

Redukcja konfliktów graficznych dla obiektów punktowych w systemie mobilnej nawigacji śródlądowej

Reduction of graphic conflicts of point features
in mobile navigation system for inland waters

Marta Włodarczyk-Sielicka¹, Witold Kazimierski², Izabela Bodus-Olkowska²

¹Marine Technology Sp. z o.o.

²Akademia Morska w Szczecinie, Wydział Nawigacyjny, Instytut Geoinformatyki

Słowa kluczowe: konflikty graficzne, nawigacja mobilna, model prezentacji kartograficznej, nawigacja śródlądowa, generalizacja

Keywords: graphic conflicts, mobile navigation, cartographic presentation model, inland shipping, generalization

Wprowadzenie

Mobilna nawigacja MOBINAВ opracowana w ramach projektu badawczego pt. „Mobilna nawigacja śródlądowa” jest przykładem systemu informacji geograficznej dla urządzeń mobilnych, dedykowanego dla rekreacyjnych użytkowników śródlądowych dróg wodnych. Projekt jest realizowany w ramach programu Narodowego Centrum Badań i Rozwoju LIDER IV. Główne założenia obejmują opracowanie specyfikacji systemu, modelu bazy danych, a także modelu mobilnej prezentacji kartograficznej. Wymiernym efektem projektu oprócz opracowanych metod i modeli jest demonstrator systemu MOBINAВ, którego centralnym elementem jest aplikacja mobilna obejmująca wybrany zakres zakładanych funkcjonalności. Kluczową kwestią jest wyświetlanie danych przestrzennych opracowanych według autorskiego modelu danych (Zaniewicz i in., 2014) zgodnie z przyjętym modelem prezentacji kartograficznej (Kazimierski i in., 2015). W sensie technologicznym zdecydowano się na przyjęcie rozwiązania, w którym zarówno dane, jak i plik sterujący prezentacją kartograficzną są całkowicie oddzielone i niezależne od rozwiązań programistycznych aplikacji. Pozwoliło to na uniezależnienie prac redakcyjnych i innych prac kartograficznych od warstwy implementacyjnej. W takim podejściu zarówno dane we wszystkich przedziałach skalowych, jak i sposób ich wyświetlania muszą być przygotowane *a priori*, zaś aplikacja ma za zadanie je jedynie wyświetlać. Oznacza to, oprócz zaplanowania całej redakcji dynamicznego przekazu kartograficznego na urządzeniu mobilnym, także przeprowadzenia generalizacji danych

tak, aby uwzględnić dynamikę ich przekazu. Innymi słowy aplikacja musi nie tylko „wiedzieć” jak i które dane wyświetlić, ale także mieć dane przygotowane odpowiednio do aktualnie wyświetlanej geokompozycji składowej.

Zgodnie z przyjętymi założeniami, proces generalizacji danych był przeprowadzony w trybie *of-line* na etapie przygotowania wieloreprezentacyjnej bazy danych, która następnie była ładowana jako plik wejściowy do aplikacji mobilnej. Istotnymi problemami, które należało rozwiązać na etapie generalizacji danych były konflikty graficzne, które w istotny sposób zaciemniały obraz i utrudniały percepcję mapy. W szczególności zwrócono uwagę na wyświetlanie znaków nawigacyjnych, które powinny być wystarczająco duże, aby zapewnić czytelność, a jednocześnie są często zlokalizowane w grupach, przykładowo na moście lub na nabrzeżu.

W dalszej części artykułu przedstawiono założenia opracowanego modelu prezentacji kartograficznej oraz istotę problemów związanych z konfliktami graficznymi, w tym w szczególności związanych z prezentacją obiektów punktowych w MOBINA. W dalszej kolejności przedstawiono proponowane rozwiązanie problemu konfliktów graficznych na przykładzie znaków nawigacyjnych na mostach.

Założenia generalizacji kartograficznej

Generalizacja kartograficzna jest uogólnieniem treści i formy mapy zależnym od: przeznaczenia, skali, bogactwa treści oraz posiadanych danych (Chrobak, 2007). Przeznaczenie prezentacji wiąże się bezpośrednio z doborem danych źródłowych oraz doborem geokompozycji składowych. Warto jednak zauważyć, że dobór skali nie jest jedynym czynnikiem generalizacji, a bogactwo treści oraz posiadanych danych można łączyć z każdym elementem przyjętego modelu generalizacji, przedstawionego na rysunku 1. Ogólnie w trakcie procesu generalizacji danych przestrzennych można rozróżnić wiele operatorów, na które składają się różne algorytmy oraz związane z nimi parametry (Shea, McMaster, 1989): (1) upraszczanie oraz wygładzanie obiektów, (2) eliminacja obiektów, (3) agregacja, (4) zmiana sposobu przedstawiania obiektów, (5) wybór obiektów reprezentatywnych, (6) przesuwanie oraz powiększanie sygnatur.

Operatory te mogą być wykorzystane do generalizacji w systemach mobilnych. Na podstawie analiz wymagań użytkowników, przeznaczenia systemu oraz planowanych analiz przestrzennych zdefiniowano pierwotny model danych przestrzennych w systemie MOBINA o nazwie MODEF (ang. *MObinav Data Exchange Format*). Obejmuje on 27 klas obiektów oraz jedną klasę abstrakcyjną przechowującą wspólne atrybuty podstawowe (Włodarczyk-Sielicka i in., 2014). Mając na uwadze kontekstową zmienność przekazu kartograficznego w urządzeniach mobilnych, zaproponowano rozszerzenie modelu o dane zgeneralizowane. Opracowano algorytmy automatycznej generalizacji, budując w ten sposób wieloreprezentacyjną bazę danych, a w efekcie zestaw danych uwzględniający dane pierwotne oraz zgeneralizowane. Generalizacja w tym podejściu była rozumiana jako proces doboru danych przestrzennych do docelowej skali ich prezentacji. Biorąc pod uwagę główne założenia systemu oraz specyfikę urządzeń mobilnych, proces generalizacji dla mobilnych aplikacji nawigacyjnych można rozpatrywać na kilku poziomach:

- dobór danych źródłowych, który wiązał się bezpośrednio z zastosowaniem aplikacji w trakcie żeglugi po wodach śródlądowych,

- dobór treści poszczególnych geokompozycji składowych dla poziomów skalowych,
- uogólnienie geometrii obiektów.

Bazując na tych głównych wnioskach z analizy literaturowej opracowano schemat procesu generalizacji kartograficznej w systemie MOBINA, przedstawiony na rysunku 1. Przy opracowaniu modelu skupiono się na zapewnieniu efektywności przekazu kartograficznego, która ma związek ze skutecznością przekazu treści, użytecznością mapy oraz jej przydatnością dla użytkownika. Pierwszy i drugi krok przedstawionego procesu zrealizowano na etapie budowy bazowego modelu danych oraz modelu prezentacji kartograficznej, opracowując model danych MODEF oraz model mobilnej prezentacji kartograficznej MONAKO.

Etap trzeci oznacza dobór skal wyświetlania dla poszczególnych obiektów. Pozwoli to racjonalnie zarządzać gęstością znaków. W małych skalach wyświetlania na ekranie pojawiłyby się duże nagromadzenie obiektów wyświetlanych jedno na drugim i utracona zostałaby przejrzystość obrazu (w szczególności obiektów typu POI). Podejściem mającym na celu poprawę przejrzystości mapy stanowi ustalenie wartości atrybutów minimalnej oraz maksymalnej skali wyświetlania SCAMIN i SCAMAX. Obiekty zdefiniowane w katalogu obiektów podzielono wewnątrz klasy na kategorie, które usystematyzowano zgodnie z ustalonym kryterium ważności niesionej informacji przestrzennej i na tej podstawie określono wartość atrybutu SCAMIN i SCAMAX. W kolejnym etapie zastosowano dodatkowe algorytmy wygładzania i upraszczania obiektów liniowych oraz powierzchniowych, które są zależne od skali mapy wynikowej. W trakcie badań opracowano autorskie modele, które wykorzystywały algorytmy dostępne w oprogramowaniu ArcGIS. Oferuje ono stosunkowo szeroki zestaw narzędzi generalizacyjnych dla różnych typów geometrii danych (Droppova, 2011).



Rysunek 1. Model generalizacji danych w MOBINA (Kazimierski, Włodarczyk-Sielicka, 2016)

Dzięki zastosowaniu modułu ModelBuilder możliwa była automatyczna parametryzacja metod generalizacji konkretnej klasy.

Na etapie redakcji mapy zauważono, że konieczna jest także tak zwana generalizacja redakcyjna, zwłaszcza dla obiektów punktowych. Analizując prezentację kartograficzną, zidentyfikowano dodatkowy problem konfliktów graficznych. Szczególnie intensywnie był on zauważalny dla znaków nawigacyjnych, których nagromadzenie zwłaszcza na mostach, ale również na nabrzeżach spowodowało, że przesłaniały się nawzajem, przez co były nieczytelne. Zdefiniowany model zakłada opracowanie niezależnych zestawów danych (są one wykorzystywane w poszczególnych geokompozycjach składowych), które powstały w wyniku generalizacji podstawowego zestawu danych. Rozwiązanie tego problemu jest główną treścią niniejszego artykułu.

Przegląd istniejących rozwiązań

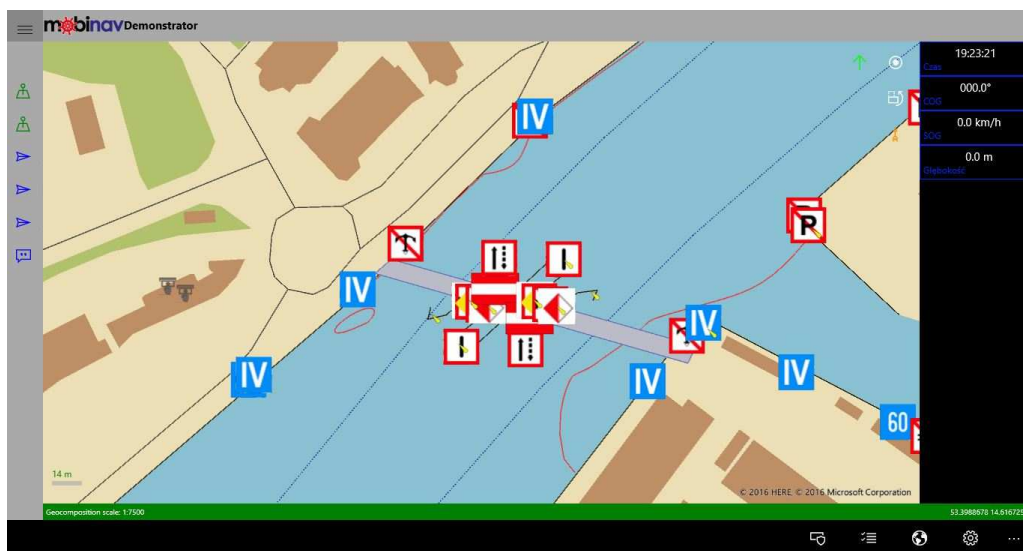
W miarę rozwoju systemów mobilnych, a przede wszystkim mapowych serwisów sieciowych, tematyka automatycznej generalizacji kartograficznej w systemach pracujących w czasie rzeczywistym staje się przedmiotem coraz większej liczby publikacji naukowych. Najczęściej podejmowane tematy związane są z rozmieszczeniem opisów, które przesłaniają obiekty geometryczne. Interesująca propozycja rozwiązania tego problemu pojawia się na przykład w (Harrie i in., 2005), ale także w innych publikacjach. Z punktu widzenia tematu niniejszej pracy, w badaniach literaturowych skoncentrowano się jednak głównie na rozwiązaniach dotyczącym generalizacji klas obiektów punktowych lub też stosowanych w systemach nawigacyjnych na urządzeniach mobilnych. Podejmowany problem jest przecież często spotykany we wszystkich nawigacjach samochodowych. Należy zwrócić uwagę, że o ile firmy (Garmin, NaviRoad, i inne) nie publikują swoich rozwiązań, o tyle analiza literatury naukowej pozwala określić zakres istniejących rozwiązań i trendów z domniemaniem, że podobne rozwiązania są stosowane w praktyce. Interesującą definicję problemu, wraz z kompleksową analizą potencjalnych rozwiązań, przedstawia Bereuter i Weibel (2010). Przedstawiono tam podział algorytmów generalizacji obiektów punktowych pod kątem rozwiązań mobilnych. Zaproponowano podział na dwie podstawowe grupy: zorientowane na obiekty (ang. *object-oriented*) oraz ukierunkowane przestrzennie (ang. *space-directed*). W pierwszej grupie wskazano podział na algorytmy związane z redukcją liczby punktów (ang. *point-reduction*) przez selekcję, typizację, uproszczenie lub agregację oraz na te związane z przemieszczeniem punktów (ang. *point-displacement*). Druga grupa algorytmów obejmuje różnego rodzaju lokalne deformacje mapy, które sztucznie wprowadzane powodują rozsuniecie się obiektów punktowych. Nie są więc przesuwane obiekty, ale deformowana jest lokalnie mapa w miejscu konfliktu. Analiza literaturowa pokazuje, że w przypadku nawigacji mobilnych, zdecydowanie częściej stosuje się narzędzia z pierwszej grupy. Jako przykładowe rozwiązania wskazać można grupowanie obiektów zaproponowane przez Kovanena i Sarjakoskiego (2013), a także selekcję przestrzenną obiektów z zastosowaniem drzew czwórkowych przedstawioną w pracy Bereuter i Weibel (2012). W tej ostatniej publikacji przedstawiono też istotny podział stosowanego podejścia na metody działające „w locie” w trakcie wyświetlania prezentacji oraz na metody, w których generalizacja jest dokonywana na etapie przygotowania zbioru danych, a potem jedynie wyświetlana. To drugie podejście wydaje się bliższe mobilnym systemom nawigacyjnym w świetle na przykład prac Gotliba (2011) lub

Dogru i in. (2009). Podejścia polegające na selekcji lub typizacji wydają się pozwalać na bardziej „świadomą” generalizację niż algorytmy rozsuwania obiektów, które stosowane są powszechnie w rozwiązaniach automatycznych w oprogramowaniach typu GIS (np. Esri ArcGIS). Również standardowe komponenty programistyczne, przykładowo to zawarte w Microsoft (2017), oferują automatyczne rozsuwanie punktów bez kontekstowej analizy treści. Próby ich zastosowania w MOBNAV skutkowały tym, że na przykład sygnatury głębokości były wyświetlane na obszarze lądu. Z tego powodu zdecydowano się opracować autorskie narzędzie, które będzie łączyło zalety kontekstowego doboru obiektów punktowych do wyświetlania z ich geometrycznym przemieszczaniem.

Istota konfliktów graficznych w MOBNAV

Dla obiektów przestrzennych o geometrii liniowej oraz powierzchniowej zastosowano klasyczne algorytmy upraszczania, przy poszczególnych skalach wyświetlania map wynikowych. W trakcie wyświetlania obiektów punktowych, zwłaszcza punktów głębokości lub znaków nawigacyjnych, które mają kluczowe znaczenie w trakcie prowadzenia nawigacji, na ekranie urządzenia widoczna była zbyt duża ilość informacji, a przede wszystkim w niektórych miejscach symbole nakładały się na siebie. Dodatkowym problemem była wielkość sygnatury i jej czytelność na małym ekranie urządzenia mobilnego przy zastosowaniu różnych skal mapy. Konieczna jest zatem korekta, polegająca na rozsunięciu sygnatur oraz ich dopasowaniu do skali wyświetlania. Szczególnie rzucającym się w oczy przykładem są znaki informacyjne. Istotę problemu przedstawiono na rysunku 2.

Znaki w systemie MOBNAV prezentowane są za pomocą symboli, odpowiadających kategorii znaku. Aby zapewnić czytelność znaku w danej skali symbole muszą mieć odpowiednią wielkość. Jeżeli znaki znajdują się blisko siebie, a jest tak w przypadku znaków zlokalizowanych na jednym moście, może dojść do konfliktu graficznego.



Rysunek 2. Przykład konfliktu graficznego dla znaków nawigacyjnych na moście



Rysunek 3. Przykład zestawu znaków nawigacyjnych umieszczonych we wspólnej lokalizacji (www.tawernaskipperow.pl)

Do konfliktów czasem dochodzi także na obszarze ładu, gdy znaki są zlokalizowane nieopodal siebie. Praktyka nawigacyjna pokazuje, że niejednokrotnie znaki nawigacyjne montowane są na jednym wspólnym trzonie. Skrajny przypadek takiego rozwiązania przedstawiono na rysunku 3.

W trakcie definiowania geokompozycji składowych założono, że znaki w systemie MOBINAV wyświetlane będą w skali większej i równej 1:10 000, zatem problem konfliktów graficznych występuje tylko w geokompozycjach składowych w skalach: 10 000, 7500, 5000, 4000 i 2000. Dla tych skal konieczne było wypracowanie metody rozwiązującej konflikt. Założono, że powinna ona polegać na przesunięciu lub w skrajnym przypadku usunięciu części znaków, dla których stwierdzono występowanie konfliktu graficznego.

Identyfikacja konfliktu

W ogólności można powiedzieć, że konflikt graficzny dla obiektów punktowych występuje, gdy ich sygnatury nakładają się lub znajdują się na tyle blisko siebie, że nie jest możliwe rozróżnienie dwóch obiektów. W przypadku znaków nawigacyjnych będzie to oznaczało, że nie można rozróżnić dwóch sąsiadujących znaków. Dlatego dla każdego znaku należy przeanalizować wszystkie pozostałe obiekty w określonym otoczeniu. W niniejszej pracy przyjęto, że sama identyfikacja konfliktu bazuje na równaniu (1). Punkty i oraz j o współrzędnych (x_i, y_i) oraz (x_j, y_j) kolidują ze sobą, gdy:

$$(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2 < 1,41 R \quad (1)$$

gdzie: R – wartość tolerancji przy danej skali wyświetlania (wielkość symbolu).

Wartość $1,41R$ wynika z faktu, że znaki są kwadratowe, więc analizując potencjalne przesłonięcia znaków uwzględniono przekątną kwadratu.

Kluczowym elementem w zaproponowanym podejściu jest wyznaczenie wielkości tolerancji. Ostateczna wartość R zostanie dobrana na drodze badań empirycznych, jednak już na tym etapie na podstawie literatury można przyjąć wartości wyjściowe bazując na wskazanych minimalnych wielkościach znaków punktowych. Saliszczew (1998) stwierdził, iż wypełniony kwadracik rozpoznaje się przy wielkości 0,5 mm, a pusty kwadracik przy 0,6 mm.

Minimalny prześwit między sąsiadującymi figurami wypełnionymi jest widoczny przy 0,15 mm, natomiast wypełniony barwą prześwit nie może być mniejszy niż 0,5 mm. W publikacji (Li, 2007) określono, że minimalna wielkość znaku punktowego to 0,2 mm, kwadrat pełny 0,4 mm, a kwadrat pusty 0,6 mm. Dodatkowo za najmniejszą czcionkę możliwą do odczytania z odległości około 30-40 cm uważa się 5 punktów (wysokość równa około 1,7 mm). Różnice pisma muszą być dostrzegalne na pierwszy rzut oka, dlatego stosuje się wzrost o ponad 40%, czyli na przykład 6 pkt – 7 pkt – 9 pkt – 12 pkt w zależności od znaczenia obiektu (Medyńska-Gulij, 2011). Ciekawe obserwacje przedstawiono w pracy Gotliba (2011). Zauważono mianowicie, że większość autorów wskazuje wielkości znaków dla niewielkich odległości czytania rzędu kilkudziesięciu centymetrów. Podczas korzystania z systemu nawigacyjnego odległość ta się zwiększa, dlatego wszystkie wielkości także powinny być większe. Przedstawiono wniosek, że w przypadku systemów mobilnych użytkownicy lepiej odbierają wizualizacje, w których znaki są większe niż wynika to z doświadczeń projektowania wizualizacji dla map papierowych oraz monitorów urządzeń stacjonarnych. Na podstawie analizy literatury, jako wyjściowe wartości R proponuje się przyjąć wielkości zależne od skali, według tabeli 1.

Tabela 1. Inicjalne wartości tolerancji R dla wykrycia konfliktów graficznych

Skala	Wielkość znaku [mm]	Wielkość R w skali [m]
1 : 2000	5	10
1 : 4000	5	20
1 : 5000	5	25
1 : 7500	4	30
1: 10000	4	40

Przedstawiona metoda identyfikacji konfliktu jest jednym z kluczowych kroków szerszego algorytmu usuwania konfliktów graficznych dla obiektów punktowych.

Algorytm usuwania konfliktów na przykładzie znaków informacyjnych na mostach

Znaki informacyjne w MOBINA w przechowywane są w punktowej klasie NOTMRK i oprócz standardowych atrybutów dziedziczonych z klasy abstrakcyjnej, mają jeden tekstowy atrybut specyficzny CATMRK. Atrybut ten opisuje kategorię znaków, zgodnie z rozporządzeniem w sprawie przepisów żeglugowych na śródlądowych drogach wodnych (Rozporządzenie, 2003). Atrybut może także przyjmować wartość „inny”, odnosząc się do znaków niestandardowych. Istotą algorytmu usuwania konfliktów dla znaków nawigacyjnych na mostach ma być utworzenie nowych klas w geobazie dla poszczególnych skal na podstawie danych wejściowych. W nowych klasach niektóre obiekty będą przesunięte tak, aby uniknąć konfliktów graficznych przy wyświetlaniu danych w tej skali. Podstawą do decyzji, które obiekty przesunąć ma być ważność znaku nawigacyjnego z punktu widzenia nawigatora. W ujęciu całościowym algorytm usuwania konfliktów graficznych dla znaków nawigacyjnych na mostach obejmuje następujące etapy:

- 1) definicja hierarchii istotności obiektów na podstawie kategorii znaku,
- 2) identyfikacja wyszukiwania konfliktów graficznych znaków na mostach,
- 3) rozsunięcie znaków, zgodnie z hierarchią dla poszczególnych skal, w celu zapewnienia widoczności i czytelności prezentacji kartograficznej.

Hierarchia znaków informacyjnych

Dla potrzeb minimalizacji konfliktów graficznych wprowadzono roboczą hierarchię znaków informacyjnych, przedstawioną w tabeli 2. Hierarchia opiera się na kodach znaków, które w MODEF zawarte są w atrybucie CATMRK.

Tabela 2. Proponowana hierarchia dla poszczególnych znaków

Lp.	Znak informacyjny
I	A.1 (zakaz przejścia), A.11 (zakaz przejścia), D.1 (zalecane przejście)
II	A.10 (zakaz przejścia poza skrajnią), D.2 (zalecenie przejścia w danym obszarze), D.3 (zalecane przejście)
III	B.1 (nakaz ruchu we wskazanym kierunku)
IV	B.2 (nakaz skierowania statku na daną stronę szlaku), B.3 (zakaz trzymania się danej strony szlaku), B.4 (nakaz przejścia na daną stronę szlaku),
V	C.1 (ograniczona głębokość), C.2 (ograniczona wysokość prześwitu), C.3 (ograniczona szerokość prześwitu)
VI	B.5 (nakaz zatrzymania statku w warunkach określonych przepisami)
VII	C.4 (inne ograniczenia), C.5 (określenie granicy szlaku żeglownego)
VIII	B.6 (nakaz nieprzekraczania danej prędkości)
IX	A.2 (zakaz wyprzedzania), A.3 (zakaz wyprzedzania dla zestawów), A.4 (zakaz mijania i wyprzedzania)
X	A.12 (zakaz ruchu statków o napędzie mechanicznym), A.13 (zakaz ruchu statków używanych wyłącznie do uprawiania sportu i rekreacji), A.15 (zakaz ruchu statków żaglowych)
XI	B.7 (nakaz nadania sygnału dźwiękowego) B. 11 (nakaz prowadzenia nasłuchu)
XII	B.8 (nakaz zachowania szczególnej ostrożności)
XIII	B.9 (nakaz zachowania szczególnej ostrożności, przy przecięciu szlaków) B.10 (nakaz zmiany kursu lub prędkości przez statki na głównym szlaku w sytuacji, gdy z portu lub bocznej drogi wychodzą statki)
XIV	A.5 (zakaz postoju), A.5.1 (zakaz postoju na określonej szerokości), A.6 (zakaz kotwiczenia), A.7 (zakaz cumowania do brzegu), A.8 (zakaz zawracania)
XV	A.9 (zakaz wytwarzania fali)
XVI	A.14 (zakaz uprawiania narciarstwa wodnego), A.16 (zakaz ruchu statków innych niż o napędzie mechanicznym i żaglowych), A.17 (zakaz pływania na desce z żaglem), A.20 (zakaz ruchu skuterów wodnych)
XVII	A.18 (koniec strefy gdzie małe statki używane do sportu i rekreacji mogły rozwijać duże prędkości), A.19 (zakaz wodowania i wciągania statków na brzeg)
XVIII	E.1–E.24, inne

W przypadku znaków występujących na tym samym poziomie w hierarchii, w celu ustalenia kolejności przeszukiwania w algorytmie zastosowano kryterium odległości. Istotnym warunkiem dodatkowym do przedstawionej hierarchii jest założenie, że znaki z pierwszej grupy nie mogą zmienić swojego położenia, nawet gdyby w mniejszych skalach oznaczało to wzajemne przesłonięcie znaków. Są to znaki kluczowe z nawigacyjnego punktu widzenia i muszą być ulokowane dokładnie w pozycji rzeczywistej.

Algorytm wyszukiwania konfliktów graficznych znaków na mostach

Zanim możliwa będzie identyfikacja konfliktu dla konkretnych dwóch znaków, należy zdecydować, które to będą znaki. Algorytm powinien wyszukać wszystkie mosty w systemie, na których są znaki informacyjne i dla każdego z nich znaleźć znaki, które w danej skali nachodzą na siebie. Algorytm realizowany jest dla każdej ze skal osobno (inna wartość R) i obejmuje następujące kroki:

1. Wyszukanie mostów, na których istnieją znaki nawigacyjne
 - a. dla każdego mostu z punktu 1:
 - i. selekcja znaków w obrębie danego mostu
 - ii. dla każdego stopnia hierarchii, począwszy od II:
 1. znalezienie znaków o danym stopniu hierarchii wśród znaków w obrębie danego mostu
 2. dla każdego z wybranych znaków:
 - a. sprawdzenie czy jest konflikt ze znakiem o wyższej lub tej samej hierarchii, zgodnie z algorytmem identyfikacja konfliktu
 - b. jeżeli występuje konflikt sprawdzenie, czy znaki znajdują się na tej samej krawędzi mostu (na podstawie namiaru z jednego znaku na drugi)
 - c. jeżeli znaki znajdują się na tej samej krawędzi mostu, zmiana położenia znaku, zgodnie z algorytmem przesunięcia punktu.

Po zrealizowaniu algorytmu system powinien przeanalizować kolejną ze skal.

Algorytm przesunięcia punktu

Istotą algorytmu jest przesunięcie punktu o $1,41 R$ wzdłuż krawędzi mostu. W obecnej wersji algorytmu założono, że wszystkie znaki będą przesuwane w prawo. Przyjęto założenie, że dłuższa krawędź mostu leży w poprzek rzeki i zgodnie z tym założeniem dokonuje się przesunięcia wzdłuż dłuższej krawędzi. Pewnym problemem do rozwiązania jest fakt, że zgodnie z przyjętym modelem danych, most może składać się z kilku obiektów. Jeżeli w moście jest na przykład kilka niezależnych jezdni znajdujących się blisko siebie, to w danych są one reprezentowane jako osobne obiekty. Jest to właściwość odziedziczona po elektronicznej mapie nawigacyjnej, która jest głównym źródłem danych w systemie. Przyjęcie takiego rozwiązania pozwoliło na uproszczenie algorytmów importu danych, ale okazało się kłopotliwe w przypadku problemu omawianego w niniejszym artykule. Przyjęto rozwiązanie polegające na znalezieniu głównego elementu mostu, którym był obiekt o największej długości obwodu. Przynależność obiektów do konkretnego mostu stwierdzano na podstawie unikatowych nazw mostów. Można zatem powiedzieć, że algorytm składa się z dwóch części:

- przygotowanie danych – identyfikacja krawędzi, wzdłuż której będzie następować przesunięcie obiektu,
- wyznaczenie przesunięcia – określenie wektora przesunięcia (Δx , Δy), o który należy przesunąć konkretny obiekt.

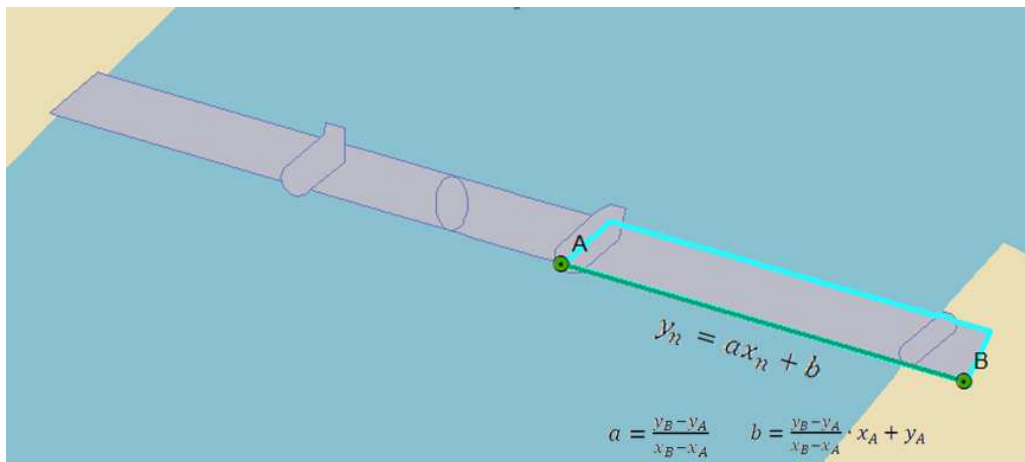
Przygotowanie danych

Algorytm przygotowania danych realizowany jest dla każdego mostu osobno, przy czym kluczem identyfikacyjnym jest nazwa mostu. Algorytm obejmuje następujące kroki:

1. Dla danego mostu należy znaleźć obiekt o największej wartości obwodu.

2. Dla obiektu z punktu 1 należy znaleźć najdłuższą krawędź, czyli należy znaleźć sąsiadujące punkty, dla których odległość między nimi jest najdłuższa. W efekcie, w tym kroku, uzyskiwane są punkty $a(x_1, y_1)$ i $b(x_2, y_2)$, oznaczające współrzędne końców najdłuższego obiektu w danym moście.
3. Na podstawie punktów A i B należy wyznaczyć równanie prostej wyznaczającej najdłuższą krawędź mostu, wzdłuż której będzie następować przesunięcie.

Na rysunku 4 przedstawiono przykład wyznaczenia współczynników kierunkowych prostej, wzdłuż której następuje przesunięcie. Kolorem jasnoniebieskim oznaczono obwiednię segmentu mostu o największej wartości obwodu, wyznaczoną w punkcie 1 algorytmu. Kolorem zielonym oznaczono najdłuższą krawędź wyznaczoną w punkcie 2, a sygnaturami punktowymi oznaczono punkty A i B, które posłużyły do wyznaczenia współczynnika kierunkowego prostej, wzdłuż której następuje przesunięcie punktów dla danego mostu.



Rysunek 4. Przykład zastosowania algorytmu przygotowania danych do korekty położenia znaków (opracowanie własne)

Wyznaczenie przesunięcia punktu

Wyznaczenie przesunięcia punktu jest algorytmem iteracyjnym, gdyż po znalezieniu nowej pozycji dla danego obiektu punktowego, należy sprawdzić, czy w nowym położeniu nie wchodzi on w konflikt z obiektem na wyższym lub tym samym poziomie hierarchii. Algorytm przesunięcia dla danego obiektu może więc być realizowany wielokrotnie, aż do momentu, gdy nie będzie konfliktu z żadnym z obiektów. Sam algorytm przesunięcia znaku składa się z dwóch kroków:

1. Wyznaczenie zmiany współrzędnych wzdłuż obu osi kartezjańskiego układu współrzędnych, według wzorów (2) i (3):

$$\Delta x = R \cos(\arctg(a)) \quad (2)$$

$$\Delta y = R \sin(\arctg(a)) \quad (3)$$

2. Wyznaczenie nowych współrzędnych punktu według wzorów (4) i (5):

$$x_n = x_s + \Delta x \quad (4)$$

$$y_n = y_s + \Delta y \quad (5)$$

W przykładzie wykorzystano układ współrzędnych, w którym oś x jest skierowana poziomo, ze względu na implementację algorytmu w oprogramowaniu ArcGIS.

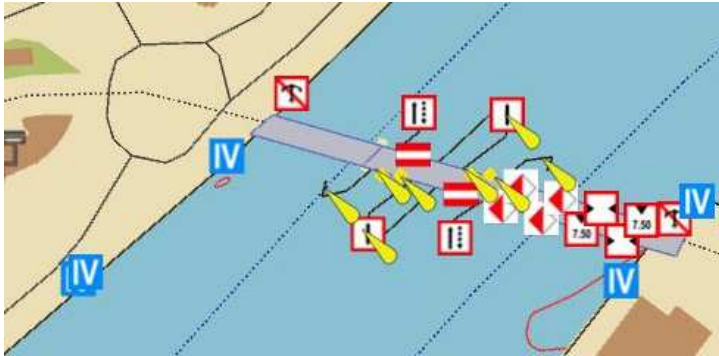
Przykładowe wyniki

Przedstawione algorytmy zostały zaimplementowane w postaci skryptu programistycznego w języku Python, z wykorzystaniem biblioteki ArcPy, a następnie uruchomione jako narzędzie w programie ArcGIS. Skrypt został przygotowany i uruchomiony dla skal: 1:2000, 1:4000, 1:5000, 1:7500, 1:10 000. W rezultacie uzyskano klasę obiektów punktowych ze zgeneralizowanymi znakami nawigacyjnymi, którą załadowano do bazy danych, a następnie przekonwertowano do formatu *gml*, który jest domyślnym formatem w MOBINA, zgodnie z przygotowanym schematem. Uzyskane wyniki oceniano bezpośrednio na urządzeniach mobilnych w demonstratorze MOBINA w trakcie badań testowych. Ocenie podlegała czytelność znaków oraz ich oddalenie od siebie. Wyniki dla poszczególnych skal przedstawiono w postaci zrzutów ekranu, bądź ich wycinków.

Na rysunku 5 przedstawiono zrzut ekranu demonstratora zawierający fragment prezentacji z mostem kolejowym w Szczecinie. Na rysunku widać przykład danych wejściowych wprowadzanych do algorytmów. Wyraźnie widoczne są konflikty graficzne znaków nawigacyjnych w obrębie mostu. Warto dodać, że most kolejowy jest najbardziej skomplikowanym przypadkiem w podjętych badaniach, ze względu na szczególnie duże nagromadzenie znaków.



Rysunek 5. Most kolejowy w Szczecinie – dane wejściowe do algorytmów



Rysunek 6. Dane przetworzone zgodnie z algorytmem dla skali 1:2000, przedstawione w geokompozycji składawej 1:2000 (obraz powiększony, aby ułatwić ocenę)

Rysunek 7. Dane przetworzone zgodnie z algorytmem dla skali 1:2000, przedstawione w geokompozycji składawej 1:5000 (obraz powiększony, aby ułatwić ocenę)



Rysunek 8. Dane przetworzone zgodnie z algorytmem dla skali 1:5000, przedstawione w geokompozycji składawej 1:5000 (obraz powiększony, aby ułatwić ocenę)

Rysunek 9. Obraz zgeneralizowanych znaków nawigacyjnych w skali 1:10000 (skala rysunku nie została zachowana)



Na rysunku 6 przedstawiono ten sam most z naniesionymi znakami po zastosowaniu opracowanego algorytmu dla skali 1:2000 w geokompozycji składowej 1:2000, a na rysunku 7 dane po zastosowaniu tego samego, ale przedstawione w geokompozycji składowej 1:5000.

Na rysunku 6 widać, że realizacja algorytmu przyniosła istotną poprawę percepcji znaków. Znaki przesunięte wzdłuż jednej krawędzi są łatwe do rozróżnienia i czytelne. Zauważono jednak, że niektóre znaki nieznacznie nachodzą na siebie – jest to efekt stosunkowo niewielkiej szerokości mostu. Nachodzące obiekty to znaki znajdujące się na przeciwnych krawędziach mostu, które w związku z tym nie zostały w algorytmie rozsunięte. Stwierdzono, że dla geokompozycji 1:2000 takie nakładanie się jest w praktyce dopuszczalne i nie wpływa istotnie na percepcję obrazu mapy.

Na rysunku 7 te same dane przedstawiono w geokompozycji składowej 1:5000. Rysunek potwierdza założenie, że algorytm powinien uwzględniać inną wartość tolerancji R dla różnych skal. Znaki, które na rysunku 6 są rozróżnialne na rysunku 7 nachodzą na siebie i stanowią nieczytelny obraz. Dodatkowo żółte sygnatury oznaczające światło nawigacyjne przesłaniają jeszcze mocniej i tak niewidoczne znaki.

Efekt działania algorytmu dedykowanego dla skali 1:5000 w geokompozycji składowej 1:5000 przedstawiono na rysunku 8. Okazało się, że mimo iż obiekty są prawidłowo przesunięte wzdłuż krawędzi, na obrazie występuje znaczna liczba konfliktów graficznych w warstwie znaków. Zachodzą one pomiędzy obiektami różnych krawędzi mostu. Co więcej, odsuwanie znaków o większą odległość, wymuszoną mniejszą skalą spowodowało, że znaki odsunęły się już całkowicie poza obszar mostu i znajdują się daleko na lądzie, a w niektórych przypadkach nawet na innym kanale żegludowym.

Analiza danych dla innych skal pozwoliła na powtórzenie wniosków dla skali 1:5000. W rezultacie zdecydowano się na wykorzystanie zaproponowanego algorytmu tylko dla skali 1:2000, zaś w skalach mniejszych dokonano selekcji treści, która jest zaliczana do generalizacji jakościowej, a więc selekcji obiektów na podstawie kategorii znaku. Zdecydowano się pozostawić jedynie obiekty zdefiniowane w I kategorii hierarchii, a więc te absolutnie kluczowe z punktu widzenia prowadzenia nawigacji. Rezultat takiej selekcji dla skali 1:10 000 przedstawiono na rysunku 9.

Warto zauważyć, że taka selekcja spowodowała istotną redukcję treści mapy przez usunięcie większości znaków nawigacyjnych, co może mieć wpływ na bezpieczeństwo żeglugi. Zakłada się jednak, bazując na doświadczeniu praktycznym, że rzeczywista nawigacja na akwenach rzecznych, na których występują mosty, będzie realizowana zwykle w skalach większych niż 1:10 000. Skale mniejsze będą służyły raczej celom planistycznym lub też szybkiemu podglądowi ogólniejszej sytuacji. Dla tych celów informacja o mostach z zakazem przejścia w zupełności wystarczy. Alternatywą, może być wyświetlenie ogólnej sygnatury znaku i wyświetlanie szczegółowej informacji o nim na żądanie użytkownika. Takie rozwiązanie zastosowano na przykład w oprogramowaniu Periskal Tresco InlandECDIS (Periskal, 2017). Prowadzone w ramach prac nad MOBINA V analizy wskazały to rozwiązanie, jako mniej przyjazne kartograficznie dla użytkownika na niewielkim ekranie urządzenia mobilnego.

W sensie technicznym założenie selekcji obiektów zrealizowano przez odpowiedni dobór skal wyświetlania, ale dla poszczególnych grup obiektów, a nie dla całych klas, jak to miało miejsce pierwotnie. W zastosowanej koncepcji możliwy jest dobór indywidualnej skali wyświetlania dla poszczególnych obiektów, jeżeli byłaby taka potrzeba.

Podsumowanie

W artykule przedstawiono zakres i wyniki badań nad redukcją konfliktów graficznych obiektów punktowych w systemie mobilnej nawigacji śródlądowej MOBINA. Wykazano konieczność takiej redukcji, jako że dotychczas zastosowane mechanizmy generalizacyjne, a więc opracowanie zestawów obiektów wchodzących w skład geokompozycji wraz z ich geokompozycjami składowymi oraz określenie wartości atrybutów SCAMIN i SCAMAX dla całych klas okazało się niewystarczające. Analizując wymagania użytkowników odnośnie kontekstowej zmiany przekazu kartograficznego oraz możliwości urządzeń mobilnych w aspekcie przetwarzania danych przestrzennych w czasie rzeczywistym, zaproponowano metodę redukcji konfliktów już na etapie przygotowania danych. Dane wejściowe oraz zgeneralizowane są następnie wprowadzane do urządzenia mobilnego w postaci wieloreprezentacyjnych zestawów danych, które w odpowiednim momencie są wyświetlane w aplikacji.

Całość zagadnienia dla obiektów punktowych przedstawiono na przykładzie znaków nawigacyjnych znajdujących się na mostach. Przeprowadzone testy pozwalają sądzić, iż zastosowanie przedstawionego w artykule algorytmu w znacznym stopniu ułatwia interpretację mapy na urządzeniu mobilnym. Jednocześnie stwierdzono, że zmiana położenia znaków ma sens tylko w większych skalach (do 1:5000). W mniejszych skalach należy wprowadzić dodatkową selekcję najistotniejszych znaków, na przykład ustawiając większą wartość skali minimalnej dla pozostałych.

Przyjęte rozwiązanie jest racjonalne z praktycznego punktu widzenia. Zakłada się, że proces nawigacji na rzekach, gdzie zwykle występują mosty i nagromadzenie znaków nawigacyjnych, będzie prowadzony w dużej skali, dla której rezultaty algorytmu są zadowalające. Nawigacja w mniejszej skali będzie prowadzona rzadko i raczej na akwenach otwartych, takich jak duże jeziora.

Dodatkowym efektem przeprowadzonych w fazie testów badań było stwierdzenie, że zaproponowane w pierwotnej wersji wielkości sygnatur dla znaków były zbyt duże i że należy wprowadzić mniejsze wielkości symboli oraz dynamiczną adaptację wielkości znaku do skali.

Literatura

- Bereuter P., Weibel R., 2010: Generalisation of point data for mobile devices: a problem-oriented approach. 13th Workshop of the ICA commission on Generalisation and Multiple Representation, Zürich, Switzerland, September 12-13: 1-8.
- Bereuter P., Weibel R., 2012: Algorithms for on-the-fly generalization of point data using quadrees. The 2012 AutoCarto International Symposium on Automated Cartography, Columbus, Ohio, USA, September 16-18. <http://www.geo.uzh.ch/~pbereut/page/publications/Bereuter-Weibel-2012.pdf>
- Chrobak T. (red.), 2007: Podstawy cyfrowej generalizacji kartograficznej. UWND AGH, Kraków.
- Dogru A.O., Duchêne C., Van de Weghe N., Musticre S., Ulugtekin N.N., 2009: Generalization Approaches for Car Navigation Systems. 11/2009, 24th International Cartographic Conference (ICC 2009), Santiago, Chile.
- Droppova V., 2011: The tools of automated generalization and building generalization in an ArcGIS environment. *Slovak Journal of Civil Engineering* vol. 19, iss. 1: 1-7.
- Gotlib D., 2011: Metodyka prezentacji kartograficznych w mobilnych systemach lokalizacyjnych i nawigacyjnych. *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej – Geodezja* z. 48.
- Harrie L., Zhang Q., Ringberg P., 2005: A case study of combined text and icon placement. Proceedings of the International Cartographic Conference 2005: Mapping Approaches into a Changing World, July 9-16, A Coruna, Spain.

- Kazimierski W., Bodus-Olkowska I., Włodarczyk-Sielicka M., Zaniewicz G., 2015: Założenia rozszerzenia modelu prezentacji kartograficznej na potrzeby system mobilnej nawigacji śródlądowej. *Roczniki Geomatyki* t. 13, z. 4(70): 335-348, PTIP, Warszawa.
- Kazimierski W., Włodarczyk-Sielicka M., 2016: Technology of spatial data geometrical simplification in maritime mobile information system for coastal waters. *Polish Maritime Research* vol. 23, no. 3 (91): 3-12.
- Kovanen J., Sarjakoski T.L., 2013: Sequential displacement and grouping of point symbols in a mobile context. *Journal of Location Based Services* vol. 7, iss. 2.
- Li Z., 2017: Algorithmic foundation of multi-scale spatial representation, CRC Press, Taylor and Francis Group.
- Microsoft. Dostęp 08.02.2017 r. <https://docs.microsoft.com/en-us/uwp/api/Windows.UI.Xaml.Controls.Maps>
- Periskal cvba. Dostęp: 08.02.2017 r. <http://www.periskal.com/en/inland-skippers/products/periskal-inland-ecdis-viewer/periskal-viewer-including-routeplanner>
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 28 kwietnia 2003 r. w sprawie przepisów żeglugowych na śródlądowych drogach wodnych. Dz.U. 2003 nr 212 poz. 2072.
- Saliszczew K., 1998: Kartografia ogólna. Wydawnictwo naukowe PWN, Warszawa.
- Shea K.S., McMaster R.B., 1989: Cartographic generalization in a digital environment: When and how to generalize. *Proceedings of 9th International Symposium on Computer-Assisted Cartography (Auto-Carto 9)*: 56-67.
- Włodarczyk-Sielicka M., Kazimierski W., Marek M., 2014: Wybrane aspekty implementacji zintegrowanego modelu danych przestrzennych w systemie mobilnej nawigacji śródlądowej. *Roczniki Geomatyki* t. 12 z. 4(66): 445-457, PTIP, Warszawa.
- Zaniewicz G., Kazimierski W., Włodarczyk-Sielicka M., 2014: Problematyka integracji danych przestrzennych z różnych źródeł w systemie mobilnej nawigacji śródlądowej. *Roczniki Geomatyki* t. 12 z. 3(65): 337-345, PTIP, Warszawa.

Streszczenie

Mobilna nawigacja MOBINA V jest przykładem systemu informacji przestrzennej dedykowanego dla rekreacyjnych użytkowników śródlądowych dróg wodnych, realizowanego w ramach projektu badawczego pt. „Mobilna nawigacja śródlądowa”. Do głównych założeń projektu można zaliczyć opracowanie nowego modelu mobilnej prezentacji kartograficznej. W trakcie pracy nad modelem systemu, skupiono się na potrzebach użytkownika końcowego oraz możliwościach technicznych urządzeń mobilnych, których użycie wiąże się z ograniczeniami w wizualizacji danych na stosunkowo małych ekranach. Tak zdefiniowany model zakładał opracowanie niezależnych zestawów danych wykorzystywanych w poszczególnych geokompozycjach składowych, które powstały w wyniku generalizacji podstawowego zestawu danych. Dla obiektów o geometrii liniowej oraz powierzchniowej zastosowano klasyczne algorytmy upraszczania przy poszczególnych skalach wyświetlania map wynikowych. W trakcie wyświetlania obiektów punktowych, zwłaszcza punktów głębokości oraz znaków nawigacyjnych, które mają kluczowe znaczenie w trakcie prowadzenia nawigacji na ekranie urządzenia widoczna była zbyt duża ilość informacji, a przede wszystkim w niektórych miejscach symbole nakładały się na siebie. Konieczna jest, zatem korekta, polegająca na rozsunięciu sygnatur oraz ich dopasowaniu do skali wyświetlania. W artykule przedstawiono propozycję algorytmu wykrywania oraz usuwania konfliktów graficznych dla obiektów o geometrii punktowej dedykowanego budowanemu systemowi mobilnej nawigacji śródlądowej. Zawarto przykładowe wyniki dla poszczególnych skal wyświetlania mapy wynikowej na danych rzeczywistych zaimportowanych z dostępnych źródeł. Przeprowadzone testy pozwalają sądzić, iż zastosowanie przedstawionego w artykule algorytmu w znacznym stopniu ulepsza poprawną interpretację mapy na urządzeniu mobilnym.

Abstract

The mobile navigation MOBINA V is an example of a spatial information system dedicated for recreational users of inland waters. MOBINA V is implemented within the research project “Mobile Navigation for Inland Waters”. The main objectives of the project include developing a novel model of mobile cartographic presentation. During the model system development the authors focused on the users' needs and technical capabilities of mobile devices. Visualisation of spatial data in mobile devices is limited due to small displays. The defined model was to develop independent sets of data used in particular geocompositions, which resulted from generalization of the basic dataset. For polyline and polygon features classical simplification algorithms were used. When point features were displayed too much information was visible and, above all, in some places the symbols were overlapping. This was particularly evident for the depth points and information marks, which are very important during navigation. Therefore, it is necessary to correct a location of signatures and their matching to the scale display. The paper presents a proposed algorithm of detection and removal of graphic conflicts for point features in a mobile navigation system for inland waters. The exemplary results for individual map scales using real data imported from available sources were also included. The conducted tests suggest that the use of the algorithm presented in the paper greatly improves the correct interpretation of maps on mobile devices.

mgr inż. Marta Włodarczyk-Sielicka
m.wlodarczyk@marinetechology.pl

dr inż. Witold Kazimierski
w.kazimierski@am.szczecin.pl

mgr inż. Izabela Bodus-Olkowska
i.olkowska@am.szczecin.pl