

**GENERALIZACJA DANYCH TOPOGRAFICZNYCH
W OBIEKTOWO ZORIENTOWANYM
ŚRODOWISKU NARZĘDZIOWYM CLARITY**

**GENERALIZATION OF TOPOGRAPHIC SPATIAL DATA
IN THE OBJECT-ORIENTED CLARITY SYSTEM**

Izabela Karsznia¹, Jacqueline Joubran Abu Daoud²

¹ Uniwersytet Warszawski, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych, Katedra Kartografii

² Politechnika Izraelska – TECHNION, Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska,
Departament Transportu i Geoinformacji

Słowa kluczowe: generalizacja kartograficzna, baza danych topograficznych, modelowanie restrykcyjne

Keywords: cartographic generalization, topographic database, constrained-based modeling

Wstęp

Oprócz pozyskiwania, przechowywania, aktualizacji i wizualizacji danych przestrzennych, kluczowego znaczenia nabiera również generalizacja informacji geograficznej. Większość podejmowanych dotychczas prac badawczych dotyczy generalizacji opracowań w skalach dużych (Bildirici, 2004; Bader i in., 2005; Revell, 2008; Stoter i in., 2010). Dynamiczny rozwój infrastruktury danych przestrzennych (ang. *spatial data infrastructure*, SDI) wymaga jednakże opracowania procedur generalizacyjnych na różnych poziomach szczegółowości. Ponadto, w wiodących agencjach kartograficznych oraz ośrodkach badawczych na świecie, zauważalne jest dążenie do standaryzacji i ujednolicania procesów pozyskiwania oraz wizualizacji danych przestrzennych, w tym głównie do przechowywania ich w jednej szczegółowej, wielorozdzielczej bazie typu MRDB (ang. *Multiresolution database*) oraz generowania na jej podstawie opracowań dla różnych poziomów szczegółowości (Duchene i in., 2013). Tego typu podejście wymaga zatem opracowania stosownych procedur umożliwiających zarówno wizualizowanie opracowań w skalach topograficznych, jak i przeglądowych (Richardson, Mackaness, 1999; Mustafa i in., 2006; Steiniger, Weibel, 2007; Ai, Li, 2008). Mimo licznych badań, prowadzonych tak przez instytucje naukowe, jak i komercyjne w zakresie generalizacji danych przestrzennych, wciąż jeszcze nie opracowano odpowiednich rozwiązań metodycznych oraz technologicznych, pozwalających na przedstawienie generalizacji w sposób holistyczny (całościowy), który w pełni uwzględniałby zależności mię-

dzy generalizowanymi obiektami i klasami obiektów (Harrie, 1999; Kilpelainen, 2000; Harrie, 2001; Hehai, 2001; Jones, Ware, 2005).

Szczególne miejsce w literaturze zajmuje generalizacja zabudowy, o czym świadczy duża liczba opracowań poświęcona temu zagadnieniu (Sester, 2007; Liqiang i in., 2013). Jest to proces szczególnie trudny ze względu na jego złożoność i kompleksowość, a także z uwagi na fakt, iż zabudowa oraz osiedla stanowią ten sam element treści mapy podlegający – w wyniku generalizacji od map wielkoskalowych do małoskalowych – największym zmianom (Karsznia, Ostrowski, 2011).

Mimo bogatego stanu wiedzy, wciąż jeszcze pojawiają się problemy związane głównie z zachowaniem relacji topologicznych podczas generalizacji zabudowy. Obiecującym rozwiązaniem, pozwalającym w dużej mierze na kontrolę i zachowanie poprawnych relacji przestrzennych między generalizowanymi obiektami, jest zastosowanie modeli restrykcyjnych (warunkowych, ang. *constraint-based modeling*).

Celem badań opisanych w niniejszym artykule była weryfikacja dwóch modeli generalizacji realizujących podejście restrykcyjne. Przeprowadzono je z wykorzystaniem modelu agentowego – zaimplementowanego w programie wspomagającym automatyczną generalizację Radius Clarity – oraz modelu pseudofizycznego zaimplementowanego w programie MATLAB. W obu programach opracowano bazę wiedzy w postaci zasad generalizacji budynków i dróg wraz z odpowiednimi algorytmami generalizacji. Skupiono się przy tym głównie na zachowaniu relacji przestrzennych w trakcie oraz po zakończeniu procesu generalizacji. Zakres badań, obejmował generalizację budynków występujących w dwóch podobnych pod względem charakteru zabudowy obszarach izraelskich miast Holon oraz Hajfa. Dane topograficzne pochodzą z izraelskiej bazy danych topograficznych o poziomie szczegółowości odpowiadającemu skali 1:10 000.

Przedmiot i metodyka badań

W historii generalizacji kartograficznej, pierwsze badania zmierzające do automatyzacji procesu generalizacji zdominowane były przez tzw. podejście algorytmiczne, zgodnie z którym generalizowane obiekty rozpatrywano przez pryzmat geometrii, nie uwzględniając ich specyfiki geograficznej. Następnie pojawiły się systemy ekspertowe, w których wiedza i umiejętności kartografa były formalizowane oraz modelowane w postaci zestawu reguł możliwego do zaimplementowania w środowisku komputerowym. Kolejnym etapem w rozwoju metodyki generalizacyjnej było opracowanie systemów wzmocnionej inteligencji (ang. *amplified intelligence*), w których praca kartografa polegała raczej na kontroli procesu generalizacji i podejmowaniu decyzji niż szczegółowej redakcji mapy. Kolejne lata przyniosły koncepcję modelowania półautomatycznego (interaktywnego) polegającego na współdziałaniu operatora oraz systemu wspomagającego generalizację danych przestrzennych. Czynności generalizacyjne, które mogą być w pełni sformalizowane, prowadzone były w środowisku komputerowym w trybie automatycznym (tzw. *batch processing*), natomiast kontrola przebiegu procesu oraz manualne poprawki wyników generalizacji wykonywane były w trybie interaktywnym przez kartografa. Główne kierunki rozwoju współczesnej metodyki generalizacji definiuje Olszewski (2009) za Sarjakoskim (2007) wskazując na:

- metody zorientowane-obiektowo (*object-oriented methods*) – a więc przypisywanie konkretnej czynności generalizacyjnej na poziomie nawet pojedynczych obiektów geograficznych,
- modelowanie restrykcyjne (warunkowe) – gdzie odpowiednio zdefiniowane warunki żądają procesem generalizacji, definiując jaki powinien być jego optymalny rezultat, systemy typu agent – w których każdy obiekt geograficzny modelowany jest jako samodzielny byt programistyczny,
- systemy wielorozdzielcze typu MRDB (*multiresolution/multirepresentation*) – bazy danych, w których obiekty i relacje między nimi modelowane są na różnych, odpowiednio ze sobą powiązanych, poziomach szczegółowości.

Obecnie najbardziej zaawansowanym metodycznie rozwiązaniem pozwalającym na znaczną automatyzację procesu generalizacji są systemy warunkowe (restrykcyjne). Zasadniczą ich zaletą jest przypisanie poszczególnych czynności generalizacyjnych na poziomie lokalnym (poziomie pojedynczego obiektu) w bazie danych. W modelowaniu restrykcyjnym przebieg procesu generalizacji określa zespół warunków przypisanych do konkretnych obiektów lub czynności generalizacyjnych. Warunki te muszą zostać spełnione w jak największym stopniu, natomiast mniej istotna jest sama metoda. Różnica między systemem regułowym (ekspertowym) a warunkowym polega na tym, iż w pierwszym z nich reguły określają przebieg procesu, a w drugim – warunki (ograniczenia) określają jego optymalny rezultat.

Istota modelowania warunkowego zawarta jest w kilku zasadniczych punktach:

- zgeneralizowana mapa (baza danych przestrzennych) powinna spełniać szereg warunków (ang. *constraints*),
- przebieg procesu generalizacji określa zespół warunków, które mają być spełnione w jak największym stopniu,
- proces generalizacji polega na znalezieniu optymalnego rozwiązania przy jednoczesnym uwzględnieniu w jak największym stopniu zadanych warunków,
- zaletą modelowania warunkowego jest tzw. „samoewaluacja”, a więc możliwość uzyskiwania optymalnego rozwiązania generalizacyjnego w drodze kolejnych iteracji (przybliżeń).

W celu wykorzystania systemów restrykcyjnych w procesie generalizacji kartograficznej, konieczne jest dostarczenie do systemu wspomagającego proces generalizacji niezbędnej wiedzy metodycznej w postaci zasad. Ze względu na brak dostępu do instrukcji redakcji izraelskiej bazy danych topograficznych, na etapie pozyskania i formalizacji wiedzy kartograficznej wykorzystano instrukcje redakcji opracowane przez polski Główny Urząd Geodezji i Kartografii, zdefiniowane dla potrzeb generalizacji źródłowej Bazy Danych Obiektów Topograficznych (BDOT10K) do skali 1:25 000 (Załącznik, 2011). Zdecydowano się wykorzystać dane izraelskie ze względu na chęć zaawansowania rozpoczętych w ramach współpracy z Politechniką w Hajfie badań przeprowadzonych na danych izraelskich. W kolejnych etapach badawczych planowane są jednakże dalsze eksperymenty badawcze, których przedmiotem będą dane BDOT.

Parametry generalizacji pozyskane z instrukcji redakcji mapy topograficznej nowej generacji opracowywanej na podstawie bazy BDOT dla skali 1:25 000 obejmowały następujące elementy:

- minimalna odległość między dowolnymi obiektami pozwalająca na zachowanie ich czytelności – 0,2 mm,
- minimalna powierzchnia obszaru zabudowanego – 20 na 20 m (0,8 na 0,8 mm w skali mapy),
- odległość między sąsiednimi obszarami zabudowanymi powinna być nie mniejsza niż 20 m (0,4 mm),
- minimalna odległość między pojedynczymi budynkami powinna być nie mniejsza niż 7,5 m (0,3 mm), w uzasadnionych przypadkach 5 m (0,2 mm),
- załamania konturów budynków nie powinny być mniejsze niż 15 m (0,3 mm),
- jeśli pozwala na to miejsce można przeprowadzić agregację i przesuwanie budynków,
- w przypadku budynków gospodarczych – prezentujemy wyłącznie takie budynki, których powierzchnia przekracza 100 m²,
- budynki przemysłowe są prezentowane jeśli ich powierzchnia przekracza 5000 m² (8 mm²).

Umożliwiło to budowę i konfigurację bazy wiedzy do generalizacji budynków w modelu agentowym oraz pseudofizycznym.

Model agentowy

Przykładem modelu warunkowego (restrykcyjnego) jest model agentowy wprowadzony do kartografii przez Ruas (1999) i zaimplementowany w programie Radius Clarity firmy I Spatial.

Model ten wywodzi się z domeny sztucznej inteligencji. Zgodnie z jego założeniami, pojedyncze obiekty modelowane są w postaci autonomicznych agentów, a więc programów zdolnych do kontroli własnych działań oraz relacji przestrzennych z sąsiednimi obiektami.

Dodatkową zaletą zapewniającą większą kontrolę procesu generalizacji jest hierarchiczna struktura modelu. Poza podstawowym poziomem (tzw. poziomem „mikroagentów”), w którym modelowane są pojedyncze obiekty geograficzne (np. budynek, droga), opracowano także poziom „mezo”, gdzie tzw. „mezoagenty” tworzone przez grupy budynków (obszary zabudowane lub całe miejscowości) mają za zadanie kontrolę poprawności relacji przestrzennych między obiektami na poziomie mikro. W ten sposób możliwa jest spójność procesu generalizacji (Duchene, 2003).

W celu uzyskania optymalnego rozwiązania, w systemie restrykcyjnym musi jednak istnieć źródło wiedzy metodycznej, dotyczącej wykonywanego procesu. Zasadniczą rolę odgrywa tutaj kartograf, który buduje bazę wiedzy implementując w programie Radius Clarity zasady generalizacji poszczególnych obiektów geograficznych, niezbędne do poprawnego wykonania poszczególnych czynności generalizacyjnych. Zasady generalizacji są następnie przekładane na język komputera w postaci szeregu elementów składających się na tzw. cykl działania agentów (rys. 1).

Elementy cyklu działania agentów można podzielić na cztery grupy (Neuffer i in., 2004):

- warunki (ograniczenia) – funkcje opisujące wymagane wartości charakteryzujące obiekt (np. rozmiar, powierzchnia), zależności między dwoma obiektami (np. odległość) lub dotyczące grupy obiektów (np.: gęstość),
- parametry (miary) – służące do wykrywania konfliktów przestrzennych między generalizowanymi obiektami,

- plany (złożone z jednego lub więcej algorytmów generalizacyjnych i przypisanych do nich określonych parametrów generalizacji) – kontrolowane przez zdefiniowane wcześniej warunki (ograniczenia),
- algorytmy – służące upraszczaniu, usuwaniu, przemieszczaniu obiektów oraz kontroli spójności generalizacji różnych warstw tematycznych (np.: spójność generalizacji granic i dróg).

Po opracowaniu bazy wiedzy w systemie Radius Clarity uruchamiany jest proces generalizacji, w którym brane są pod uwagę wszystkie zdefiniowane wcześniej warunki dla poszczególnych obiektów, grup obiektów i ich zależności, a także przypisane do nich wagi. Po jego zakończeniu, następuje etap ewaluacji i w przypadku nieuzyskania satysfakcjonującego rozwiązania (np. zaistnienia nowych konfliktów przestrzennych lub niespełnienia warunków generalizacji) cykl działania agentów jest powtarzany w celu jego optymalizacji.

W niniejszych badaniach, budowa bazy wiedzy w systemie Clarity obejmowała następujące etapy:

- Pozyskanie wiedzy kartograficznej w postaci reguł generalizacji.
- Formalizacja wiedzy kartograficznej.
- Budowa bazy wiedzy.
- Implementacja bazy wiedzy w programie Clarity, składająca się z następujących etapów:
 - opracowanie struktury topologicznej dla warstwy dróg,
 - podział obszaru podlegającego generalizacji na podobszary (partycje) ograniczone drogami. Warstwę dróg wykorzystano w tym procesie pomocniczo do utworzenia partycji (klastrow), w obrębie których generalizowano budynki. Dzięki temu możliwe było zapewnienie większej spójności i poprawności topologicznej obiektów po generalizacji;
 - usunięcie budynków mniejszych niż zakładana wartość tolerancji, zdefiniowana w instrukcjach redakcji,
 - agregacja budynków z uwzględnieniem minimalnej odległości między nimi,
 - przesuwanie budynków w celu uniknięcia konfliktów topologicznych między budynkami, a także między budynkami a drogami.

Model pseudofizyczny

Model pseudofizyczny zaproponowany został przez Joubran i Doytsher (2005). W celu zrozumienia i opisanego zachowania obiektów geograficznych w procesie generalizacji map wykorzystano teorię pola elektrycznego. Proces generalizacji potraktowano więc jako dynamiczny proces fizyczny. Zgodnie z tym założeniem, każdy obiekt ma swoje pole elektryczne oraz przypisaną moc (ang. *power*). Owa moc, funkcjonująca tu jako waga poszczególnych obiektów, jest wypadkową jego atrybutów – relacji z innymi sąsiednimi obiektami – oraz przeznaczenia i skali mapy. Charakterystyki te stanowią dane wejściowe do tzw. „submodelu” sieci neuronowych, który wykorzystano w celu określenia wagi poszczególnych obiektów (budynków) w ramach całego zbioru.

Aby uniknąć konfliktów topologicznych w trakcie działania operatorów generalizacji, obiekty w bazie danych wyposażone są w odpowiednie właściwości (oddziałują one między sobą na wzór sił pola elektrycznego), pozwalające na odsuwanie obiektów różnych typów

oraz łączenie (przyciąganie) obiektów charakteryzujących się zbliżonymi własnościami. W ten sposób, siły przyciągania/odpychania działające między generalizowanymi obiektami modelowane są w postaci odpowiednich operatorów generalizacji (np. agregacja czy przesuwanie). Obiekty o wyższej wadze (czyli „silniejsze”) mają więc „pierwszeństwo” w pojawieniu się na mapie w skali docelowej. Mogą zatem przykładowo podlegać działaniu operatora upraszczania. Jednocześnie, obiekty o mniejszej wadze („słabsze”) podlegają działaniu takich operatorów generalizacji jak: usuwanie, agregacja czy przesuwanie. Pozwala to na uzyskanie poprawnego z kartograficznego punktu widzenia wyniku generalizacji oraz zachowanie poprawnych relacji topologicznych między generalizowanymi obiektami (rys. 2).

Sieć drogowa, podobnie jak w modelu agentowym, traktowana jest tutaj jako pewnego rodzaju odniesienie (ramy) dla generalizacji budynków i nie podlega generalizacji. Pełni natomiast istotną rolę w procesie utrzymania poprawnych relacji topologicznych między generalizowanymi budynkami.

W modelu pseudofizycznym, etapy generalizacji obejmowały:

- upraszczanie oraz usuwanie mniejszych obiektów, budynków o powierzchni mniejszej niż zdefiniowana wartość tolerancji (parametru generalizacji),
- agregację budynków tego samego typu (o tej samej funkcji), oddalonych od siebie maksymalnie o zadaną wartość tolerancji,
- przesuwanie i zmianę kształtu obiektów (budynków) w celu rozwiązania potencjalnych konfliktów przestrzennych.

Wyniki

Generalizację z wykorzystaniem modelu agentowego, przeprowadzono na fragmencie bazy danych topograficznych obejmującym centrum Hajfy, natomiast generalizację z użyciem modelu pseudofizycznego przeprowadzono dla fragmentu Holonu. Zdecydowano się na wykorzystanie dwóch różnych obszarów testowych ze względu na fakt, że są to miejscowości o bardzo zbliżonej charakterystyce funkcjonalnej oraz rozmieszczeniu budynków. Wyniki generalizacji z zastosowaniem obu modeli restrykcyjnych widoczne są na rysunkach 3 i 4.

Dyskusja

Prowadzone badania miały na celu wskazanie możliwości i ograniczeń obu zaproponowanych modeli generalizacji, a także ich oceny pod kątem zachowania poprawnych relacji topologicznych między generalizowanymi obiektami, w trakcie i po zakończeniu procesu generalizacji. W celu zestawienia rezultatów prac, a także ich oceny ilościowej, wykorzystano prawo pierwiastka kwadratowego (ang. *Radical Law* – RL) zaproponowane przez Töpfer’a (Töpfer, Pillewizer, 1966). Prawo to pozwala jedynie na ocenę ilościową wyników generalizacji, a więc na określenie liczby obiektów, które – w zależności od skali źródłowej (M_a) i docelowej (M_f) oraz liczby obiektów przed generalizacją (n_a) – powinny znaleźć się na zgeneralizowanej mapie (n_f).

$$n_f = n_a \sqrt{M_a / M_f}$$

Zestawienie wyników porównania przedstawia tabela.

Tabela. Ocena wyników generalizacji budynków w modelu pseudo-fizycznym oraz agentowym

	Model pseudofizyczny		Model agentowy	
	przed generalizacją	po generalizacji	przed generalizacją	po generalizacji
Liczba budynków	730	324 (461 wg prawa Töpfer'a) ok. 50%	4144	2985 (2620 wg prawa Töpfer'a) ok. 30%
Konflikty przestrzenne	–	brak	–	nieliczne

Oceniając otrzymane wyniki zauważyć można, iż w modelu agentowym możliwość tworzenia partycji na podstawie dróg jest niewystarczająca, ponieważ obszary nieograniczone drogami nie podlegają procesowi generalizacji – stąd też występujący w tabeli niższy stopień generalizacji budynków dla tego modelu. Celowe wydaje się więc opracowanie dodatkowych partycji (klastrow) o charakterze bardziej lokalnym, a nawet dynamicznym, w ramach których będą mogły zostać zgeneralizowane pozostałe – nieograniczone drogami – budynki. Ponadto po generalizacji z wykorzystaniem modelu agentowego, pojawiły się nieliczne nowe konflikty topologiczne, wymagające korekty manualnej.

W modelu pseudofizycznym, którego głównym założeniem było niedopuszczenie do pojawienia się nowych konfliktów topologicznych, założenie to zostało osiągnięte, co wskazuje na efektywną kontrolę relacji między generalizowanymi obiektami. Stopień generalizacji jest tutaj wyższy niż w przypadku modelu agentowego oraz zbliżony do wartości obliczonej z wykorzystaniem prawa pierwiastka kwadratowego Töpfera (tabela).

Wnioski

Przeprowadzone prace badawcze pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

1. W przypadku obu modeli generalizacji, istnieje możliwość wykonywania operacji kontekstowych (np: przemieszczenie, usunięcie konkretnych obiektów), której brakuje w standardowych programach GIS.
2. Możliwa staje się generalizacja wariantowa z uwzględnieniem specyfiki poszczególnych obiektów, jak również otaczającego je środowiska.
3. Pojawiające się konflikty topologiczne rozwiązywane są lokalnie – a więc indywidualnie – w zależności od sytuacji graficznej. Nieliczne problemy z zachowaniem poprawnych relacji topologicznych wystąpiły w modelu agentowym.
4. W obu zaproponowanych modelach możliwa jest pełna formalizacja zasad generalizacji budynków w skalach topograficznych.

Kolejny etap prac badawczych obejmie praktyczne zastosowanie reguł generalizacji cyfrowego modelu krajobrazu BDOT10K do BDOO w skali 1:250 000 w programie Radius Clarity oraz implementację zasad generalizacji BDOT10K do cyfrowych modeli kartograficznych na niższych poziomach szczegółowości. Planowana jest również generalizacja BDOT10K z wykorzystaniem modelu pseudofizycznego opracowanego w programie MATLAB. W rezultacie prowadzonych badań spodziewane jest opracowanie reguł generalizacji holistycznej z włączeniem innych elementów treści mapy, dla których można zastosować systemy warunkowe.

Literatura

- Ai T., Li J., 2008: An Object Oriented Model for Representation Life span Over Scale Space. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* vol. XXXVII, part B2, WG II/3 Multiple Representations of Image and Vector Data, Beijing: 425-432.
- Bader M., Barrault M., Weibel R., 2005: Building displacement over a ductile truss. *International Journal of Geographic Information Science* vol. 19, no. 8-9: 915-936.
- Bell M., Neuffer D., Woodsford P., 2004: Agent-based generalization – an update on progress, *Kartographische Nachrichten* Bd 54, nr 4: 170-177.
- Bildirici O., 2004: Building and road generalization with the Change generalization software using turkish topographic base map data. *Cartography and Geographic Information Science* vol. 31, no. 1: 43-54.
- Duchene C., 2003: Coordinative agents for automated generalisation of rural areas. ICA Workshop on Generalization and Multiple Representation, Paryż.
http://generalisation.icaci.org/images/files/workshop/workshop2003/duchene_v1.pdf
- Duchene C., Burghardt D., Stoter J., 2013: Designing MRDB and multi-scale DCMs: sharing experience between governmental mapping agencies. ICA Workshop on Generalization and Multiple Representation, Drezno.
http://generalisation.icaci.org/images/files/workshop/workshop2013/slides/2013_WSICA_DucheneEtAl.pdf
- Harrie L., 1999: The Constraint Method for Solving Spatial Conflicts in Cartographic Generalization. *Cartography and Geographic Information System* vol. 26, no. 1: 55-69.
- Harrie L., 2001: Weight – setting and Quality Assessment in simultaneous Graphic Generalization. *The Cartographic Journal* vol. 40, no. 3: 221-233.
- Hehai W., 2001: Research of Fundamental Theory and Technical Approaches to Automating Map Generalization. Proceedings of the 20th International Cartographic Conference, ICC 2001 Beijing China, 3:1914-1921.
- Jones C.B., Ware M., 2005: Map Generalization in the Web Age. *International Journal of Geographic Information Science* vol. 19, no. 8-9: 859-870.
- Joubran A.J., Doytsher Y., 2005: A Combined Automated Generalization Model Based on the Relative Forces between Spatial Objects. Proceedings of the XXII International Cartographic Conference, A Coruña, Spain.
- Karsznia I., Ostrowski W., 2011: Możliwości wykorzystania morfologii matematycznej w procesie generalizacji zabudowy. [W:] Żyszkowska W., Spallek W. (red.), Główne problemy współczesnej kartografii. Zastosowanie statystyki w GIS i Kartografii, Wrocław: 73-82.
- Kilpelainen T., 2000: Knowledge Acquisition for Generalization Rules. *Cartography and Geographical Information System* 27(1): 41-50.
- Kozioł K., 2012: Operatory generalizacji warstwy zabudowy. *Roczniki Geomatyki* t. 10, z.7(57): 45-57, PTIP Warszawa.
- Liqiang Z., Deng H., Chen D., Zhen W., 2013: A spatial cognition-based urban building clustering approach and its applications. *International Journal of Geographic Information Science* vol. 27, no. 4: 721-740.
- Mustafa N., Krishnan S., Varadhan G., Venkatasubramanian S., 2006: Dynamic simplification and visualization of large maps. *International Journal of Geographical Information Science* vol. 20, no. 3: 273-302.
- 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., Mackaness A.W., 1999: Computational Processes for Map Generalization. (Introduction). *Cartography and Geographical Information System* vol. 26, no. 1: 3-5.
- Ruas A., 1999: Modele de generalisation de donnes geographiques a base de contraintes et d'autonomie. Praca doktorska, Uniwersytet Marne la Vallee, Paryż.
- Sarjakoski T., 2007: Conceptual models of generalization and multiple representation. [In:] Mackaness A.W., Ruas A., Sarjakoski T., Generalization of geographic information: cartographic modelling and applications, Elsevier.

- Sester M., 2005: Optimization approaches for generalization and data abstraction. *International Journal of Geographical Information Science* vol. 19, no. 8-9: 871-897.
- Steiniger S., Weibel R., 2007: Relations among Map Objects in Cartographic Generalization. *Cartography and Geographic Information Science* vol. 34, no. 3: 175-179.
- Stoter J., Baella B., Blok C., Burghardt D., Davila F., Duchene C., Pla M., Regnaud N., Touya G., 2010: EuroSDR research on state-of-the-art of automated generalization in commercial software: main findings and conclusions. ICA Workshop on Generalization and Multiple Representation, Zurich.
http://generalisation.icaci.org/images/files/workshop/workshop2010/genemr2010_submission_4.pdf
- Töpfer F., Pillewizer W., 1966: The principles of selection: a means of cartographic Generalization. *The Cartographic Journal* vol. 3, no. 1: 10-16.
- Załącznik do rozporządzenia Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 17 listopada 2011 r. w sprawie bazy danych obiektów topograficznych oraz bazy danych obiektów ogólnogeograficznych, a także standardowych opracowań kartograficznych t. II.

Abstract

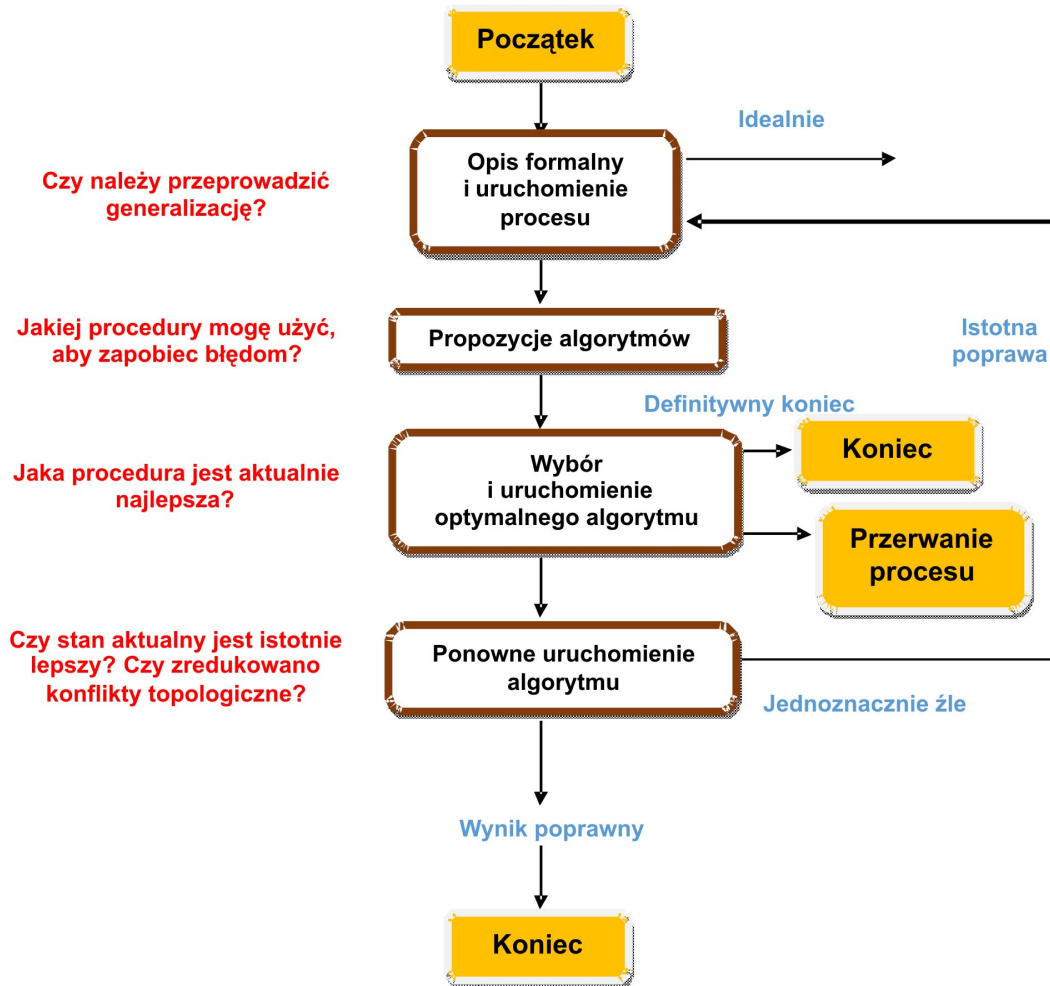
The aim of this work is an attempt at generalizing buildings and roads through development and implementation of generalization principles in the form of a knowledge base revealed in one of the most advanced programs supporting automatic generalization of spatial data – ‘Radius Clarity’ by ISpatial. The research and the analysis are both aimed at building the knowledge base referred to the generalization of topographic (large) scales elaborations as well as their further verifying in the form of generalization experiments in ‘Radius Clarity’.

The scope of the presented research includes an attempt of buildings and roads generalization based on the data derived from topographic database. The experiments were prepared within cooperation between the Warsaw University and the Technical University of Haifa (‘TECHNION’) with the support of ISpatial company. These studies include generalization of buildings and roads which are part of Israeli spatial reference database from the detail level of 1:10,000 to 1:50,000. In order to verify the research, the generalization results were compared with the generalization model implemented in MATLAB environment.

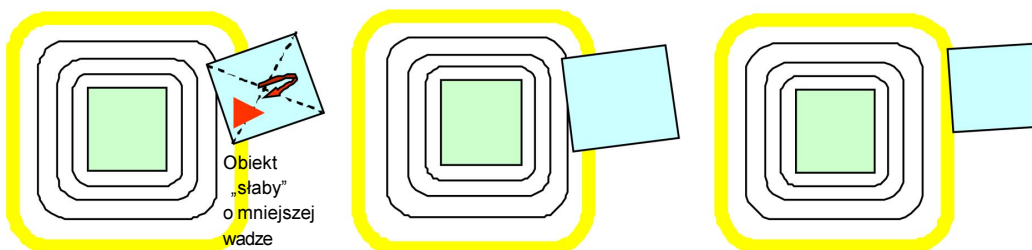
The work prepared within the framework of this study will help to reduce subjectivity of the generalization process of spatial data. Development of automatic generalization framework is also very important in the process of improving map editing and their generalization.

dr Izabela Karsznia
i.karsznia@uw.edu.pl

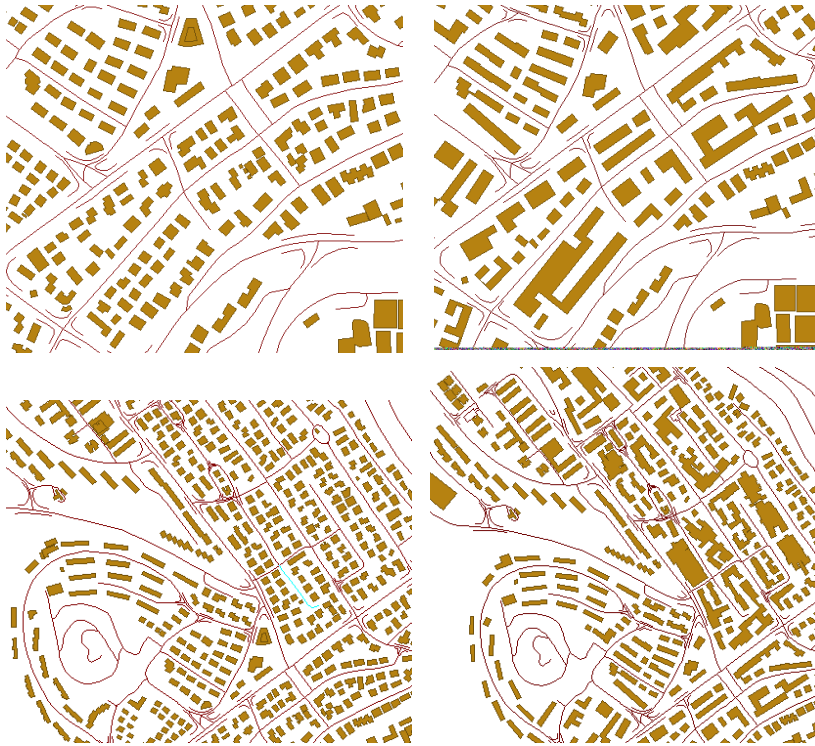
Jacquleen Joubran Abu Daoud
jacquele@tx.technion.ac.il



Rys. 1. Cykl działania agentów w programie Radius Clarity (opracowanie: I. Karsznia)



Rys. 2. Oddziaływanie sił między generalizowanymi obiektami w modelu pseudofizycznym (opracowanie: J. Abu Daoud)



Rys. 3. Wyniki generalizacji budynków w modelu agentowym – fragment Hajfy (opracowanie: I. Karsznia)



Rys. 4. Wyniki generalizacji budynków w modelu pseudofizycznym – fragment Holonu (opracowanie: J. Abu Daoud)