

**SYSTEMY NAWIGACJI DLA PIESZYCH:
AUTOMATYZACJA POZYSKIWANIA DANYCH**

**AUTOMATIZATION OF DATA ACQUISITION AND PROCESSING FOR
PEDESTRIAN NAVIGATION SYSTEM PURPOSES**

Piotr Tokarczyk, Andrew U. Frank

Institute for Geoinformation and Cartography, Vienna University of Technology

SŁOWA KLUCZOWE: GIS, przetwarzanie obrazów cyfrowych, osobista nawigacja, nawigacja pieszych, poznawanie przestrzenne, kognitywna semantyka, *human wayfinding*

STRESZCZENIE: Wyszukiwanie drogi (*wayfinding*) w nieznanym środowisku jest częścią naszego codziennego życia. Wymaga ono od nas konkretnych przestrzennych i kognitywnych umiejętności. W celu stworzenia systemu nawigacji dla pieszych istotne jest poznanie mechanizmów, które kontrolują procesy kognicji. Wraz z rozwojem technologii, znacznie zmniejszyły się rozmiary i waga elektronicznych urządzeń nawigacyjnych. Obecnie rynek jest pełen doskonale działających systemów nawigacji dla kierowców. Czy w takim razie można zmodyfikować te systemy w taki sposób, aby mogli ich używać piesi? Zasadnicze różnice polegają na: stopniu swobody przestrzennej, prędkości poruszania i związanej z tym rozdzielczości przestrzeni. Trzeba również pozyskać na nowo dane do takiego systemu. W artykule przedstawiona została baza teoretyczna budowy systemów nawigacji dla pieszych. Nacisk został położony na mechanizmy, które są odpowiedzialne za to, jak każdy z nas postrzega otaczającą go przestrzeń i jakie są nasze umiejętności poznania świata. Opracowany model wyszukiwania drogi, zakłada powstanie „scen decyzyjnych”, które zastąpią punkty decyzyjne – dobrze znane z systemów nawigacji dla kierowców. Wynikiem przeprowadzonych badań jest algorytm pozwalający na automatyczne przetwarzanie danych dla systemu nawigacji dla pieszych. Poprzez kolejne etapy wstępnego przetwarzania obrazu, binaryzacji, wykorzystania algorytmów szkieletyzacji i diagramów Voronoi, otrzymany został nawigowalny graf wraz ze scenami decyzyjnymi, gotowy na implementację do nowego systemu.

1. WSTĘP

Wyszukiwanie drogi (*wayfinding*) jest częścią naszego codziennego życia. Wykonujemy tę czynność nie tylko wówczas, kiedy podróżujemy codziennie z domu do pracy, lecz również, gdy jako turyści poruszamy się w nieznanym nam środowisku. Jako, że jest to nasza codzienna czynność – mało kto zdaje sobie sprawę z faktu, jak złożone i wymagające jest to zadanie. Wymaga ono od nas konkretnych przestrzennych (np. orientacji w przestrzeni) i kognitywnych umiejętności.

Sposób, w jaki ludzie postrzegają otaczającą ich przestrzeń od dawna był w kręgu zainteresowań badawczych z różnych dziedzin nauki. W celu opracowania narzędzi wspomagających czynności postrzegania przestrzeni, istotna jest znajomość mechanizmów kontrolujących procesy poznawcze.

Wraz z rozwojem technologii znacząco zmniejszyły się rozmiary i waga urządzeń elektronicznych służących do nawigacji, a spadek cen i ogólna dostępność na rynku zwiększyły zainteresowanie nimi.

Obecnie dostępne są takie elektroniczne urządzenia wspomagające proces wyszukiwania drogi, jak: osobiste urządzenia nawigacyjne (*ang.*: *PND – Personal Navigation Devices*), urządzenia nawigacyjne zintegrowane z telefonami komórkowymi (tzw. *Smartphones*), mapy GPS, przenośne przewodniki, zegarki GPS oraz systemy off-line (planery tras dostępne poprzez strony WWW).

Na rynku znajduje się wiele doskonale działających systemów nawigacji dla kierowców. Są dobrze rozpowszechnione i mają wysoki współczynnik akceptacji użytkowników (Canalys, 2006). Czy w takim razie można zmodyfikować te systemy tak, aby służyły również pieszym? Badania terenowe (Rehrl *et al.*, 2007) map GPS oraz samochodowych systemów nawigacji pokazały, że systemy te nie spełniają wymagań stawianych im przez pieszych użytkowników. Głównym problemem jest fakt, że systemy nawigacji dla kierowców wydają instrukcje, które są mylące dla pieszego. Systemy dla kierowców i pieszych różnią się w następujących aspektach:

- Stopień swobody: kierowcy samochodów są ograniczeni do sieci drogowej, podczas gdy piesi mają większą swobodę poruszania się. Nie muszą przestrzegać zasad ruchu drogowego zmotoryzowanych, mogą się zatrzymywać w dowolnym miejscu lub mogą prawie zawsze zawrócić. Badania wykazały, że instrukcje wydawane przez takie systemy są przeważnie bezużyteczne dla pieszych (np. „skręć w lewo za 200 m”, ponieważ mało kto wie, ile to jest dokładnie 200 m).
- Prędkość poruszania się: piesi poruszają się z wielokrotnie mniejszą prędkością niż kierowcy, przez co mogą dokładniej obserwować otaczające ich środowisko. Większa rozdzielczość przestrzeni postrzeganej przez pieszych powoduje, że instrukcje, które mają być im wydawane powinny być dokładniejsze i semantycznie bogatsze.

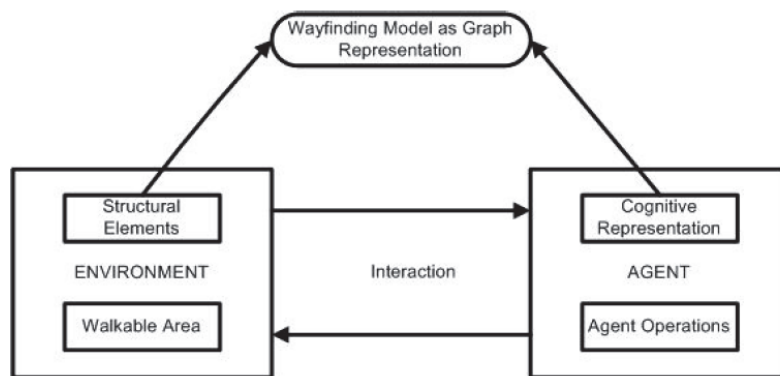
Różnice pomiędzy tymi dwiema grupami użytkowników nabierają znaczenia, gdy opracowujemy konkretny model odnajdywania drogi, który ma być dostosowany dla pieszych. Graf, który jest symulacją nawigacji pieszych, jest odmienny od używanego w nawigacji dla kierowców.

Skoro te dwa systemy różnią się od siebie – różnić się będą także dane potrzebne do ich działania. Mimo, że istnieje wiele systemów opartych na bazach danych systemów dla kierowców, nie znajdują one odpowiedniego zastosowania w systemie dla pieszych (Elias, 2007), (Stark *et al.*, 2007). Dlatego też należy pozyskać nowe, adekwatne do potrzeb pieszych dane, najlepiej w sposób zautomatyzowany. Badania prowadzone w niniejszym projekcie, dotyczące procesu pozyskiwania danych, opierają się na hipotezie, że istnieje możliwość automatycznej produkcji nawigowalnego grafu dla pieszych bazując na mapach cyfrowych.

2. MODEL WYSZUKIWANIA DROGI

Rdzeniem rozwijanego systemu nawigacji dla pieszych jest model wyszukiwania drogi. Założenia tego modelu stanowią bazę dla projektowanego systemu, a w szczególności automatyzacji pozyskiwania danych.

Rysunek 1 wyjaśnia zasady działania modelu. Piesi z założenia mają konkretne umiejętności, które pozwalają im na interakcję ze środowiskiem. Jesteśmy zdolni do wykonywania konkretnych fizycznych operacji. Możemy również wpływać na otaczające nas środowisko i otrzymywać od niego informacje zwrotną, która jest dostępna pod postacią „wiedzy o świecie” i magazynowana jako „wiedza w głowie”. Ten rodzaj interakcji wymaga takiej jej strukturyzacji, która będzie dla nas łatwo przyswajalna. Potrzebujemy zatem kognitywnej reprezentacji tego środowiska. Taka mentalna reprezentacja pozwala nie tylko na zdefiniowanie przestrzeni nawigowalnej, ale również jej wewnętrznej semantyki (Gaisbauer *et al.*, 2008).



Rys. 1. Model wyszukiwania drogi (Gaisbauer i Frank, 2008)

2.1. Rola kognicji przestrzennej i schematów obrazowych

Kognicja przestrzenna (*spatial cognitioning*)

Ludzka kognicja przestrzenna, dziedzina nauki o dużym znaczeniu w usługach nawigacyjnych, jest częścią szerszej interdyscyplinarnej dziedziny zwanej „nauką kognitywną”. Została ona wytworzona przez unifikację nauk szczegółowych zajmujących się systemami poznawczymi, ze szczególnym uwzględnieniem człowieka i systemów sztucznych, takich jak komputery. Wykorzystuje takie nauki jak: psychologia, lingwistyka, filozofia, informatyka, antropologia i fizyka. Zajmuje się badaniem umysłu, procesów myślenia, doświadczeń oraz ludzkiej konceptualizacji świata, w którym żyjemy (Lakoff, 1987). Nauki kognitywne poruszają problemy wszystkich aspektów ludzkiej inteligencji: od percepcji i akcji po język i rozumowanie.

Model wyszukiwania drogi, opisany w tym artykule bazuje na odkryciach nauk kognitywnych. Istnieje pogląd, że włączenie pojęć z dziedziny nauk kognitywnych do modelu może znacząco poprawić efektywność i użyteczność systemów nawigacyjnych i pozwoli na implementację interfejsów użytkownika.

Montello (1993) wyróżnił cztery główne klasy przestrzeni psychologicznej, uporządkowane według ich wielkości w stosunku do ciała ludzkiego: postaciową (*figural*), perspektywiczną (*vista*), środowiskową (*environmental*) i geograficzną (*geographical*). Przestrzeń perspektywiczna oraz środowiskowa mają największe znaczenie dla zadań związanych z nawigacją. Pierwsza z nich opisuje otoczenie osoby,

które może być wizualnie zidentyfikowane bez potrzeby przemieszczania się. Z punktu widzenia modelu wyszukiwania drogi jest to przestrzeń, która ma znaczenie dla nawigacji, gdy pieszy dociera do punktu decyzyjnego. Np. przestrzeń bezpośrednio otaczająca skrzyżowanie dróg będzie sklasyfikowana jako przestrzeń perspektywiczna. Natomiast przestrzeń środowiskowa jest przestrzenią wielkoskalową, w której zachodzi proces nawigacji od-startu-do-celu. Taka przestrzeń jest zbyt duża, aby dokonać jej percepcji bez przemieszczania się.

Schematy obrazowe (*image schemata*)

Pojęcie schematu obrazowego zostało po raz pierwszy użyte przez Johnson'a (1987) w jego książce zatytułowanej „*The Body in the Mind*”. Twierdził on, że te schematy opisują naszą konceptualizację fizycznej rzeczywistości. Są one częścią filozofii twierdzącej, że gdy weźmiemy pod uwagę nasze doświadczenia fizyczne, jesteśmy w stanie zrozumieć nasz umysł. Schematy obrazowe są czymś w rodzaju mentalnych wzorów; są raczej abstrakcyjnymi niż konkretnymi obrazami w naszym umyśle. Uważa się, że pozwalają nam one na ustanowienie połączeń pomiędzy doświadczeniami, które mają wspólną wewnętrzną strukturę (Gaisbauer *et al.*, 2008). Johnson (1987) i Lakoff (1987) opracowali listę rodzajów schematów obrazowych (Tabela 2.1)

Tabela 1. Lista schematów obrazowych (Johnson, 1987)

| | | |
|------------|--------------|-------------------|
| CONTAINER | BALANCE | COMPULSION |
| BLOCKAGE | COUNTERFORCE | RESTRAINT REMOVAL |
| ENABLEMENT | ATTRACTION | MASS-COUNT |
| PATH | LINK | CENTER-PERIPHERY |
| CYCLE | NEAR-FAR | SCALE |
| PART-WHOLE | MERGING | SPLITTING |
| FULL-EMPTY | MATCHING | SUPERIMPOSITION |
| ITERATION | CONTACT | PROCESS |
| SURFACE | OBJECT | COLLECTION |

Istnieje wiele zastosowań schematów obrazowych. Ponieważ wiele z nich ma pewne własności przestrzenne, znajdują one zastosowanie w naukach o przestrzeni. Schematy obrazowe zostały już użyte w celu modelowania fizycznego środowiska ludzi. Np. Raubal (2001), Rüetschi i Timpf (2005) użyli ich głównie do modelowania nawigowanych przez ludzi domen, takich jak dworce kolejowe i lotniska.

Połączenie modelu wyszukiwania drogi, opisanego w tym artykule, z kognitywnymi wymaganiami użytkowników, opiera się głównie na schematach „pojemnik” (*container*) i „łącze” (*link*). Uważane są one za podstawę teoretyczną tego modelu z racji faktu, że porządkują środowisko, w którym poruszają się piesi na poziomie przestrzeni perspektywicznej (*vista*).

- *Container schema* jest schematem reprezentującym zamknięcie (odosobnienie). Składa się z wnętrza, tego co jest na zewnątrz oraz granicy ich dzielącej. Schemat ten jest regularnie używany podczas wejścia/wyjścia do/z budynku.

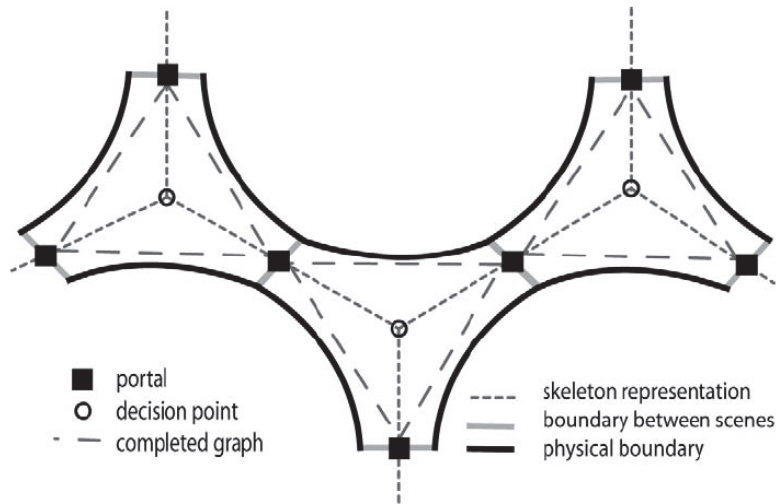
- *Link schema* jest schematem reprezentującym połączenie pomiędzy obiektami, jak i niefizyczne połączenie. Niefizyczne połączenia mogą występować pomiędzy rodzeństwem, a rodzicami. Mogą być również bezpośrednim wizualnym połączeniem widza z obiektem.

2.2. Szczegóły modelu wyszukiwania drogi

W początkowej fazie budowy modelu wyszukiwania drogi ważna jest wiedza, jakie dane potrzebne będą do omawianego systemu. Należy zdefiniować, które obszary będziemy rozróżniać jako nawigowalne dla pieszych. I tak, przestrzeń, po której mogą przemieszczać się piesi składa się przede wszystkim z chodników, stref dla pieszych oraz terenów zielonych. Do obszarów nawigowalnych zalicza się zarówno połączenia (przejścia dla pieszych, przejścia podziemne), jak i również tereny „zaporowe” (budynki).

2.2.1. Sceny decyzyjne

Lynch (1960) zdefiniował punkty decyzyjne jako strategiczne ogniska, w które obserwator może wejść. Zazwyczaj są to skrzyżowania ścieżek, albo koncentracje pewnych obiektów. Pomimo faktu, że punkty decyzyjne rozumiane są jako węzły u zbiegu dróg, mogą reprezentować przestrzennie większy obszar, który jest wewnątrz uporządkowany. Wewnętrzna struktura punktów decyzyjnych, pomimo że jest pomijalna w nawigacji samochodowej, nie może pozostać niewzględzona w systemach nawigacji dla pieszych. Sprowadzenie przestrzeni perspektywicznej (*vista*) dookoła punktu decyzyjnego do prostego węzła jest nadmiernym uproszczeniem środowiska. Nie będzie wtedy reprezentować różnorodności skrótów, jakie mogą wybrać piesi znajdując się w pobliżu punktu. W prezentowanym modelu zaproponowano konstrukcje scen decyzyjnych. Możemy je zdefiniować jako lokalną przestrzeń perspektywiczną dookoła konkretnego punktu decyzyjnego. Do takiej sceny można zarówno wejść, jak i ją opuścić. Jej fizyczne granice wyznaczają budynki lub inne stałe przeszkody, które uniemożliwiają poruszanie, np. pasy jezdni, które nie są przystosowane do ich przekraczania (z wyjątkiem przejść dla pieszych). Sceny decyzyjne są do siebie przyległe tworząc podział przestrzeni przeznaczonej dla pieszych. Jako, że sceny decyzyjne mają fizycznie wyznaczone granice oraz można do nich wejść i je opuścić, zatem są one zgodne z mentalną reprezentacją schematu „pojemnika” (*container*) (Gaisbauer *et al.*, 2008). Granice pomiędzy dwiema scenami decyzyjnymi zostały nazwane portalami, które łączą dwie sąsiadujące sceny. Portale nie są ograniczone wyłącznie do granicy sąsiadującej sceny, ale również mogą łączyć nasz model z modelem do nawigacji wewnątrz budynku. Portalem są wtedy drzwi budynku. Koncepcja portalu pozwala na przejście z jednej sceny („pojemnika”) do drugiej za pomocą schematu „łącza” (*link*). Opcja przejścia bezpośrednio z jednego portalu do drugiego jest przedstawiona jako kompletny graf pomiędzy portalami. Używając tego połączenia, bezpośrednia nawigacja pomiędzy portalami modelowana jest bez udziału punktu decyzyjnego. Powoduje to, że punkty decyzyjne tracą swoje znaczenie dla nawigacji, chyba że są punktem startu lub celu podróży. Rysunek 2. przybliża pojęcie scen decyzyjnych.



Rys. 2. Graficzna prezentacja modelu wyszukiwania drogi (Gaisbauer *et al.*, 2008)

3. AUTOMATYZACJA PRZETWARZANIA DANYCH

W niniejszym opracowaniu, cały proces automatyzacji danych przeprowadzony został w środowisku programistycznym Matlab. Powodem jego wybrania był stosunkowo niski poziom trudności w tego języka programowania. Dodatkowo, wielką zaletą środowiska programowania Matlab jest wbudowany moduł zawierający funkcje wspomagające przetwarzanie obrazów cyfrowych – IPT (*Image Processing Toolbox*).

3.1. Dane wejściowe

Proces pozyskiwania danych dla opisywanego systemu jest nieodłącznie związany z przetwarzaniem obrazów cyfrowych, ponieważ uzyskuje się je z mapy w postaci rastrowej. Jako dane testowe wykorzystano fragment mapy Wiednia. Udogodnieniem dla tej pracy był fakt, że różne klasy obiektów umieszczone były na osobnych warstwach (przedstawionych na rysunku 3 w różnych kolorach).



Rys. 3. Dane wejściowe - mapa rastrowa
(źródło: Stadtvermessung Wien – Magistratsabteilung 41)

I tak, budynki występują w kolorze czerwonym, ulice są ciemno-szare, chodniki jasno-szare, tory tramwajowe – czarne, a tereny zielone przedstawione są na zielono.

3.2. Etapy automatyzacji

Celem badań było automatyczne przetworzenie mapy cyfrowej do takiej postaci, w której zgodnie z założeniami modelu otrzymamy przestrzeń nawigowalną dla pieszych podzieloną na sceny. Kolejne etapy automatyzacji przetwarzania obejmowały: wstępną obróbkę danych, binaryzację, szkieletyzację i mozaikowanie przestrzeni z wykorzystaniem diagramów Voronoi.

W fazie wstępnej, dane należało poddać analizie, w celu wyodrębnienia obszarów, po których mogą się poruszać piesi. Dane wejściowe były w postaci rastrowej z indeksowaną przestrzenią kolorów (RGB). Dzięki temu, każda „warstwa” (grupa obiektów) miała przyporządkowany kolor. Po transformacji obrazu do przestrzeni 256 odcieni szarości (*grayscale*), każdy obiekt miał przypisaną wartość jasności pikseli z przedziału 0-255. Następnie przystąpiono do podziału obiektów na takie, po których piesi mogą się poruszać oraz te, które stanowią dla nich barierę. Do pierwszej grupy zaliczono: chodniki oraz przejścia dla pieszych. Natomiast w drugiej grupie znalazły się pozostałe obszary, tj. murki, drogi, budynki, pomniki, tereny zielone. Tereny zielone zostały zakwalifikowane jako bariera dla pieszych, ponieważ w większości parków występuje zakaz wchodzenia na trawniki. Ponadto przyjęto, że sieć ścieżek jest w zupełności dla pieszych wystarczająca.

Mając wydzielone te dwie grupy obiektów można było przystąpić do binaryzacji obrazu, czyli takiego przekształcenia, które pozwala nam na uzyskanie obrazu zerojedynkowego. Obszary z pikselami o wartości „0” będą przedstawiać tereny

niedostępne dla pieszych, natomiast obszary zawierające piksele o wartości „1” – tereny, po których piesi mogą się poruszać. Napotkano tutaj na kilka problemów, spowodowanych niską jakością danych wejściowych. Np. wystąpiły braki przejść dla pieszych, lub przebieg torów tramwajowych dzielił („rozcinał”) chodnik na dwie części. Rozwiązano je częściowo wykorzystując operator zamknięcia obrazu odpowiednim elementem strukturalnym, bądź też automatycznie wybierając obszary (na podstawie ich właściwości oraz otoczenia, w którym się znajdują), które mają zostać połączone. Niestety, pewnych obiektów nie dało się połączyć bez wpływu na inne obiekty, przez co niektóre chodniki są całkowicie oddzielone od siebie.

Dysponując takim obrazem, przystąpiono do przeprowadzenia operacji szkieletyzacji. Jest to proces, który transformuje obraz wejściowy w reprezentację o postaci zbioru cienkich linii grubości jednego piksela. Najważniejszą cechą szkieletyzacji jest fakt, iż zachowuje ona kształt obiektu, a co najważniejsze – również jego topologię. Utworzony szkielek posiada wiele „ślepo” zakończonych gałęzi, które nie będą potrzebne w kolejnym kroku. Dlatego też szkielek „wyczyszczono” elementem strukturalnym, usuwając te obiekty. Taka postać szkieletu jest jednocześnie nawigowalnym grafem.

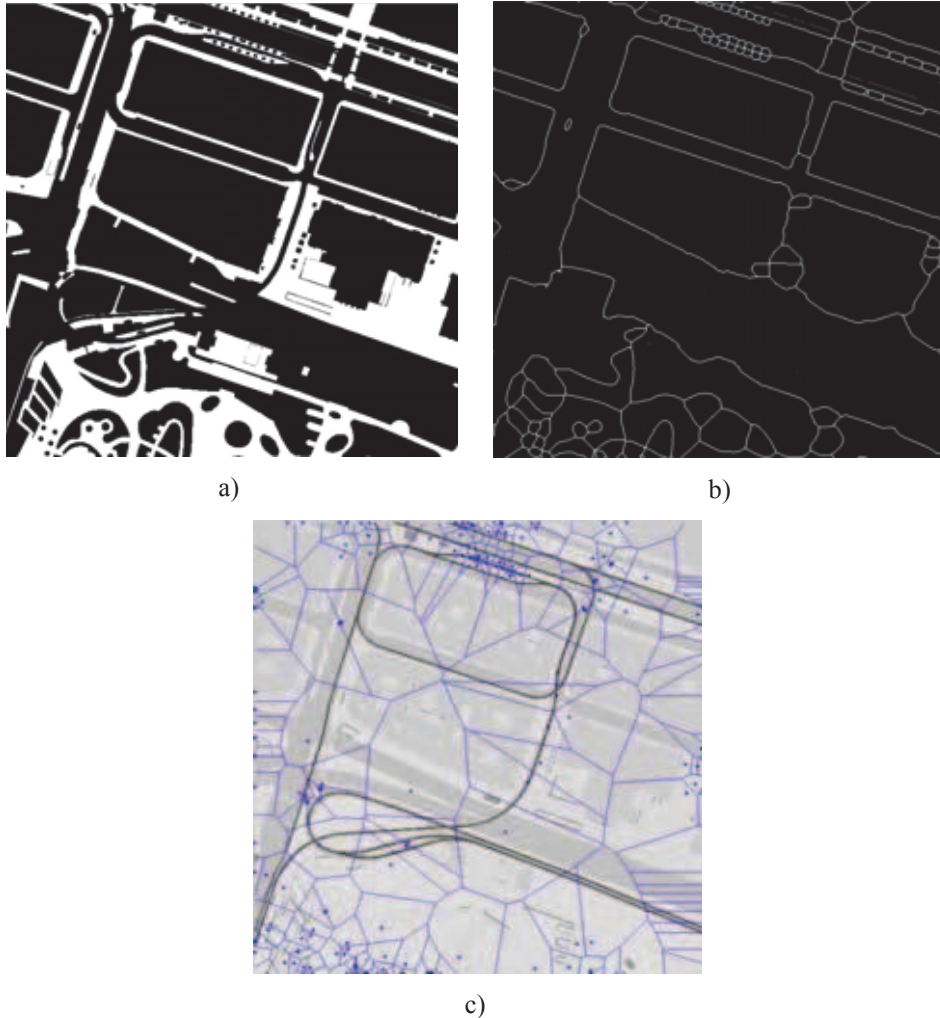
Mając do dyspozycji nawigowalny graf, ostatnim etapem automatyzacji było utworzenie scen decyzyjnych przy użyciu diagramów (poligonów) Voronoi. Zasadą diagramów Voronoi jest podział płaszczyzny zawierającej zbiór n punktów na n obszarów w taki sposób, że każdy punkt w dowolnym obszarze znajduje się bliżej określonego punktu ze zbioru n punktów niż od pozostałych $n - 1$ punktów. Zgodnie z modelem wyszukiwania drogi, sceny decyzyjne, będące jednocześnie poligonami Voronoi, są budowane wokół punktów decyzyjnych. W przypadku niniejszego projektu, punktami decyzyjnymi były nie tylko węzły, czyli punkty, gdzie mamy jedną lub więcej możliwości wyboru innej drogi. Z powodu wspomianej wcześniej niskiej jakości danych (oddzielone chodniki), postanowiono użyć również skrzyżowań dróg jako punktów, wokół których zbudowane zostały sceny decyzyjne.

4. WYNIKI

Praktycznym wynikiem badań jest opracowany algorytm, który pozwala na automatyczne przetwarzanie danych dla przyszłego systemu nawigacji dla pieszych. Cała idea przetwarzania jest zarazem zgodna z modelem wyszukiwania drogi opracowanym przez Gaisbauera i Franka (Gaisbauer *et al.*, 2008). Począwszy od analizy danych wejściowych w postaci mapy rastrowej, poprzez jej binaryzację oraz szkieletyzację obszarów nawigowalnych dla pieszych, uzyskaliśmy sceny decyzyjne – kluczowe obiekty w opracowanym modelu. Wyniki kolejnych etapów automatycznego przetwarzania przykładowych danych zostały przedstawione na rysunku 4.

Automatyzacja przetwarzania danych jest tylko częścią dużego projektu mającego na celu stworzenie nowoczesnego systemu nawigacji dla pieszych. Kolejnym etapem prac powinna być implementacja tego rozwiązania do przenośnego urządzenia, które będzie w stanie spełnić warunki tworzącego się systemu. Równie ważną kwestią jest optymalizacja algorytmu, która może być osiągnięta przez napisanie go w bardziej kompaktowym środowisku programistycznym. Istnieje również wiele problemów, które powinny być rozwiązane w przyszłości. Na przykład, nadal brak koncepcji, jak radzić

sobie z punktami decyzyjnymi umieszczonymi wzdłuż długiej, prostej drogi. Tworzenie scen decyzyjnych w takich przypadkach jest nieefektywne. Ponadto, niniejsze badania były prowadzone na konkretnym zestawie danych rastrowych. Należy przetestować opracowany algorytm na różnych zestawach danych (niekoniecznie rastrowych) i ewentualnie dokonać takich zmian oraz optymalizacji, aby algorytm był uniwersalny.



Rys. 4. a) Mapa binarna; b) Wyczyszczony szkielet; c) Przestrzeń podzielona poligonami Voronoi – sceny decyzyjne

5. ADNOTACJE

Artykuł ten powstał na podstawie pracy magisterskiej Piotra Tokarczyka pt. "Automatization of data acquisition and processing for pedestrian navigation system purposes". Badania były przeprowadzone w ramach projektu *SemWay* i programu *FIT-*

IT: *Semantic Systems* oraz wspomagane przez Austriackie Ministerstwo Transportu, Innowacji i Technologii (BMVIT - Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie).

6. LITERATURA

Canalys 2006. Mobile GPS navigation market doubles year-on-year in EMEA, Canalys research, UK, 2006. Available online as: <http://www.canalys.com/pr/2006/r2006081.htm>.

Elias B., 2007. *Pedestrian Navigation - Creating a tailored geodatabase for routing*. 4th Workshop on Positioning, Navigation and Communication 2007 (WPNC'07), Hannover, Germany, 1-4244-0871-7/07 IEEE, pp.41-47.

Gaisbauer C., Frank A.U., 2008. *Wayfinding Model For Pedestrian Navigation*. Institute of Geoinformation and Cartography, Vienna University of Technology.

Johnson M., 1987. *The Body in the Mind: The Bodily Basis of Meaning, Imagination, and Reason*. The University of Chicago Press, Chicago.

Lakoff G., 1987. *Women, Fire, and Dangerous Things. What Categories Reveal about the Mind*. The University of Chicago Press.

Lynch K., 1960. *Image of The City*. Cambridge, MA: MIT Press.

Montello D., 1993. *Scale and Multiple Psychologies of Space*. In: A. U. Frank and I. Campari (Eds.), *Spatial Information Theory: A Theoretical Basis for GIS*. Berlin: Springer-Verlag, pp. 312-321.

Raubal M., 2001. *Agent-based Simulation of Human Wayfinding: A Perceptual Model for Unfamiliar Buildings*. Ph.D. Thesis, Vienna University of Technology.

Rehrl K., Leitinger S., Gartner G., 2007. *The SemWay Project - Towards Semantic Navigation Systems*. In *Proceedings of the 4th International Symposium on LBS & TeleCartography*, Hong Kong.

Rüetschi U.J., Timpf S., 2005. *Modelling wayfinding in public transport: Network space and scene space*. In: Freksa, C., Knauff, M., Krieg-Brückner, B., Nebel, B., Barkowsky, T. (Eds.) *Spatial Cognition IV: Reasoning, Action, Interaction*; International Conference Frauenchiemsee. LNCS (LNAI), vol. 3343, pp. 24-41. Springer, Heidelberg.

Stark A., Riebeck M., Kawalek J., 2007. *How to Design an Advanced Pedestrian Navigation System: Field Trial Results*. IEEE International Workshop on Intelligent Data Acquisition and Advanced Computing Systems: Technology and Applications. Dortmund, Germany.

AUTOMATIZATION OF DATA ACQUISITION AND PROCESSING FOR PEDESTRIAN NAVIGATION SYSTEM PURPOSES

KEY WORDS: GIS, digital image processing, personal navigation, pedestrian navigation, spatial cognition, cognitive semantics, human wayfinding

Summary

Wayfinding is a vital part of our everyday life. Since it is our daily routine, hardly anybody realizes what a demanding task it is and that it requires certain spatial and cognitive abilities. To develop supporting tools for wayfinding, it is essential to know the mechanisms that control these processes. With a progress of technology, the size and weight of electronic devices have diminished significantly. The dropping of prices and wide-ranging availability of such devices increased interest in such systems. Factors like size and availability were the reason for calling them “ubiquitous systems”.

The market is full of perfectly working navigation systems for car drivers. They are widespread, have high user-acceptance level and their market is fast-growing. Can one modify such systems in a way that pedestrians can use it? The problem is more complex than one might imagine at first sight. Field tests show that systems for car drivers do not meet the requirements of pedestrian users. Car and pedestrian navigation differ in: degree of freedom, velocity of movement and spatial resolution.

In this paper we focus on data acquisition. The required data cannot be based on the same datasets used for car navigation systems. Automatization of the process of data acquisition is also required. The paper introduces a theoretical basis of pedestrian navigation system. The emphasis is given

to the mechanisms responsible for perceiving the surrounding environment. A concept of cognitive maps and image schemata, which are working in our minds, is presented. The paper explains what are our needs and information categories while we are performing a wayfinding task.

The wayfinding model developed assumes construction of *decision scenes* which will replace decision points well-known from car driver navigation systems. The result of this research is an algorithm allowing automatic data processing for pedestrian navigation system. Through successive phases of preprocessing, binarization, skeletonization, and application of Voronoi diagrams, the navigable graph was obtained. It includes *decision scenes* and is ready for implementation to the new system.

mgr inż. Piotr Tokarczyk
e-mail: piotr.tokarczyk@gmail.com
tel. +48 502872717

prof. Dr Andrew U. Frank
e-mail: frank@geoinfo.tuwien.ac.at
tel. +43 1 5880112710
fax: +43 1 5880112799