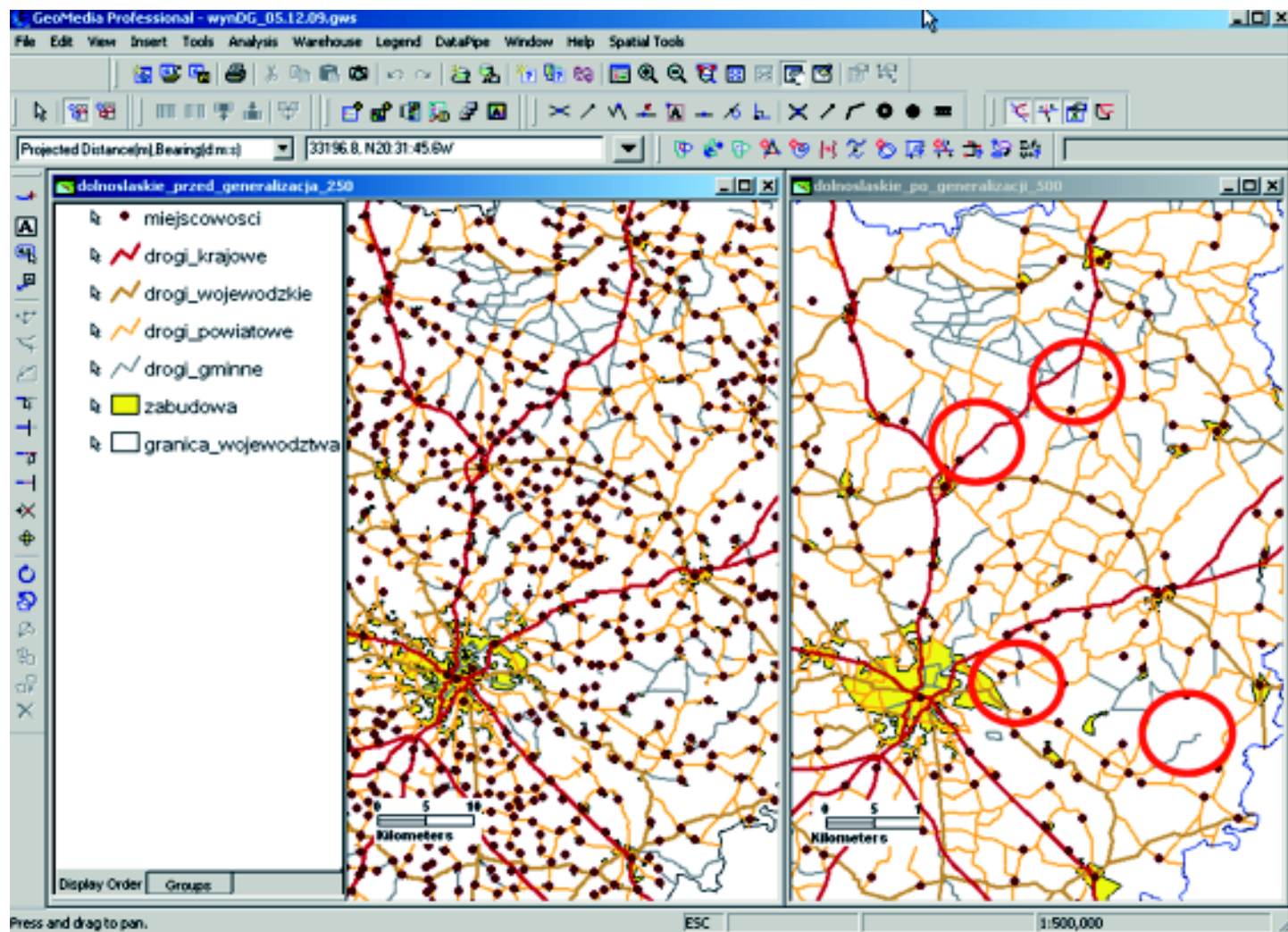
dr inż. Izabela Karsznia
i.chybicka@uw.edu.pl
tel. +48 22 552-15-11



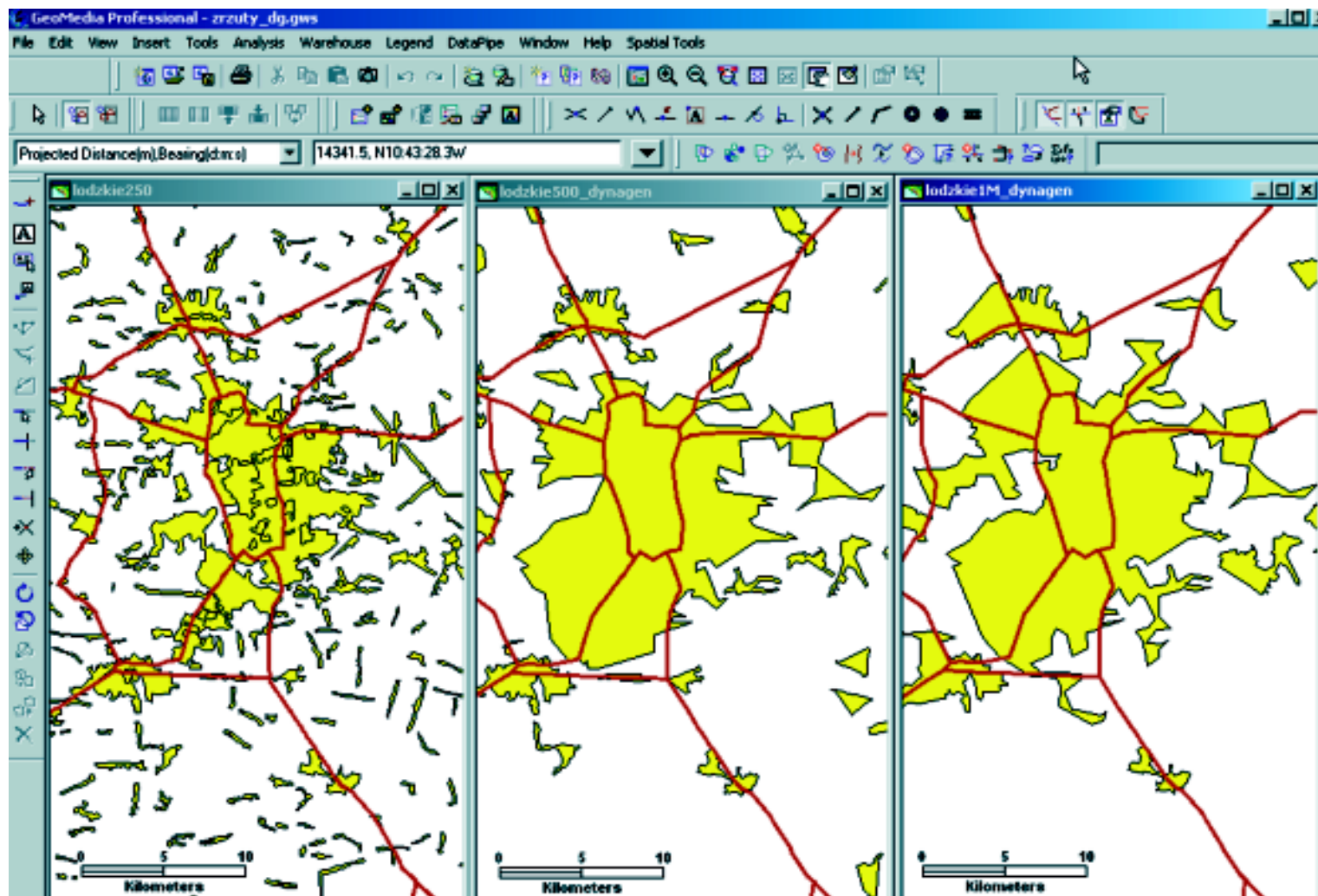
Rys. 1. Wynik generalizacji okolic Wrocławia w systemie DynaGEN



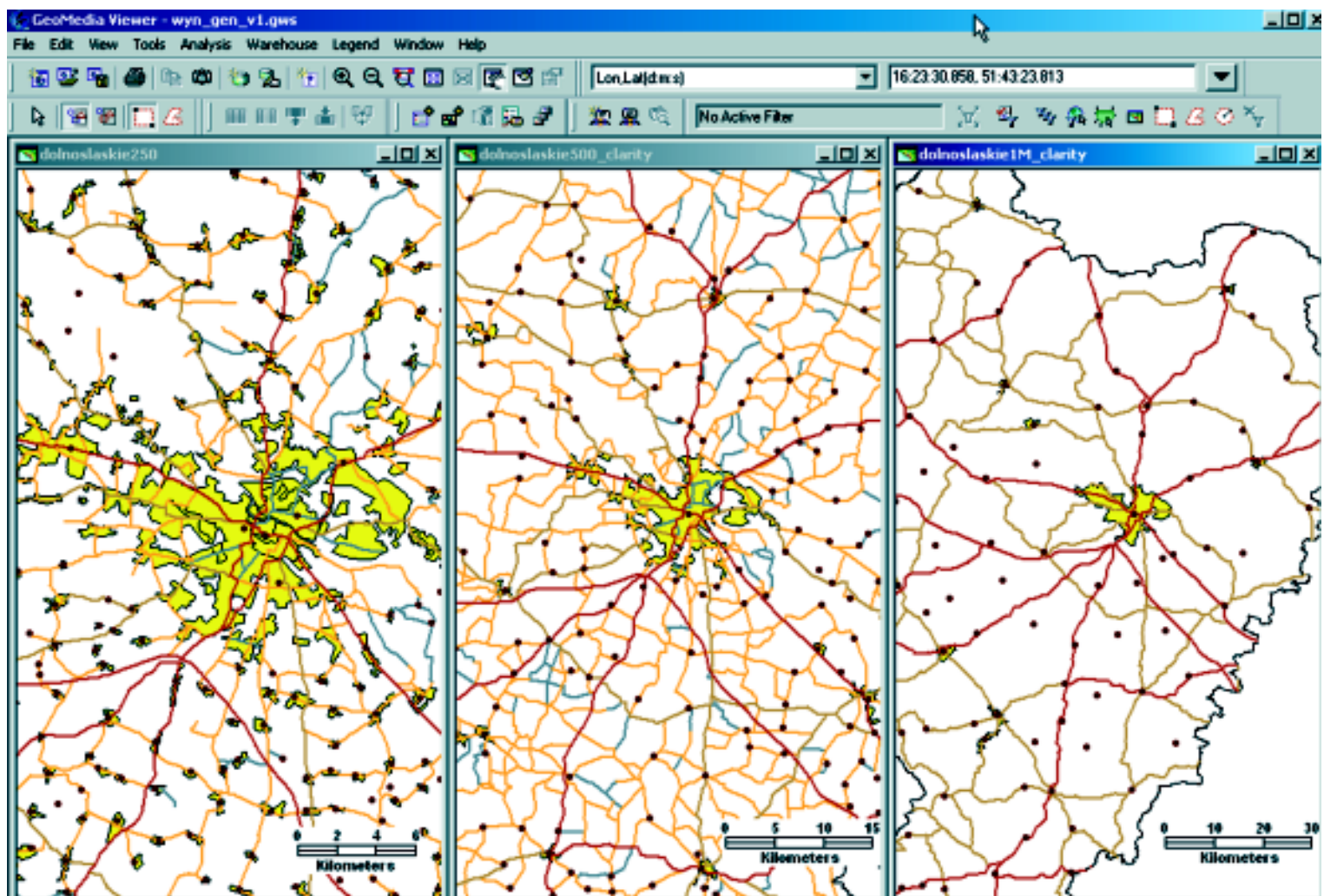
Rys. 2. Wynik generalizacji okolic Łodzi w systemie DynaGEN



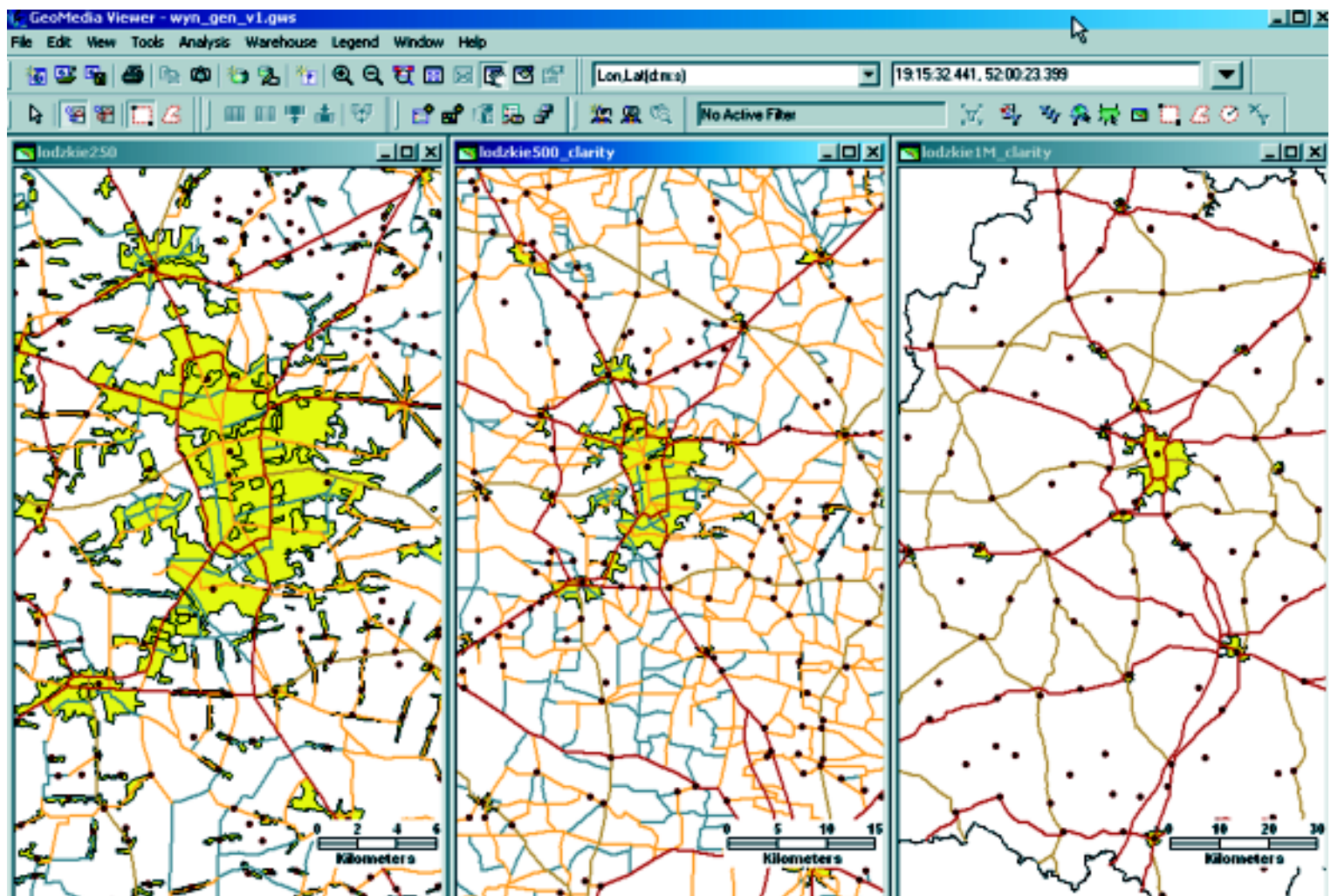
Rys. 5. Przykład niedokładnej identyfikacji odcinków dróg powiatowych zakończonych ślepo



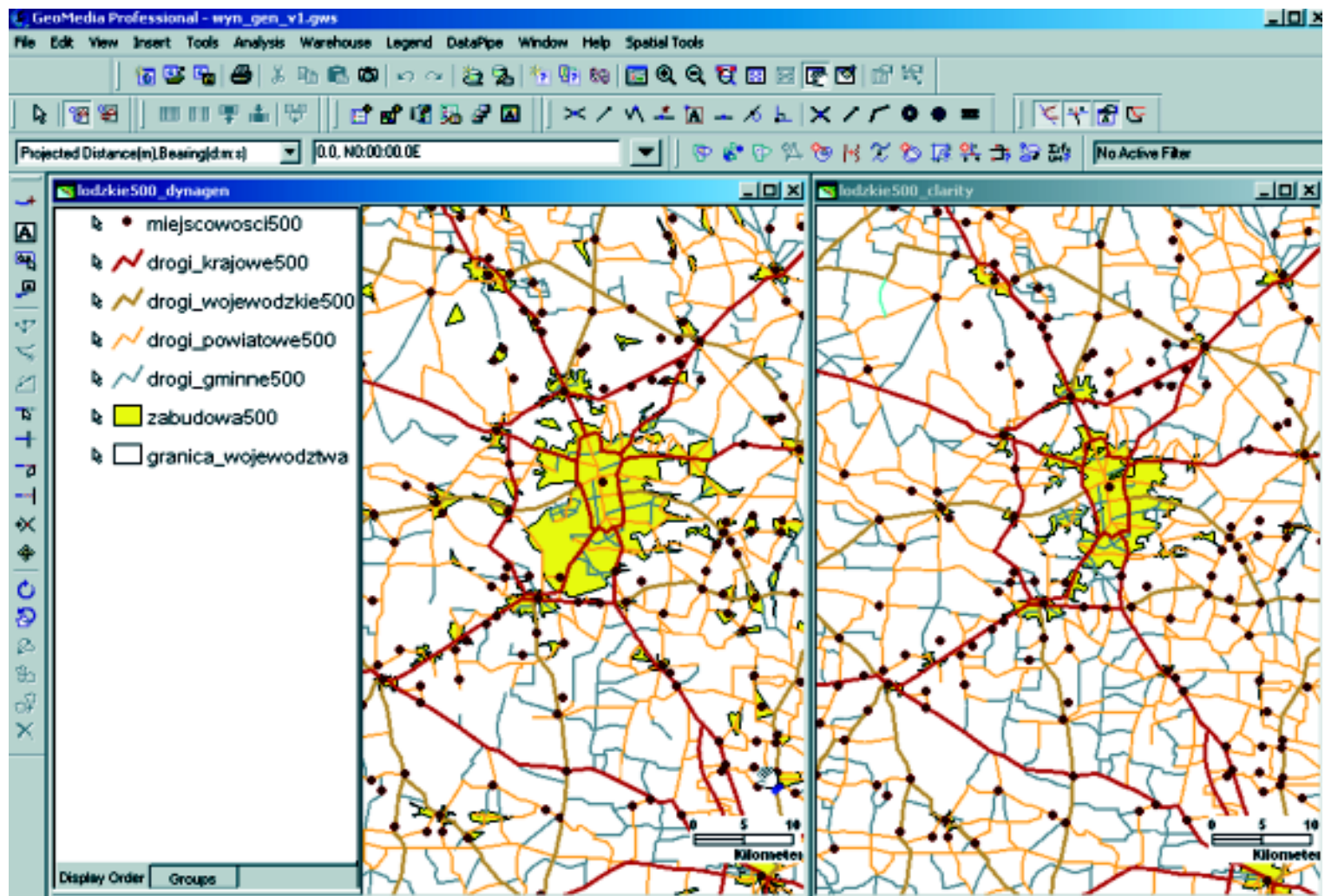
Rys. 6. Przykład agregacji i uproszczenia konturu Łodzi w systemie DynaGEN



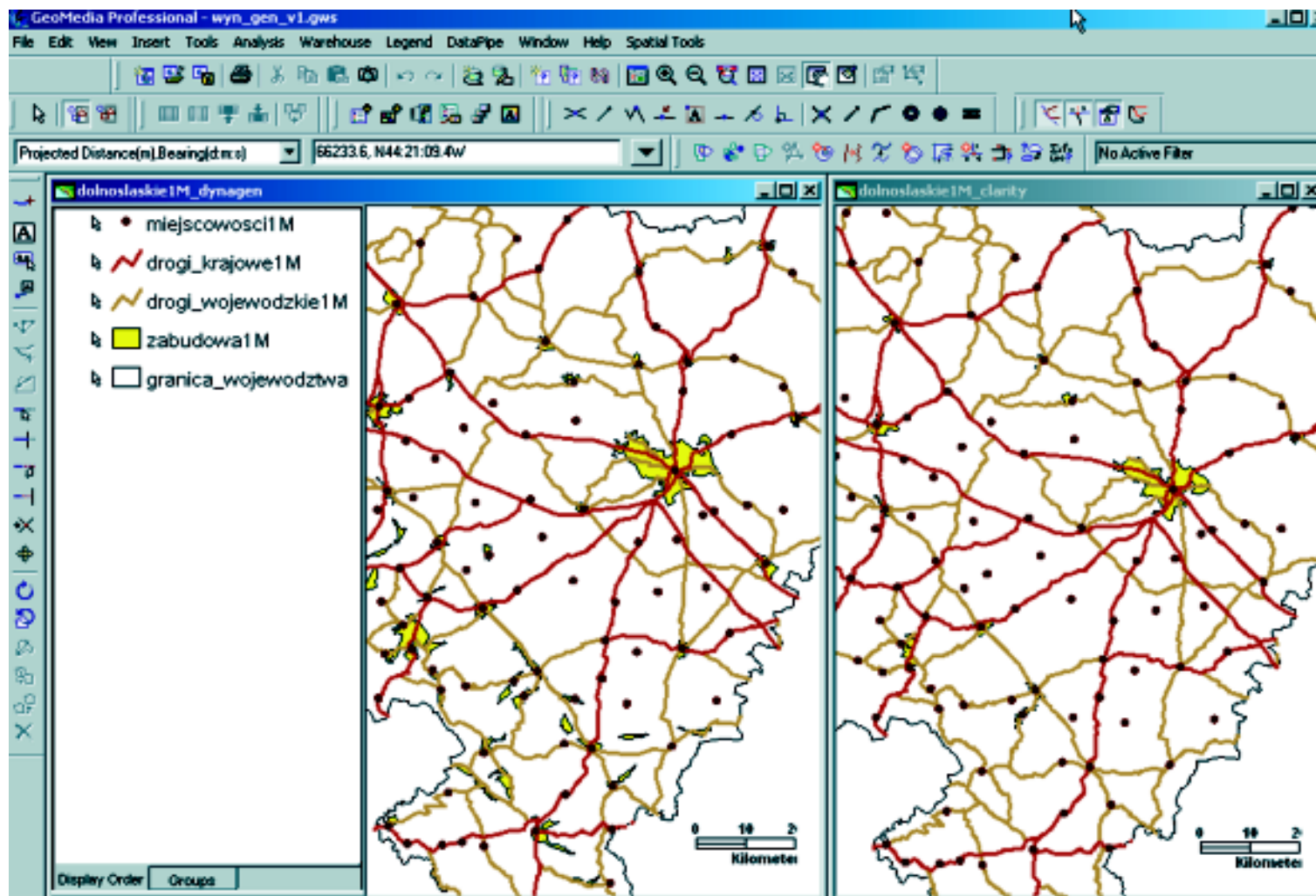
Rys. 7. Wynik generalizacji okolic Wrocławia w systemie Clarity



Rys. 8. Wynik generalizacji okolic Łodzi w systemie Clarity



Rys. 10. Zestawienie wyników generalizacji okolic Łodzi w systemie DynaGEN i Clarity. Poziom szczegółowości odpowiadający skali 1:500 000



Rys. 11. Zestawienie wyników generalizacji okolic Wrocławia w systemie DynaGEN i Clarity. Poziom szczegółowości odpowiadający skali 1:1 000 000