

DOI 10.2478/v10116-012-0009-0

DOSTĘPNOŚĆ CZASOWA SIECI DROGOWEJ GMINY ROKIETNICA DLA OCHOTNICZYCH STRAŻY POŻARNYCH NA PODSTAWIE MODELU SIECIOWEGO

ŁUKASZ WIELEBSKI

Zakład Kartografii i Geomatyki, Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego,
Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych, Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu,
ul. Dzięgielowa 27, 61-680 Poznań, Poland

Abstract: The article presents a procedural algorithm used for developing time accessibility maps generated by means of a GIS application with a module for network analysis, constituting visualizations for decision-making purposes of emergency and rescue services. The research stages are presented on the example of the road network in Rokietnica Municipality near the city of Poznań, Poland. As a result of the cartographic visualization process, isochrone maps and assessment charts were developed.

Keywords: time accessibility, network data model, isochrone maps, networkanalysis

WPROWADZENIE

Dostępność czasowa (ang. *time accessibility*) to jeden ze sposobów określania dostępności przestrzennej. Przez dostępność przestrzenną należy rozumieć łatwość osiągnięcia miejsca lub funkcji z innego miejsca bądź wielu miejsc, wyrażoną dystansem do pokonania, kosztem transportu lub czasem podróży (Guzik 2003).

Czas przejazdu ma kluczowe znaczenie w działaniach ratowniczych, dlatego zbadanie i rozpoznanie dostępności przestrzeni pod tym kątem jest bardzo ważne dla wszystkich służb szybkiego reagowania, dbających o bezpieczeństwo publiczne i udzielających pomocy w stanach zagrożenia. Znajomość przestrzennego rozkładu poziomu dostępności czasowej może pomóc w wyborze jednostki straży pożarnej, która najszybciej dotrze na miejsce zdarzenia.

Układ sieci drogowej i jakość tworzących ją dróg powodują, że miejsca fizycznie jednakowo oddalone od siebie (odległość euklidesowa) nie są tak samo dostępne czasowo. Nie zawsze jednostki pożarnicze położone najbliżej miejsca wezwania będą tymi, które są w stanie dojechać na miejsce zdarzenia w najkrótszym czasie.

Dostępność czasowa sieci drogowej, czyli osiągalność poszczególnych odcinków dróg w określonych przedziałach czasowych z wybranego miejsca

(mapy monocentryczne) lub kilku miejsc (mapy policentryczne; Witt 1970) jest przedstawiana na mapach za pomocą izochron – linii wyznaczających zasięg osiągalności przestrzeni w określonym interwale czasowym.

OBSZAR BADAŃ

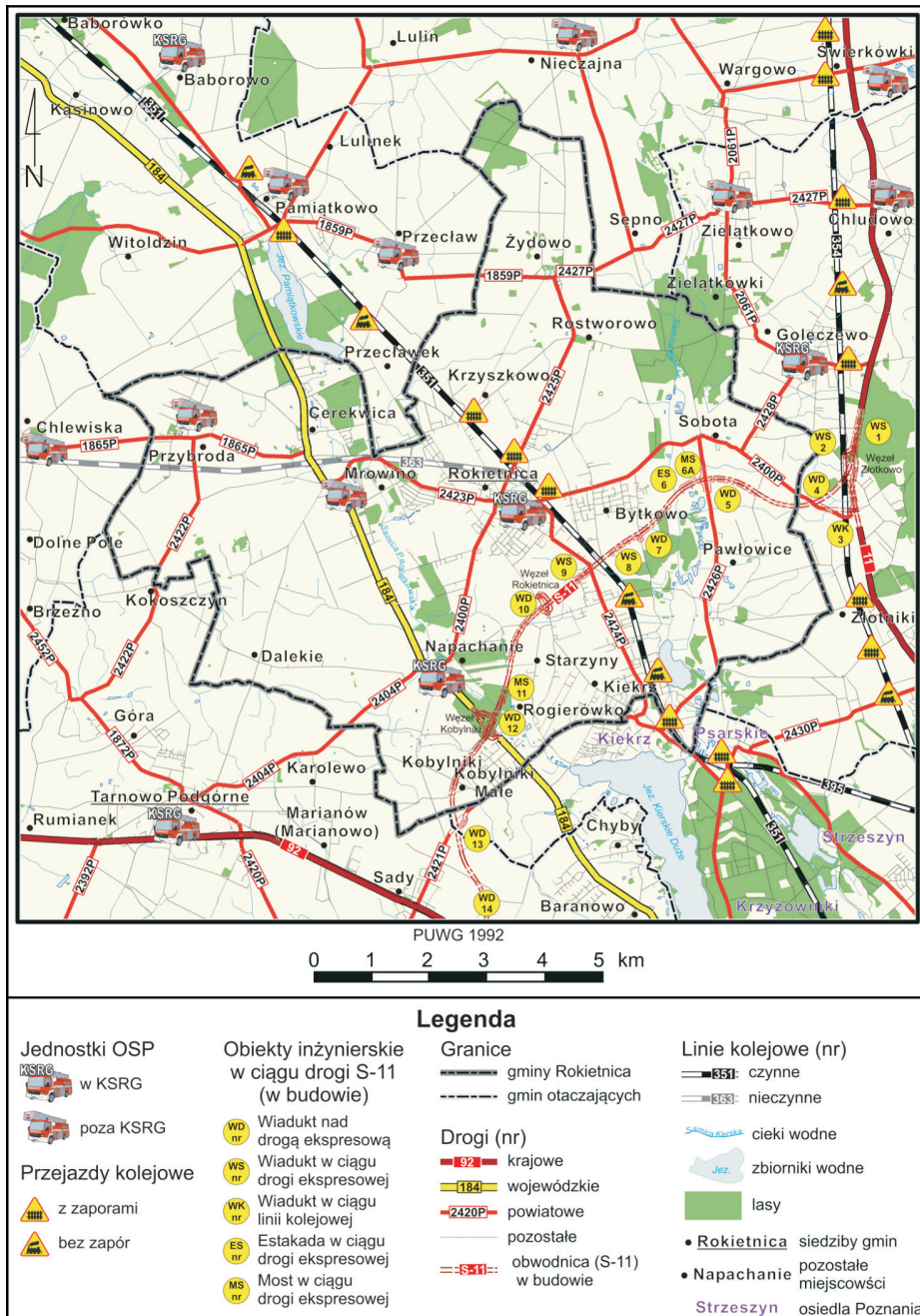
Na obszar badań wybrano podpoznańską gminę Rokietnica, w której w miejscowościach: Rokietnica, Mrowino, Napachanie i Przybroda zlokalizowane są cztery jednostki Ochotniczych Straży Pożarnych, od których wyznaczano dostępność czasową, opierając się na utworzonym na podstawie pozyskanych danych modelu sieciowym.

Za potrzebą wykonania analizy dostępności czasowej tego obszaru dla działań operacyjnych OSP przemawiają intensywnie zachodzące na nim procesy urbanizacyjne, które wiążą się ze wzrostem prawdopodobieństwa występowania zagrożeń. W ciągu ostatnich 10 lat w gminie Rokietnica odnotowano 50-procentowy przyrost liczby ludności (z 7343 mieszk. w 2000 r. do 11 675 w 2010 r. – wg danych UG Rokietnica). Infrastruktura drogowa nie rozwija się w takim samym tempie, jak infrastruktura mieszkaniowa, w szczególności gdy chodzi o aspekt jakościowy dróg (SUiKZP 2010). Przyjrzenie się zabezpieczeniu tego obszaru jest ważne także z punktu widzenia budowanej Zachodniej Obwodnicy Miasta Poznania, która zmieni dotychczasowy układ komunikacyjny na terenie gminy.

Ze względu na specyfikę analizowanego problemu badawczego obszar badań został rozszerzony o przyległe tereny leżące poza granicami gminy. W układzie sieci komunikacyjnej uwzględniono budowaną Zachodnią Obwodnicę Miasta Poznania przechodzącą przez teren gminy i będącą zupełnie nowym elementem układu komunikacyjnego stanowiącym część nowej drogi krajowej S-11. Stan techniczny dróg w gminie Rokietnica pozostawia wiele do życzenia. Większość z nich stanowią drogi o nawierzchni nienadającej się do szybkiej jazdy. To przekłada się także na czas przejazdu. Układ komunikacyjny badanego obszaru, rozmieszczenie jednostek OSP oraz podstawowe elementy pokrycia terenu przedstawiono na rycinie 1.

CEL BADAŃ

Celem badań było określenie dostępności czasowej sieci drogowej gminy Rokietnica dla działań operacyjnych Ochotniczych Straży Pożarnych za pomocą wizualizacji kartograficznych, będących wynikiem działań w modelu sieciowym. Poza przedstawieniem graficznym pozwalającym na poznanie rozmieszczenia przestrzennego tego zjawiska celem badań była ocena ilościowa



Ryc. 1. Mapa sieci drogowej i rozmieszczenia jednostek OSP na obszarze badań na tle topografii

Fig. 1. Map of the road network and location of Volunteer Fire Stations on the background of topography

dostępności czasowej, wyrażona procentowo w odniesieniu do długości odcinków sieci drogowej gminy dostępnych w określonych przedziałach czasu. Z tym wiąże się także ocena jakościowa poziomu zabezpieczenia gminy w nawiązaniu do nieformalnie przyjętego standardu dotyczącego wymaganego czasu odpowiedzi jednostek straży pożarnej na wezwanie. Ważnym celem było także ustalenie teoretycznego przebiegu granic rejonów operacyjnych (optymalnego obszaru działania) dla poszczególnych jednostek OSP z obszaru badań.

METODYKA

Aplikacje GIS dostarczają technicznych rozwiązań pozwalających na zautomatyzowane tworzenie map dostępności czasowej według zadanych parametrów. Dzięki istnieniu sieciowego modelu danych i analiz na nim wykonywanych tworzenie map dostępności czasowej może odbywać się bardzo szybko. Nadal jednak bardzo pracochłonnym i czasochłonnym etapem jest zebranie potrzebnych danych oraz wykonanie modelu sieciowego. O ile kwestie techniczne pozwalają na tworzenie dość skomplikowanych analiz, o tyle podstawowym problemem w dalszym ciągu pozostaje przełożenie informacji o rzeczywistych czasach przejazdu na model. U podstaw modelowania zjawiska dostępności czasowej leży identyfikacja czynników decydujących o czasie przejazdu.

Na poziom dostępności czasowej wpływa bardzo duża liczba czynników, zarówno tych o charakterze stałym (oddziałują na dostępność czasową zawsze), jak i losowym (występują okazjonalnie i trudno przewidzieć, kiedy zostaną uruchomione). Przykładem czynnika stale determinującego czas przejazdu może być klasa drogi określająca parametry techniczne, jakie powinna ona spełniać. Natomiast przykładem czynnika losowego mogą być różnego rodzaju zjawiska atmosferyczne, które swoim oddziaływaniem mogą niekiedy znacznie wydłużyć czas podróży.

Analizując przyczyny różnicujące dostępność czasową, wyróżniono sześć głównych grup czynników, które przekładają się na dystans i prędkość jego pokonywania, a w rezultacie na dostępność czasową wyrażoną czasem przejazdu. Należą do nich: sieć dróg, samochód, infrastruktura, środowisko naturalne, warunki atmosferyczne i kierowca. Sieć dróg, samochód i infrastrukturę można określić mianem grup uwarunkowań o charakterze technicznym, środowisko naturalne i warunki atmosferyczne są grupami czynników naturalnych i wreszcie ostatnia składowa, czyli kierowca, który stanowi czynnik ludzki. Wydzielone główne grupy uwarunkowań i przykłady czynników należących do tak zdefiniowanych grup oraz wybrane wzajemne zależności, jakie między nimi zachodzą przedstawiono za pomocą schematu kołowego na rycinie 2.

Mała liczba opracowań metodycznych dotyczących map dostępności czasowej sprawia, że ich autorzy są zdani prawie wyłącznie na własne wyczucie i wyobraźnię (Pietrusiewicz 1996).



Ryc. 2. Schemat kołowy będący ilustracją złożoności problemu dostępności czasowej w kontekście wyjazdów alarmowych straży pożarnych

Wyróżniono sześć grup uwarunkowań wpływających na dystans lub prędkość i w konsekwencji na czas przejazdu z przykładami czynników należących do tak zdefiniowanych grup i niektórymi możliwymi relacjami zachodzącymi pomiędzy nimi; na podstawie: Pietrusiewicz 1996; Lijewski 1977; Ratajski 1989 oraz przemyśleń autorskich

Fig. 2. Circular scheme presenting complexity of time accessibility problem with groups of factors that have an influence on the travel time (road network, infrastructure, geographic environment, weather conditions, car and driver)

Sposoby obliczania czasu podróży mogą się różnić zależnie od: dostępnych materiałów źródłowych, przeznaczenia mapy i jej skali, specyfiki prezentowanego obszaru (rzeźby terenu, gęstości sieci dróg) i dostępnych tam środków transportu (Pietrusiewicz 1996).

Duża różnorodność sposobów wyznaczania dostępności czasowej powoduje,

że z tych samych danych można uzyskać mapy izochron mocno różniące się od siebie (Pietrusiewicz 1996). Różnice te mogą wynikać z odmiennego sposobu obliczeń, ale także z faktu stosowania generalizacji przy wizualizacji izol linii dostępności (eliminacja „wysp” o dobrej lub słabej dostępności).

Dostępność czasowa może być wyznaczana bezpośrednio poprzez przypisanie czasu przejazdu do odcinka drogi lub w sposób pośredni, jeżeli punktem wyjścia do obliczeń czasu jest prędkość pokonania odcinka o znanej długości. W pierwszym przypadku może to być:

- najkrótszy czas przejazdu odcinka,
- średni czas przejazdu,
- czas przejazdu powtarzający się najczęściej wśród wszystkich czasów przejazdu na danym odcinku (Warakomska 1993).

Drugi sposób umożliwiający rozwiązanie problemu dostępności to przytaczane przez Pietrusiewicza (1996) arbitralne przypisywanie prędkości do kategorii dróg. Prędkość do obliczania izochron może być rzeczywista, gdy dotyczy komunikacji kursującej według rozkładu jazdy, który można potraktować za punkt odniesienia przy obliczeniach, lub teoretyczna (założona), gdy dotyczy komunikacji nieregularnej (Ratajski 1989). Problem wyznaczania dostępności czasowej dla pojazdów uprzywilejowanych należy uznać za szczególnie trudny, ponieważ z natury wymaga on operowania nie tylko bezpieczną, ale zarazem optymalną prędkością jazdy.

Metoda obliczeń czasu przejazdu jest kluczowa przy opracowywaniu map dostępności czasowej, ponieważ w zasadniczy sposób wpływa na jakość i wiarygodność uzyskanych wyników.

W niniejszych badaniach w procesie opracowywania map dostępności czasowej posłużono się aplikacją ArcGIS z rozszerzeniem Network Analyst, stanowiącym moduł do analiz sieciowych. Modelem danych niezbędnych do realizacji celów badań był model sieciowy.

MODEL SIECIOWY

Sieciowy model danych jest specyficzną odmianą topologicznego modelu wektorowego, który umożliwia modelowanie przepływu w sieciach i pozwala na dokonywanie analiz sieciowych (Longley i in. 2006). Analizy sieciowe mogą być realizowane na zbiorach połączonych obiektów liniowych (Bielecka 2006). Model sieci (w analizowanym przypadku model sieci drogowej) składa się z:

- węzłów (ang. *nodes, junctions*) nazywanych niekiedy także punktami (ang. *points*), które odpowiadają skrzyżowaniom ulic;
- linii (ang. *lines*), nazywanych także krawędziami (ang. *edges*) lub łukami (ang. *arcs*), odzwierciedlających ulice;

- topologicznych relacji między wymienionymi elementami sieci, które określają, w jaki sposób linie łączą się z sobą w węzłach (Longley i in. 2006).

Sieć dróg stanowi zbiór odcinków, z których każdy ma określone: geometrię (przebieg), długość (dystans), prędkość, z jaką może być przebyty, i czas, w jakim może zostać pokonany. Odcinki te składają się na możliwe trasy przejazdu. O dozwolonych kierunkach przepływu w sieci decyduje sposób połączeń poszczególnych odcinków, czyli relacje topologiczne, jakie między nimi zachodzą.

ETAPY BADAŃ

Etapy badań obejmowały kolejno: stworzenie koncepcji projektu GIS, pozyskiwanie danych i ich klasyfikację, tworzenie modelu wektorowego, stanowiącego zapis informacji o sieci drogowej, a następnie konwersję tego modelu na model sieciowy uwzględniający informacje o topologii. Kolejnym etapem badań była eksploatacja utworzonego modelu sieciowego, czyli wykonanie analiz sieciowych według wybranych parametrów, których efektem stały się mapy dostępności czasowej gminy Rokietnica dla działań OSP. Jednym z najważniejszych kroków na etapie koncepcyjnym było ustalenie metody obliczeń czasu przejazdu.

W niniejszych badaniach do określenia atrybutu czasu wykorzystano transformację wzoru na drogę w ruchu jednostajnym prostoliniowym ($t = s \cdot v^{-1}$), gdzie t oznacza czas, s przebytą drogę (dystans), a v prędkość. Informację o długości poszczególnych odcinków dróg pozyskiwano bezpośrednio z geometrii odcinków zapisanej w modelu wektorowym w przyjętym dla opracowania układzie współrzędnych 1992. Warunkiem była tu odpowiednia dokładność geometryczna zapewniająca uzyskanie możliwie jak najdokładniejszego wyniku. Założona skala dokładności odpowiadała skali mapy topograficznej stanowiącej referencję i wynosiła 1 : 10 000. Drugi z atrybutów potrzebnych do obliczenia czasu przejazdu danego odcinka, czyli prędkość, wyznaczano, opierając się na różnych przesłankach pozwalających na przypisanie konkretnej, teoretycznie założonej średniej wartości. Prędkość określano głównie na podstawie obowiązujących ograniczeń prędkości i rodzaju nawierzchni danej drogi. Do każdego typu nawierzchni przypisano konkretną teoretyczną prędkość. Nawierzchnie drogowe występujące na obszarze badań sklasyfikowano, posiłkując się wytycznymi technicznymi Bazy Danych Topograficznych (TBD), zgodnie z którymi wyróżnia się 12 rodzajów nawierzchni, które wymieniono w tabeli.

Tabela. Przyjęta w opracowaniu klasyfikacja nawierzchni drogowych nawiązująca do obowiązującej w Bazie Danych Topograficznych (TBD)

Table. The classification of road surface types adopted in the research referring to their classification from the Database of Topographic Objects

Klasyfikacja i oznaczenia wg TBD <i>Classification based on Database of Topographic Objects</i>			Klasyfikacja ogólna <i>General classification</i>	
Lp.	Kod atrybutowy <i>Attribute code</i>	Typ nawierzchni <i>Type of pavement</i>		
1.	Bt	beton (<i>beton</i>)		
2.	Kk	kostka kamienna (<i>paving stone</i>)		
3.	Kl	klinkier (<i>clinker</i>)	ulepszona (<i>improved</i>)	
4.	Kp	kostka prefabrykowana (<i>prefabricated cube</i>)		
5.	Mb	masa bitumiczna (<i>bitumen</i>)	twarda (<i>hard</i>)	
6.	Br	bruk (<i>causeway</i>)		
7.	Pb	płyty betonowe (<i>concrete slabs</i>)		
8.	Tl	tłuźceń (<i>broken stone</i>)	nieulepszona (<i>unimproved</i>)	
9.	Zw	żwir (<i>gravel</i>)		
10.	Gz	stabilizowana żwirem lub żuźlem (<i>stabilized with gravel or slag</i>)	ulepszona (<i>improved</i>)	
11.	Gr	grunt naturalny (<i>natural ground</i>)	nieulepszona (<i>unimproved</i>)	
12.	In	inny (<i>other</i>)	– –	

Na podstawie wytycznych technicznych Bazy danych topograficznych (TBD) – Część 2.
Specyfikacja danych zasobu podstawowego TBD

POZYSKIWANIE DANYCH I ICH KLASYFIKACJA

Przy pozyskiwaniu danych korzystano z kartograficznej metody badań wspieranej badaniami terenowymi. Wśród typów danych wykorzystanych przy tworzeniu modelu sieci znalazły się dane: wektorowe, rastrowe, tabelaryczne, a także opisowe i zdjęciowe. Wiele informacji uzyskanych zostało w czasie prac

terenowych, które umożliwiały weryfikację danych pozyskanych podczas prac kameralnych i stanowiły ważne ich uzupełnienie. Dla poznania specyfiki funkcjonowania straży pożarnej na obszarze badań istotne były wywiady środowiskowe, przeprowadzone ze strażakami i urzędnikami gminy, pomocne zwłaszcza na etapie procesu modelowania dostępności czasowej.

W procesie badawczym wykorzystano dane z różnorodnych istniejących źródeł pozwalające na modelowanie kształtu sieci drogowej i jej właściwości. Do utworzenia modelu sieci drogowej wykorzystano: wektorowe dane Powiatowego Ośrodka Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej w Poznaniu (osie ulic i kataster), dane projektu OpenStreetMap (www.openstreetmap.org), udostępniane na licencji Creative Commons Attribution Share-Alike 2.0, oraz dane Wektorowej Mapy Poziomu Drugiego (VMapL2). Były to dane o zróżnicowanym zasięgu przestrzennym, dokładności i aktualności, zapisane w różnych układach współrzędnych.

Dane wektorowe sprawdzono pod kątem dokładności geometrycznej, czyli stopnia zgodności położenia obiektów na mapie z ich położeniem rzeczywistym (Medyńska-Gulij 2011). Dane wymagały także oceny pod względem wiarygodności. Główny punkt odniesienia przy dokonywaniu korekty geometrycznej danych wektorowych stanowiła ortofotomapa. Mapę topograficzną w układzie 1992 i skali 1 : 10 000 jako podkład referencyjny wykorzystywano przede wszystkim w miejscach, gdzie przebieg drogi na ortofotomapie nie mógł być jednoznacznie ustalony, np. w przypadku dróg śródlęsnych. Uwzględnienie przebiegu Zachodniej Obwodnicy Miasta Poznania w budowanym modelu sieci drogowej było możliwe dzięki użyczonym do celów naukowych przez poznański oddział GDDKiA danym rastrowym, przedstawiającym przebieg drogi i zaplanowaną na niej organizację ruchu.

W badaniach terenowych ze względu na dużą powierzchnię obszaru objętego analizą użyto samochodu osobowego, z którego korzystanie było ważne także dla uzyskania wiedzy potrzebnej do definiowania możliwej prędkości przejazdu. Wykorzystano również urządzenia cyfrowe służące dokumentacji (kamerę i aparat fotograficzny).

Przedstawione na rycinie 3 przykładowe fotografie wykonane podczas badań terenowych i odpowiednio przetworzone w czasie prac kameralnych prezentują zróżnicowanie szerokości dróg i typów nawierzchni drogowych występujących na terenie gminy, które wpływają na możliwe do rozwinięcia prędkości i w dużej mierze decydują o charakterze sieci drogowej. Za punkt odniesienia pozwalający na pomiar szerokości nawierzchni posłużył samochód, który daje najlepsze wyobrażenie o szerokości jezdni i tym, w jakim stopniu pozwala ona na swobodne mijanie się pojazdów jadących w przeciwnych kierunkach.

Przypisywanie prędkości do poszczególnych odcinków dróg było najważniejszym i zarazem najbardziej problematycznym etapem pracy, decydującym o jakości wyników końcowych. Poza drogami głównymi najczęściej przypisywaną



Ryc. 3. Przykładowe typy nawierzchni drogowych występujące na terenie gminy Rokietnica
Zróznicowanie ich szerokości oraz średnia prędkość przypisana do każdej z dróg

Fig. 3. Examples of road surface types in Rokietnica municipality territory
With information about width and average speed assigned to each of them

prędkością średnią było 20 km/h. Tak małe wartości prędkości wynikają ze stanu dróg gminy – większość z nich stanowią drogi gruntowe podatne na odkształcenia powodowane naciskiem przejeżdżających pojazdów i wpływami atmosferycznymi. Wiedza o obowiązujących ograniczeniach prędkości na terenie gminy czerpana była przede wszystkim z informacji uzyskanych na podstawie prac terenowych.

Kamera zamontowana w samochodzie używanym w czasie badań terenowych rejestrowała nie tylko obraz, ale również uwagi wypowiedziane w czasie jazdy na temat drogi i jej otoczenia oraz aktualnej prędkości samochodu. Wszystkie informacje, które udało się uchwycić i które były potrzebne, wykorzystywano

w czasie prac kameralnych, na etapie przypisywania odcinkom dróg informacji atrybutowych. Przykładowy obraz z kamery przedstawiono na rycinie 4.

Ostateczną decyzję o wartości prędkości przypisanej do konkretnego odcinka podejmowano na podstawie przeprowadzonych badań terenowych. Ze względu na to, że nie wszystkie cechy drogi decydujące o jej jakości dają się w prosty i bezpośredni sposób zapisać w bazie danych, przy przypisywaniu prędkości odcinkom nie uniknięto arbitralności.

Po wprowadzeniu wszystkich informacji atrybutowych dotyczących dróg (przypisanej prędkości średniej, obliczonej długości odcinków i wyliczonym na ich podstawie czasie przejazdu każdego odcinka oraz po uwzględnieniu informacji o relacjach topologicznych – dwupoziomowe skrzyżowania dróg, drogi jednokierunkowe) dokonano konwersji tak przygotowanego modelu wektorowego na model sieciowy. Zanim model sieciowy mógł być wykorzystany do spełnienia postawionych celów badawczych, musiał zostać poddany weryfikacji pod kątem poprawności – dotyczyło to przede wszystkim zachowania odpowiednich relacji topologicznych decydujących o możliwych trasach przemieszczania się w sieci.



Ryc. 4. Obraz z kamery zamontowanej w samochodzie, rejestrującej trasy przejazdów w czasie badań terenowych

Fig. 4. The view from a video camera mounted in the vehicle registering the routes tested during fieldwork

WYNIKI BADAŃ

W celu zbadania dostępności czasowej obszaru gminy Rokietnica dla działań operacyjnych Ochotniczych Straży Pożarnych, na podstawie utworzonego modelu sieciowego przeprowadzono osiem analiz sieciowych. Wynikiem procesu wizualizowania kartograficznego stały się:

1. Cztery monocentryczne mapy izochron określające dostępność czasową terytorium gminy Rokietnica, wyznaczaną z osobna dla każdej jednostki OSP z terenu gminy – odpowiednio dla OSP: Rokietnica (ryc. 5A), Mrowino (ryc. 5B), Napachanie (ryc. 5C) i Przybroda (ryc. 5D).
2. Trzy mapy policentryczne, z których pierwsza przedstawia dostępność czasową obszaru gminy Rokietnica rozpatrywaną łącznie dla wszystkich jednostek OSP z terenu gminy (ryc. 6A), druga prezentuje dostępność czasową terenu gminy Rokietnica dla wszystkich okolicznych jednostek OSP spoza terenu gminy (ryc. 6B), a trzecia (ryc. 7A) jest mapą dostępności czasowej obszaru gminy Rokietnica dla wszystkich jednostek z obszaru badań (z i spoza terenu gminy).
3. Mapa optymalnych rejonów operacyjnych dla jednostek OSP mogących brać udział w zabezpieczeniu terytorium gminy Rokietnica (ryc. 7B).

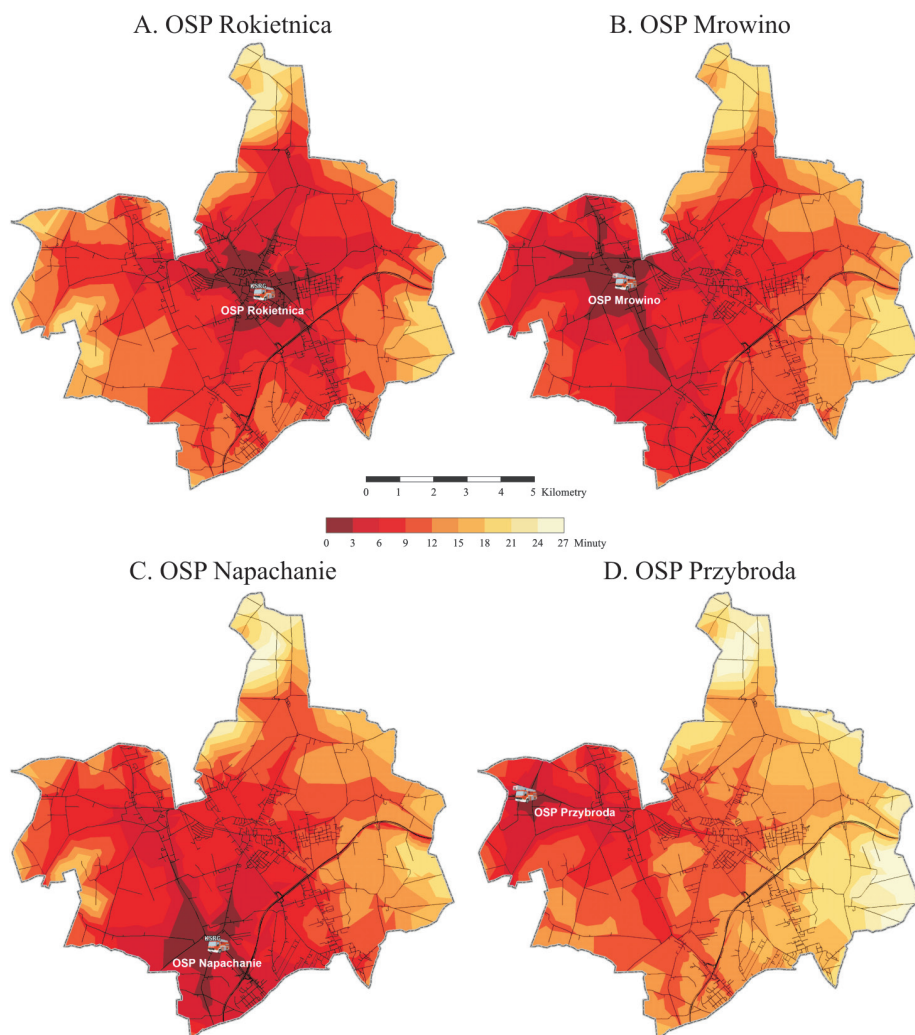
We wszystkich z wymienionych analiz uwzględniono również sieć drogową położoną poza terenem gminy w obszarze badań, natomiast mapy wynikowe dotyczyły do granic gminy Rokietnica. Izochrony dobrej dostępności czasowej wzdłuż głównych dróg są wydłużone na kształt klinów, których długość jest tym większa, im większa jest prędkość, z jaką możliwe jest pokonanie tych odcinków.

Na podstawie analizy map dostępności czasowej dla jednostek OSP z terenu gminy Rokietnica stwierdzono, że najwięcej czasu samochody straży pożarnej potrzebują na dojazd do położonych blisko granicy gminy obszarów w południowo-wschodniej i północnej jej części.

Na wygenerowanych mapach dostępności czasowej oraz mapie rejonów operacyjnych widoczny jest także przewidywany wpływ powstającej drogi ekspresowej S-11 na badany problem. Wskutek realizacji tej inwestycji większość najważniejszych dotychczasowych połączeń drogowych zostanie zachowana, jednak wjazd na drogę S-11 oraz zjazd z niej będą możliwe jedynie na węzłach drogowych. Droga ta będzie w stanie poprawić dostępność czasową obszaru gminy jedynie w sytuacjach, gdy zarówno jednostka OSP, jak i miejsce zdarzenia będą zlokalizowane w pobliżu ulic prowadzących do węzłów drogowych obwodnicy. Wiadukty i węzły komunikacyjne będą powodowały widoczne na mapie rejonów operacyjnych (ryc. 7B) krzyżowanie się zasięgów wpływów poszczególnych jednostek.

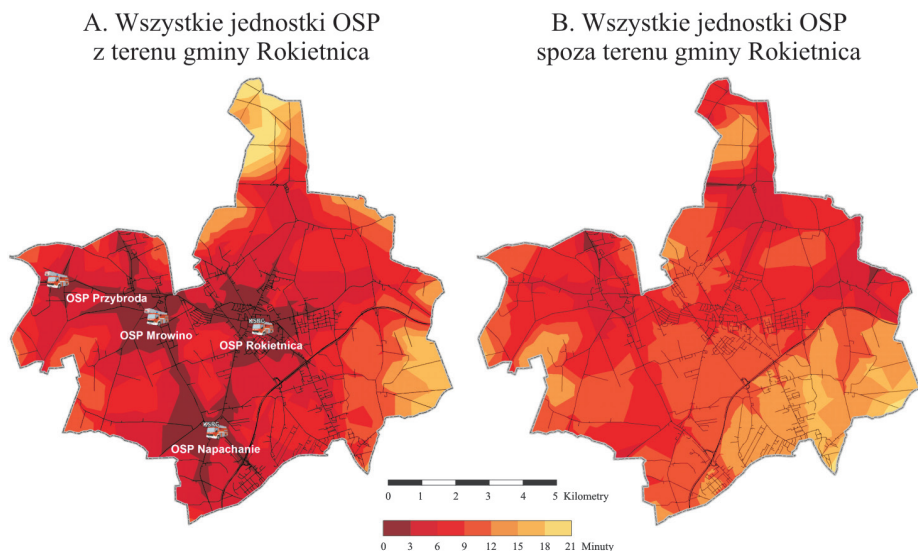
Mapy izochronowe pokazują przestrzenny rozkład poziomu dostępności czasowej, ale nie pozwalają na dokładną ilościową ocenę udziału sum długości

odcinków sieci drogowej w poszczególnych przedziałach czasowych, w jakich są one osiągalne dla jednostek ratowniczych. Aby na podstawie danych ilościowych móc dokonać jakościowej oceny dostępności czasowej, konieczne było wyznaczenie jakiegoś progu, który pozwoliłby stwierdzić, kiedy jest ona jeszcze na zadowalającym poziomie, a kiedy już nie.



Ryc. 5. Dostępność czasowa sieci drogowej gminy Rokitnica dla działań jednostek OSP: A – dla OSP Rokitnica, B – dla OSP Mrowino, C – dla OSP Napachanie, D – dla OSP Przybroda

Fig. 5. Time accessibility map of Rokitnica Municipality's road network for activities of voluntary fire departments (OSP): A – for OSP Rokitnica, B – for OSP Mrowino, C – for OSP Napachanie, D – for OSP Przybroda

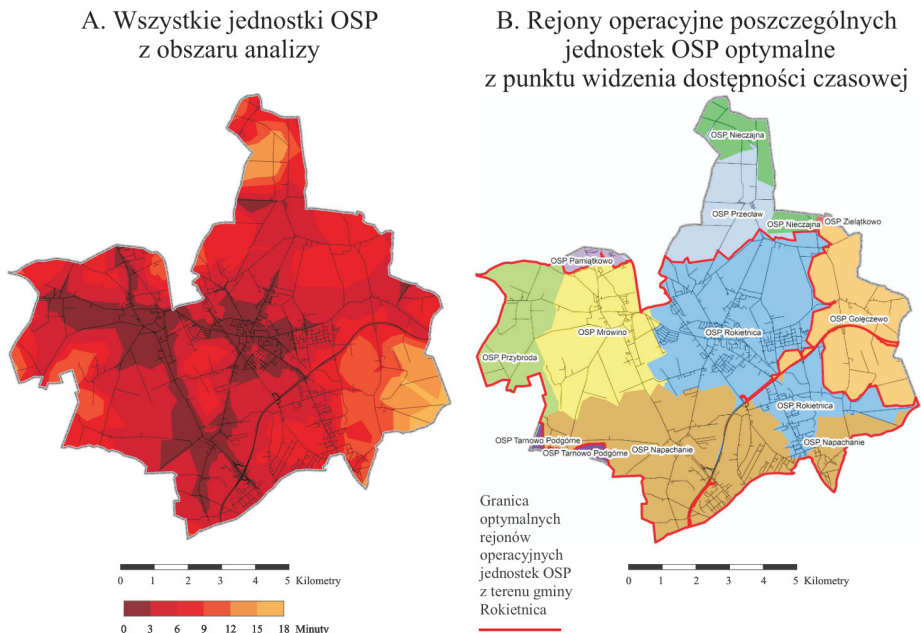


Ryc. 6. Dostępność czasowa sieci drogowej gminy Rokietnica: A – dla jednostek OSP z terenu gminy Rokietnica, B – dla jednostek OSP spoza terenu gminy Rokietnica

Fig. 6. Time accessibility map of the Rokietyca Municipality road network for activities of voluntary fire brigades (OSP): A – for all OSP's in the Rokietyca municipality territory, B – for all OSP's located outside the territory of Rokietyca municipality

Choć w Polsce nie obowiązują standardy, które określałyby, po jakim czasie straż pożarna powinna dotrzeć na miejsce zdarzenia, to przyjmuje się, że w mieście czas ten nie powinien przekraczać 8 min, a poza miastem 15 min (Kielin 2007). Przyjmując założenie, że czas odpowiedzi na wezwanie nie powinien być dłuższy niż 15 min i że czas, jaki upływa od wezwania do wyjazdu jednostki OSP to przeciętnie 6 min (czas ten celowo zawyżono w stosunku do średnich dla jednostek z terenu Gminy Rokietnica – jest on zróżnicowany w zależności od danej jednostki OSP oraz oddalenia od remizy strażaków ochotników w momencie wezwania), tak pojęty standard dostępności czasowej spełniają te odcinki dróg, które są osiągalne dla jednostek OSP w czasie do 9 min. W celu oceny dostępności czasowej sieci drogowej gminy Rokietnica pod kątem standardów dostępności dla służb ratowniczych przycięto odcinki sieci drogowej osiągalne w poszczególnych przedziałach czasowych względem poligonomowej warstwy izochron, a następnie zsumowano długości odcinków dróg dla każdej z grup czasowych. Wyniki wyrażono procentowo za pomocą diagramów kołowych (ryc. 8).

Na podstawie analizy diagramów przedstawionych na rycinie 8 stwierdzono, że największa część sieci drogowej na terenie badanej gminy w najkrótszym czasie osiągalna jest przez jednostkę OSP z miejscowości Rokietnica. Zgodnie z utworzonym modelem dostępności czasowej nieco ponad 75% wszystkich

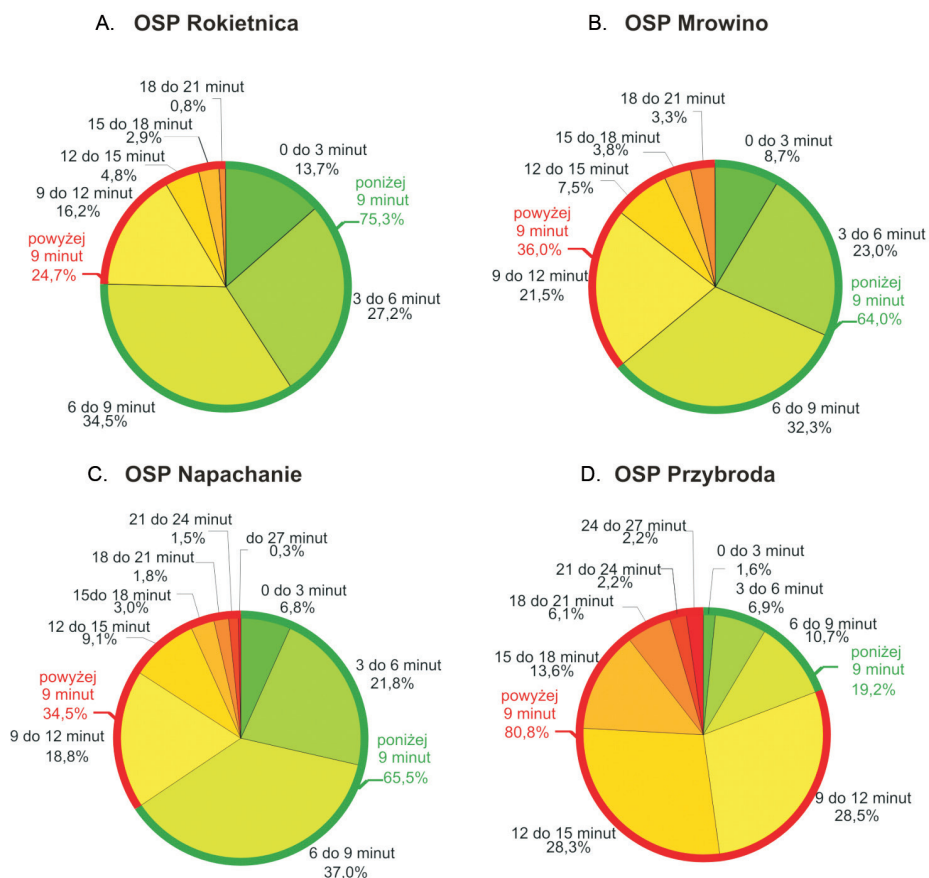


Ryc. 7. Dostępność czasowa sieci drogowej gminy Rokitnica dla wszystkich jednostek OSP z obszaru analizy (A) oraz rejony operacyjne dla poszczególnych jednostek – optymalne z punktu widzenia dostępności czasowej (B)

Fig. 7. Time accessibility map of Rokitnica Municipality's road network for activities of voluntary fire brigades (OSP) for all OSP's from research area territory (A) and service area for particular Fire Brigade units (B)

odcinków tworzących sieć drogową gminy jest osiągalnych dla tej jednostki w czasie do 9 min (ryc. 8A). Dobra dostępność czasowa dla tak znacznej części sieci drogowej jest w tym wypadku związana z położeniem jednostki w centrum badanego obszaru, a także ważnym węzłem komunikacyjnym, z którego drogi rozchodzą się promieniście, łącząc miejscowość Rokitnica z innymi na terenie gminy. Drugą jednostką, która według uzyskanych na podstawie przeprowadzonej analizy wyników najszybciej jest w stanie osiągnąć jak największą część sieci drogowej (64%), w ciągu 9 min, jest OSP Napachanie (ryc. 8C). Należy jednak zauważyć, że dla przedziału czasu do 6 min lepszy wynik ma jednostka OSP Mrowino, co również jest związane z jej niedużym oddaleniem od centrum badanego obszaru (ryc. 8B). Ze względu na położenie blisko granicy gminy w najmniejszym stopniu standard ten spełnia OSP z miejscowości Przybroda, która w wymaganym czasie osiąga tylko nieco ponad 19% długości wszystkich dróg na terenie gminy (ryc. 8D).

Analiza dostępności czasowej sieci drogowej gminy Rokitnica dla wszystkich jednostek z terenu gminy łącznie wykazuje spełnienie tego standardu na

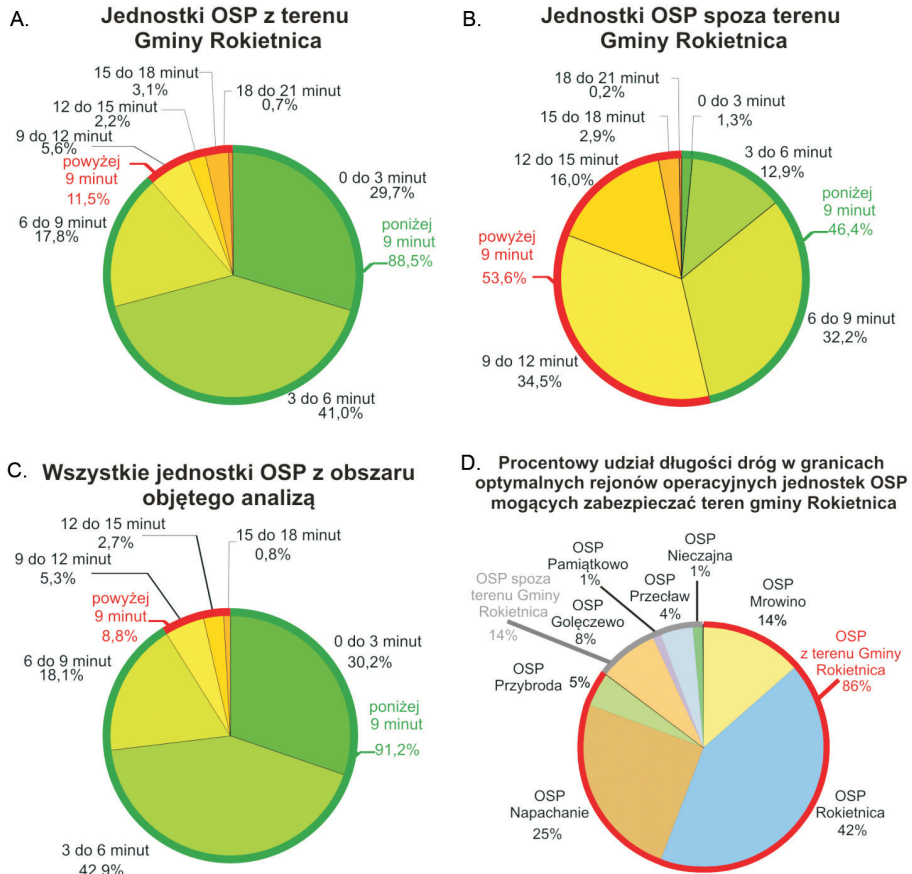


Ryc. 8. Dostępność czasowa wyrażona w sposób ilościowy (procent sumy długości wszystkich dróg na terenie gminy Rokitnica uwzględnionych w analizie) dla każdej z jednostek z terenu gminy Rokitnica z osobna

Fig. 8. Time accessibility of sections of the road network (the percent of length of all roads on the Rokitnica municipality territory) for each Volunteer Fire Department on the municipality territory

poziomie 88,5% (ryc. 9A). Dla porównania, gdyby uwzględnić jedynie jednostki spoza obszaru gminy, wówczas wynik ten wynosiłby tylko 46,4% (ryc. 9B).

Współpraca wszystkich jednostek, zarówno z terenu gminy, jak i spoza jej granic (ryc. 9C), poprawia dostępność czasową dróg osiągalnych w czasie 9 min do poziomu 91,2%. Zgodnie z analizą procentowego udziału długości dróg w granicach optymalnych rejonów operacyjnych jednostek OSP mogących zabezpieczać teren gminy (ryc. 9D), największy rejon działania przypada OSP z Rokitnicy (42% długości dróg). Jednostka z Napachania swoim zasię-



Ryc. 9. Dostępność czasowa odcinków sieci drogowej w poszczególnych przedziałach czasowych (procent sumy długości wszystkich dróg na terenie gminy Rokietnica uwzględnionych w analizie) rozpatrywana łącznie dla wszystkich jednostek OSP z obszaru badań oraz procentowy udział dróg w optymalnych rejonach operacyjnych dla poszczególnych jednostek OSP

Fig. 9. Time accessibility of sections of the road network (the percent of length of all roads on the Rokietnica municipality territory) for all voluntary fire brigades from municipality territory together

giem obejmuje 25% długości dróg, z Mrowina 14%, a z Przybrody tylko 5%. Wśród jednostek OSP spoza obszaru gminy największy udział w zabezpieczeniu gminy Rokietnica przypada jednostce OSP z Gołęczewa, położonej w gminie Suchy Las (8%), i jednostce z Przeclawia, zlokalizowanej w gminie Szamotuły (4%). 86% długości dróg tworzących sieć drogową gminy Rokietnica znajduje się w strefie przypadającej macierzystym jednostkom OSP, natomiast pozostałe 14% najszybciej osiągalne jest przez jednostki z gmin sąsiednich.

PODSUMOWANIE

Dzięki oprogramowaniu geoinformacyjnym możliwe jest tworzenie uproszczonych modeli rzeczywistości, które przy odpowiedniej organizacji danych i użyciu określonych narzędzi, takich jak moduły do analiz sieciowych, stają się środkiem do badania i rozwiązywania wielu problemów przestrzennych, w tym problemu dostępności czasowej sieci drogowej, przed którym stoją służby szybkiego reagowania.

Wygenerowane w toku analiz sieciowych mapy izochron pozwoliły na pokazanie przestrzennego zróżnicowania poziomu dostępności czasowej sieci drogowej badanej gminy, natomiast utworzone na ich podstawie diagramy kołowe umożliwiły ilościową i jakościową ocenę tej dostępności w odniesieniu do nieformalnie przyjętego standardu określającego wymagany czas odpowiedzi straży pożarnej na wezwanie.

Dokonana w czasie badań wnikliwa analiza czynników wpływających na dostępność czasową dowodzi złożoności tego problemu. Przekonuje ona również o trudności zapisu dostępności przestrzennej wyrażonej czasem przejazdu w postaci modelu i uświadamia, że utworzony model sieciowy jest jedynie dużym uproszczeniem sytuacji rzeczywistych, co może być źródłem błędów.

Największym problemem przy wyznaczaniu dostępności czasowej było zdefiniowanie czasu przejazdu. Jego obliczenie oparto na wyliczonej w aplikacji GIS długości odcinka drogi i przypisanej do niego prędkości średniej, z jaką może być pokonany. Wartości prędkości przyporządkowane do poszczególnych odcinków miały zasadniczy wpływ na uzyskane wyniki. Prędkość była określana na podstawie typu nawierzchni drogi, obowiązujących na niej ograniczeń prędkości i intuicji autora. Mimo podejmowanych prób nie udało się wypracować sztywnych reguł klasyfikacji odcinków dróg do grup prędkościowych, które można byłoby stosować w każdym przypadku, uzyskując jednocześnie zawsze prawidłowe wyniki. Przyczyną takiej sytuacji w dużej mierze stała się złożoność problemu dostępności czasowej warunkowanej różnymi czynnikami, jak i nieznaną wpływ rzeczywistego wpływu poszczególnych z nich na poziom dostępności czasowej, który to wpływ dawałby się wyrazić w sposób ilościowy. Arbitralne i częściowo zautomatyzowane przypisywanie prędkości do poszczególnych odcinków dróg w aplikacji GIS, w przeciwieństwie do metodyki opierającej się na bezpośrednim przypisywaniu czasu do drogi, pozwala na dokonywanie w modelu relatywnie szybkich zmian w razie stwierdzenia nieprawidłowości uzyskiwanych za jego pomocą wyników i krytyczną ocenę przez inne osoby, opartą na analizie zawartości bazy danych.

Przedstawiona w niniejszym artykule koncepcja etapów wyznaczania dostępności czasowej dla pojazdów straży pożarnej zawiera, w założeniu, możliwie kompleksowe ujęcie czynników wpływających na czas przejazdu. Można stwierdzić, że opracowany model sieciowy, biorąc pod uwagę charakter sieci

drogowej badanego obszaru, w wysokim stopniu zawiera wszystkie najważniejsze parametry decydujące o dostępności czasowej. Należy jednakże podkreślić, że decydującym sprawdzeniem optymalności przyjętych parametrów i poprawności uzyskanych wyników może być jedynie ich konfrontacja z rzeczywistymi czasami przejazdu jednostek OSP w gminie Rokietnica.

LITERATURA

- Bielecka E., 2006: *Systemy Informacji Geograficznej. Teoria i zastosowania*. Wyd. PJWSTK, Warszawa.
- Guzik R., 2003: *Przestrzenna dostępność szkolnictwa ponadpodstawowego*. Inst. Geogr. i Gosp. Przestrz. UJ, Kraków.
- Kielin A., 2007: *Standardy rozmieszczania jednostek ratowniczych w systemie ochrony w Polsce – stan aktualny i propozycje zmian*. [W:] B. Kosowski, A. Włodarski (red.), *Wyzwania bezpieczeństwa cywilnego XXI wieku – Inżynieria działań w obszarach nauki, dydaktyki i praktyki*. Fund. Edukacja i Technika Ratownictwa, Warszawa.
- Lijewski T., 1977: *Geografia transportu Polski*. PWE, Warszawa.
- Longley P.A., Goodchild M.F., Maguire D.J., Rhind W., 2006: *GIS. Teoria i praktyka*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Medyńska-Gulij B., 2011: *Kartografia i geowizualizacja*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.
- Pietrusiewicz W., 1996: *Problemy metodyczne opracowywania map dostępności czasowej*. Polski Przegl. Kartograficzny, t. 28, nr 2, 87–100.
- Ratajski L., 1989: *Metodyka kartografii społeczno-gospodarczej*. PPWK, Warszawa.
- Studium uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego Gminy Rokietnica*, Rokietnica 2010 (http://rokietnica.pl/files/studium/sukizp_rokietnica.pdf).
- Warakomska K., 1993: *Izochrony zmodyfikowane jako kartograficzna metoda przedstawiania dostępności ludności do miasta wojewódzkiego (na przykładzie województwa lubelskiego)*. Polski Przegl. Kartograficzny, t. 25, nr 2, 66–72.
- Witt W., 1970: *Thematische Kartographie. Methoden und Probleme, Tendenzen und Aufgaben*. Jänecke, Hannover.
- Wytyczne techniczne bazy danych topograficznych (TBD) – Część 2. Specyfikacja danych zasobu podstawowego TBD, maj 2008, Główny Urząd Geodezji i Kartografii, Warszawa.

TIME ACCESSIBILITY OF ROKIETNICA MUNICIPALITY'S ROAD NETWORK FOR ACTIVITIES OF VOLUNTARY FIRE BRIGADES USING NETWORK DATA MODEL

Summary

The paper presents the algorithm of conduct by time accessibility map creation process. Nowadays such maps are generated automatically using a GIS application with a special module for network analysis. The article also shows the complexity of the time accessibility problem, which results from many different factors influencing travel time and deciding on the problems with conversion of

this phenomenon to the network data model. The stages of the research are presented on the example of the road network of Rokietnica Municipality located northwest from the city of Poznań. There are four Volunteer Fire Brigades within the area of this municipality. The result of the cartographic visualization were maps presenting the time accessibility level measured from each individual Fire Department (monocentric maps) and from all Fire Departments together (polycentric maps). The supplements of the time accessibility maps were diagrams formed on their basis which allow quantitative and qualitative assessment of time accessibility.

The results of this study allow the conclusion that the research area is adequately protected by fire-fighting units. By intentionally overestimating a 6-minute time elapsed from receiving an alarm call to time of departure in the research, the individual Volunteer Fire Brigades Units from Rokietnica municipality are able to access 88.5% of the road network in the required time, and with the help of neighboring units of Volunteer Fire Brigades 91.2% of the entire road network on Rokietnica municipality territory. There is no doubt that improvement of road quality in the municipality would significantly improve this result. 86% of the length of the road network on Rokietnica municipality area is in the zone of the fastest arrivals of local Fire Brigades Units, while the remaining 14% is best achievable by Fire Brigades from neighboring municipalities.