

Wykorzystanie analiz sieciowych przy projektowaniu objazdów imprez masowych na przykładzie biegu Orlen Warsaw Marathon

The usage of network analysis in the design of detours
of mass events on the example of the Orlen Warsaw Marathon

Michał Kałuski¹, Jerzy Chmiel², Anna Fijałkowska²

¹Instytut Geodezji i Kartografii

²Politechnika Warszawska, Wydział Geodezji i Kartografii

Słowa kluczowe: analizy przestrzenne, ArcGIS, wyznaczanie trasy, bariery, Model Builder
Keywords: spatial analyses, ArcGIS, routing, barriers, Model Builder

Wstęp

Organizowane imprezy masowe, w szczególności duże biegi lub przemarsze ulicami miasta powodują często utrudnienia w ruchu drogowym, a niekiedy mogą prowadzić do znacznego lub całkowitego paraliżu miasta. Ważne jest zatem dążenie do zminimalizowania tych utrudnień między innymi przez projektowanie objazdów, wykorzystując w tym celu również metody analiz sieciowych. W szerszym znaczeniu problem dotyczy możliwości szybkiego reagowania na planowane, a także nieplanowane blokady drogi oraz możliwości informowania o tym kierowców w czasie rzeczywistym. Umiejętne wykorzystanie możliwości analiz sieciowych przede wszystkim do wyznaczanie tras objazdów w znacznym stopniu może przyczynić się do upłynnienia ruchu. Istotnym elementem jest tutaj dobór odpowiednich narzędzi, które pomogą w podjęciu właściwych decyzji w możliwie jak najkrótszym czasie oraz odpowiednie udostępnienie wyników tego typu analiz pozwalające na ich szybkie wykorzystanie przez zainteresowanych. W efekcie umożliwia to przewidywanie oraz przeciwdziałanie potencjalnym utrudnieniom i zagrożeniom przez wyznaczanie optymalnych rozwiązań.

Przykład wykorzystania analiz sieciowych w projektowaniu objazdów zaprezentowany w niniejszym artykule w oparciu o wyniki uzyskane w pracy magisterskiej (Kałuski, 2017), dotyczy fragmentu trasy (w obrębie dzielnicy Warszawa-Ursynów) biegu Orlen Warsaw Marathon 2017. Zasadniczym celem wykonanych prac było uzyskanie rozwiązania umożliwiającego generowanie przez analizy sieciowe w dynamiczny sposób zmieniających się w czasie wariantów objazdu danego fragmentu trasy maratonu, jak również stworzenie odpowiedniej aplikacji ułatwiającej automatyzację tego procesu. Przeprowadzone prace poka-

zały również przydatność określonych źródeł danych wejściowych (w szczególności BDOT10k), ale również zakres potrzebnych weryfikacji i uzupełnień dla zbudowania właściwego modelu sieci. Wyniki mogą być pomocne w usprawnieniu organizacji i zarządzania ruchem ulicznym (w tym generowaniu objazdów) w trakcie trwania maratonu, jak i podobnych imprez. W pierwszej części artykułu przedstawiono wybrane rozważania dotyczące specyfiki tego typu imprez, wymagań formalnych i towarzyszących problemów komunikacyjnych. W dalszej kolejności naszkicowano założenia proponowanego rozwiązania umożliwiającego wyznaczanie trasy objazdu, etap przygotowania danych oraz zbudowania zestawu danych sieciowych (modelu sieci). Następnie przedstawiono wyniki przeprowadzonych analiz w środowisku oprogramowania ArcGIS (z dodatkowym rozszerzeniem Network Analyst), których celem było generowanie w sposób dynamiczny zmieniających się w czasie wariantów objazdu. Jako podstawowe dane wejściowe wykorzystano sieć dróg z BDOT10k, trasę biegu i lokalizacje istniejących znaków drogowych (udostępnione przez Urząd Miasta Stołecznego Warszawy) do zamodelowania kierunków poruszania się oraz stworzenia warstwy zakazu skrętów; wykonano przy tym wiele operacji mających na celu właściwe przygotowanie danych. Zwrócono także uwagę na występujące na niektórych etapach tych prac pewne ograniczenia i trudności (w odniesieniu do danych bądź narzędzi). W części końcowej artykułu przedstawiono również odpowiednio zaprojektowaną aplikację, która pozwala na zautomatyzowanie wyznaczania trasy objazdu.

Specyfika imprezy Orlen Warsaw Marathon i towarzyszące problemy komunikacyjne

Krótką charakterystyka biegu Orlen Warsaw Marathon

Orlen Warsaw Marathon, który odbył się 23 kwietnia 2017 roku, to największa impreza biegowa nie tylko w Warszawie, ale także w całej Polsce. Była to już piąta edycja biegu i zgromadziła na trasie oraz trasie imprez towarzyszących około 36 tysięcy uczestników (Eurosport, 2017). Impreza ma na celu oprócz popularyzacji i upowszechniania biegania, jako najprostszej formy aktywności fizycznej, także promocję Warszawy w Polsce i na świecie oraz promocję samej marki Orlen, jako sponsora tytularnego Maratonu (Orlen Warsaw Marathon, 2017). Rozgrywana od 2013 roku impreza pozwala, oprócz dystansu maratońskiego, zmierzyć się na krótszym dystansie 10 kilometrów (Bieg Oshee) oraz w marszu charytatywnym. Doskonale wyniki, rosnąca frekwencja oraz organizacja na najwyższym poziomie sprawiły, że Orlen Warsaw Marathon wszedł do ścisłej europejskiej czołówki maratonów, czego potwierdzeniem jest przyznanie imprezie srebrnej odznaki IAAF (*Road Race Silver Label*) (Orlen Warsaw Marathon, 2017). Wysoki poziom sportowy i organizacyjny maratonu przyciąga coraz więcej uczestników i na stałe zapisał się w kalendarzu imprez biegowych w Polsce.

Start i meta maratonu niezmiennie od pięciu lat jest na błoniach Stadionu Narodowego, a trasa przebiega przez 5 dzielnic Warszawy: Pragę Północ, Śródmieście, Mokotów, Wilanów i Ursynów. Mapa trasy, jej profil, mapa z zaznaczonymi utrudnieniami (w tym z czasem zamknięcia i otwarcia ruchu drogowego na danym odcinku trasy) oraz inne informacje są dostępne na stronie internetowej biegu (www.ornlenmarathon.pl). Na pokonanie 42 kilometrów 195 metrów uczestnicy mają pięć i pół godziny. Jest to odgórny limit czasu trwania

całej imprezy, ustalony przez organizatora, wynikający między innymi z przepisów dotyczących wykorzystania pasa drogowego w sposób szczególny. Najszybsi pokonują trasę biegu już w nieco ponad dwie godziny. Oprócz godziny rozpoczęcia, w regulaminie podawany jest także limit czasowy, w jakim uczestnicy mogą pokonać bieg. Od dwudziestego kilometra na co piątym kilometrze ustanowione zostały punkty pomiarowe, w których uczestnicy, którzy przekroczyli limit czasowy danego punktu pomiarowego, proszeni są o zejście z trasy i następnie mogą być przewiezieni autobusami na metę biegu (Orlen Warsaw Marathon, 2017).

Organizacja biegu i przebieg, wymagania od strony formalno-prawnej

Zgodnie z ustawą z dnia 20 marca 2009 roku o bezpieczeństwie imprez masowych *imprezą masową są zawody, w których liczba udostępniionych przez organizatora miejsc przekracza 1000* (Ustawa, 2009, art. 3). Kryterium liczebności uczestników nie jest jedynym, a o kwalifikacji danej imprezy mogą przesądzać inne zapisy przywołanej ustawy. Dlatego w praktyce możliwe są przypadki wyłączenia danego biegu spod obowiązywania ustawy o bezpieczeństwie imprez masowych. Prawną podstawą do przygotowania maratonów niezgłaszanych jako imprezy masowe jest ustawa z dnia 20 czerwca 1997 roku – Prawo o ruchu drogowym, a konkretnie art. 65 tej ustawy, odnoszący się do wykorzystania drogi w sposób szczególny (Ustawa, 1997). Różnica pomiędzy biegiem zgłaszanym jako impreza masowa a tym, który nią nie jest występuje, ogólnie mówiąc, w poziomie zabezpieczenia oraz obecności odpowiednich służb. Przywołane powyżej podstawy prawne należy traktować w określonych sytuacjach jako uzupełniające się, gdyż przykładowy organizator maratonu, zgłaszając wydarzenie jako imprezę masową, musi jednocześnie spełnić procedury związane z uzyskaniem pozwolenia na wykorzystanie drogi w sposób szczególny (o czym mówi wspomniany art. 65 ustawy Prawo o ruchu drogowym).

Lista zadań i działań nałożonych przepisami ustawy Prawo o ruchu drogowym (art. 65, 65a, 65b) na organizatora imprezy w postaci maratonu jest dość długa, między innymi organizator jest obowiązany: zapewnić drogi ewakuacyjne oraz drogi umożliwiające dojazd służb ratowniczych i policji; uzgodnić z organami zarządzającymi ruchem na drogach przebieg trasy, na której ma się odbyć impreza; powiadomić przedsiębiorstwa komunikacji publicznej o przewidywanym czasie występowania utrudnień w ruchu drogowym; na polecenie organu zarządzającego ruchem na drodze opracować projekt organizacji ruchu w uzgodnieniu z policją; przekazywać do wiadomości publicznej informacje o utrudnieniach w ruchu wynikających z planowanej imprezy.

W dużym skrócie można stwierdzić, że organizacja biegu o tej skali, jakim jest Orlen Warsaw Marathon, wymaga wielu przygotowań w okresie poprzedzającym sam bieg. Planowanie samej trasy biegu wymaga działań z dużym wyprzedzeniem, a po wstępnym uzgodnieniu przebiegu trasy organizator zobowiązany jest wykonać projekt tymczasowej organizacji ruchu, który po uzyskaniu pozytywnych opinii ze strony policji podlega zatwierdzeniu przez właściwego zarządcę drogi wydającego zezwolenie na przeprowadzenie biegu. Dalsze działania i ustalenia dotyczą, w szczególności już bezpośredniego zabezpieczenia poszczególnych odcinków trasy ze strony odpowiednich służb, w tym wymagających regulacji ruchu drogowego, jak również miejsc szczególnie niebezpiecznych. Od organizatora oczekiwane są przede wszystkim sprawne działania i współpraca z innymi służbami (szczególnie z po-

licją) oraz bardzo dobra organizacja ruchu podczas trwania biegu. Godzina rozpoczęcia biegu jest zarazem godziną najwyższej gotowości dla wszystkich służb zabezpieczających bieg.

Niezwykle ważne jest także przygotowanie właściwego oznaczenia ulic i dróg (w tym informującego o planowanym wyłączeniu ulic i objazdach), które staje się obowiązujące na czas trwania biegu, ale również informacji dotyczących wyłączonych ulic i planowanych objazdów, które umieszcza się na stronach internetowych biegu, zarządcy drogi, często również urzędu miasta oraz w prasie. Informacje dotyczące zmian w organizacji ruchu przekazywane są również przez radio i stacje telewizyjne. Adresatem tych informacji są przede wszystkim okoliczni mieszkańcy, jak również kierowcy i piesi. Przyjęte ustalenia regulują kwestie zamykania i przywracania ruchu. Poszczególne odcinki trasy biegu (ulice) są zamykane zwykle na godzinę przed startem. Natomiast dana ulica może zostać ponownie dopuszczona do ruchu dopiero wtedy, gdy dany fragment maratonu przebiegnie ostatni zawodnik oraz usunięte lub zasłonięte zostaną wszystkie tymczasowe oznakowania.

Problemy komunikacyjne towarzyszące imprezom biegowym

Dla zapewnienia dobrych warunków do biegu Orlen Warsaw Marathon, wybierane są z reguły długie i proste ulice, będące najczęściej głównymi arteriami miasta, co jest korzystne dla uczestników biegu, ale już nie dla innych użytkowników dróg, w szczególności kierowców, którzy w tym czasie planują poruszać się ulicami w bezpośrednim sąsiedztwie trasy biegu. Wybór trasy maratonu – jej przebieg w większości głównymi ulicami – niewątpliwie wiąże się także z promocją miasta. Organizatorzy dokładają wszelkich starań by zapewnić jak najlepszy przebieg imprezy. Należy jednak podkreślić, że pomimo wysokiego poziomu dbałości o organizację i przebieg maratonu, prowadzonej szeroko akcji informacyjnej, różnorodnych działań podejmowanych w kierunku minimalizowania negatywnych skutków dla innych użytkowników (piesi, kierowcy) ulic i dróg, nie jest możliwe uniknięcie towarzyszących utrudnień w postaci na przykład zakorkowanych ulic, co miało miejsce także w kolejnej edycji maratonu w 2017 roku (Wawa Love, 2017). Jak wynika z komentarzy zamieszczanych na forach internetowych bądź z relacji przekazywanych przez media, kierowcy, rowerzyści i piesi, którzy utknęli w korkach lub nie mogli przedostać się przez miasto, nie zawsze mogli liczyć na w pełni przydatną informację o możliwych objazdach z czasowym rozeznaniem co do zachodzących zmian w ruchu drogowym. Dla takich osób najbardziej oczekiwana była informacja, jaką trasą z danego miejsca i o określonej godzinie można kontynuować jazdę samochodem, aby jak najszybciej wydostać się ze strefy utrudnień. Jak wynika ze wspomnianych relacji, uzyskanie pomocnej w takim zakresie informacji nawet przez specjalną infolinię było problematyczne, częściej można było dowiedzieć się, o której godzinie zostanie przywrócony ruch w danych fragmencie dzielnicy, ale to zwykle nie była satysfakcjonująca odpowiedź.

Tak naszkicowany obraz sytuacji był inspiracją do bliższego zajęcia się problemem i wypracowania propozycji zastosowania analiz sieciowych, które udostępniła rozszerzenie ArcGIS Network Analyst, dla generowania w dynamiczny sposób zmieniających się w czasie wariantów objazdu danego fragmentu trasy biegu. Uzyskane wyniki mogłyby być w odpowiedni sposób wykorzystane w bieżącym przekazywaniu (infolinia, Internet) bardziej pomocnych i aktualnych informacji o utrudnieniach w ruchu w związku z trwającym maratonem.

Wyznaczanie tras objazdów z wykorzystaniem analiz sieciowych

Podstawowe założenia i dane wejściowe

Głównym celem prac było wyznaczenie objazdów imprezy masowej Orlen Warsaw Marathon przez zastosowanie analiz sieciowych, jak również stworzenie związanej z tym aplikacji umożliwiającej powtarzalność różnych scenariuszy analizy dla różnych parametrów uwzględniających dane o lokalizacji i czasie trwania maratonu. W celu pokazania możliwości zaproponowanego rozwiązania, rozważania ograniczono do obszaru jednej dzielnicy – Ursynowa. Wybór ten podparty został również przez dostępność dla tego obszaru danych, jakimi jest warstwa znaków drogowych, którą pozyskano z Urzędu Miasta Stołecznego Warszawy. Ursynów jest również dzielnicą bogatą w zwarte osiedla mieszkaniowe. Przez tę dzielnicę przebiegają także ważne arterie komunikacyjne, takie jak ulica Dolina Służewiecka i ulica Puławska, stanowiące połączenie z innymi dzielnicami Warszawy. Ursynów bogaty jest w liczne drogi dwu- i trzypasmowe, które tworzą sieć wokół głównych skupisk budynków mieszkalnych, usługowych i handlowych.

Zasadnicze dane dla zbudowania modelu sieci drogowej, odpowiedniej do przeprowadzenia analiz na poziomie dokładności i szczegółowości odpowiadającym wymaganiom w niniejszym opracowaniu, pozyskano z Bazy Danych Obiektów Topograficznych o dokładności geometrycznej i tematycznej odpowiadającej skali 1:10 000 (BDOT10k). Zakres informacji gromadzonych w bazie danych, jak również organizację, tryb i standardy techniczne tworzenia tej bazy określa odpowiednie Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji (Rozporządzenie, 2011). Dane o drogach w BDOT10k przechowywane są z zachowaniem topologicznej struktury danych, co umożliwia ich stosunkowo łatwe włączenie do analiz sieciowych. Alternatywnym źródłem danych branych pod uwagę były dane z projektu OpenStreetMap, a analiza przydatności tych źródeł danych dla analiz sieciowych (Cichociński, 2012) była między innymi podstawą dokonanego wyboru. Pozyskanie warstwy znaków drogowych umożliwiło wprowadzenie zasad ruchu do budowanej sieci. Pomocną okazała się też ortofotomapa (Geoportal), która umożliwiła zweryfikowanie położenia niektórych elementów warstwy sieci drogowej z BDOT10k, ale również zweryfikowanie położenia i zasadności wykorzystania warstwy znaków drogowych. W przypadku sieci drogowej na Ursynowie konieczne było dodatkowo wprowadzenie atrybutów poziomów sieci drogowej (*elevation fields*) ze względu na konieczność odpowiedniego zamodelowania wiaduktów, tuneli i estakad.

Dla poprawnego zbudowania modelu sieci, istotne było również uwzględnienie sposobu poruszania się na drogach jednokierunkowych lub jezdniach w przypadku dróg dwujezdniowych, jak również oznaczenie zakazu skrętów (warstwa wektorowa definiująca manewry niemożliwe do wykonania). Utworzona została również warstwa z trasą maratonu (pełniącą w analizach rolę bariery liniowej) z odpowiednim podziałem na odcinki i przypisanymi im dodatkowo atrybutami: godzina zamknięcia, nazwa ulicy oraz godzina otwarcia, co na etapie analiz pozwoliło na kolejne selekcje odcinków bariery (w szerszym znaczeniu – warstwa liniowa zablokowanych ulic) i na symulację wyznaczenia trasy objazdu o określonej godzinie w zależności od aktualnej lokalizacji uczestników biegu.

Wszystkie dane, jak i wyniki uzyskiwane w kolejnych etapach prac zapisane zostały w strukturze geobazy. Z uwagi na możliwe wystąpienie nawet drobnych nieścisłości

w danych ważne było skontrolowanie poprawności geometrycznej danych przed przystąpieniem do analiz sieciowych. W tym celu sprawdzono, czy pozyskane dane spełniają określone reguły topologiczne. W ten sposób zapewniono spójność wykorzystywanych danych oraz zamodelowano relacje przestrzenne obiektów w obrębie jednej klasy lub pomiędzy wieloma klasami za pomocą reguł.

Po sprawdzeniu topologii nastąpił wieloetapowy proces tworzenia zestawu danych sieciowych (z definiowaniem między innymi reguł poruszania się, zasad łączności obiektów sieci, klas/hierarchii dróg) za pomocą kreatora. W uzupełnieniu należy dodać, że w ArcGIS zestaw danych sieciowych (Network dataset) jako struktura danych stosowana jest do modelowania sieci transportowych, a więc wybór jest zgodny z omawianym tutaj zastosowaniem. Przygotowanie zestawu danych umożliwia następnie przeprowadzanie analiz sieciowych.

Analizy sieciowe prowadzące do wyznaczania objazdów dla poszczególnych sytuacji wymagają jeszcze tak zwanych punktów początku oraz określenia celu/celów poruszania się (podróży) oraz uwzględnienia potencjalnych potoków pojazdów podczas trwania maratonu (korki, spowolnienie jazdy). W tym celu wykorzystano pomocniczo mapy natężenia ruchu (w szczytce porannym i popołudniowym) wykonane przez Zarząd Dróg Miejskich w Warszawie w ramach Warszawskiego Badania Ruchu 2015. Potencjalne miejsca startu podróży odniesione do większych skupisk ludności przyjęto na podstawie analizy zagęszczenia ludności na Ursynowie, a z kolei za cele podróży wybrano ważniejsze obiekty publiczne, do których w dniu maratonu ludzie najczęściej mogli się przemieszczać samochodem.

Analizy sieciowe

Analizy sieciowe są wykorzystywane w wielu obszarach zastosowań. W zależności od specyfiki zapotrzebowania scenariuszy z wykorzystaniem analiz opartych na sieciach, wykorzystuje się różne modele analiz służące między innymi do: wyznaczania optymalnych tras przechodzących przez określony zestaw punktów trasy i ustalenia ich odpowiedniej kolejności (Manley i in., 2015; Stinson, Bhat, 2003), planowania rozwoju i optymalizacji wielomodalnego transportu miejskiego (Djurhuus i in., 2016), wyznaczania dostępności określonych typów obiektów i usług (Handy, Niemeier, 1997; Porta i in., 2006; Oh, Jeong, 2007; Fijałkowska, 2014). Określona funkcjonalność z tego zakresu umożliwia na przykład wyznaczenie najkrótszych lub najszybszych tras w aplikacjach nawigacyjnych oraz w takich aplikacjach jak Google Maps czy jakdojade.pl. Niezwykle ważną rolę narzędzia tego rodzaju pełnią w optymalizowaniu tras dojazdu służb ratowniczych. W podobny zakres zastosowań wpisuje się niniejsze opracowanie, w którym zostało wykorzystane oprogramowanie ArcGIS firmy Esri z rozszerzeniem Network Analyst. Umożliwia ono wykonywanie analiz sieciowych w bardzo szerokim zakresie, w tym z możliwością dynamicznego modelowania rzeczywistych warunków drogowych, uwzględniając ograniczenia prędkości i zmiany kierunku ruchu, zmiany natężenia ruchu o różnych porach dnia, a także wprowadzanie blokad w ruchu, jakim jest na przykład maraton i projektowanie tras alternatywnych, co jest przedmiotem rozważań w niniejszym artykule.

Przygotowany zestaw danych sieciowych oraz stworzona wcześniej warstwa liniowa zablokowanych ulic (uzupełniono atrybuty godzin zamknięcia i otwarcia danego odcinka jezdni), jak również zbiór potencjalnych punktów startowych i docelowych (pomiędzy którymi należy wyznaczyć dany wariant trasy objazdu), umożliwiają wykonanie analiz sieciowych.

wych i wyznaczenie tras objazdu podczas trwania Orlen Warsaw Marathon. Jako atrybut kosztu wybrano do analiz długość całkowitą danej drogi, a ponadto uwzględniono atrybuty hierarchii (preferując drogi o wyższej kategorii) oraz dodatkowe ograniczenia, takie jak jednokierunkowość ulic i zakazy skrętu wynikające z geometrii ulic i znaków drogowych.

Bardzo ważna jest możliwość wyznaczania tras dla różnych godzin, a tym samym uwzględniania zmian w utrudnieniach w trakcie trwania maratonu. Na rysunku 1 przedstawiono przykładowe wyniki analiz sieciowych w postaci kilku wariantów objazdu dla wybranej pary: punkt początkowy (A) i docelowy (B) oraz różnych godzin w trakcie trwania maratonu.

Zmieniające się podczas trwania maratonu utrudnienia w ruchu przekładają się na różne warianty i długości objazdów. Dla przykładowych wariantów pokazanych na rysunku 1(a-d), długości te przedstawiają się następująco: godz. 9:00 – 1706 m, godz. 9:10 – 8965 m, godz. 11:40 – 3705 m, godz. 11:50 – 2850 m.

W ramach automatyzacji, kolejne etapy całościowo postrzeganej analizy sieciowej zostały ujęte za pomocą narzędzia Model Builder (w ArcGIS) w odpowiednio zaprojektowany model (rys. 2).

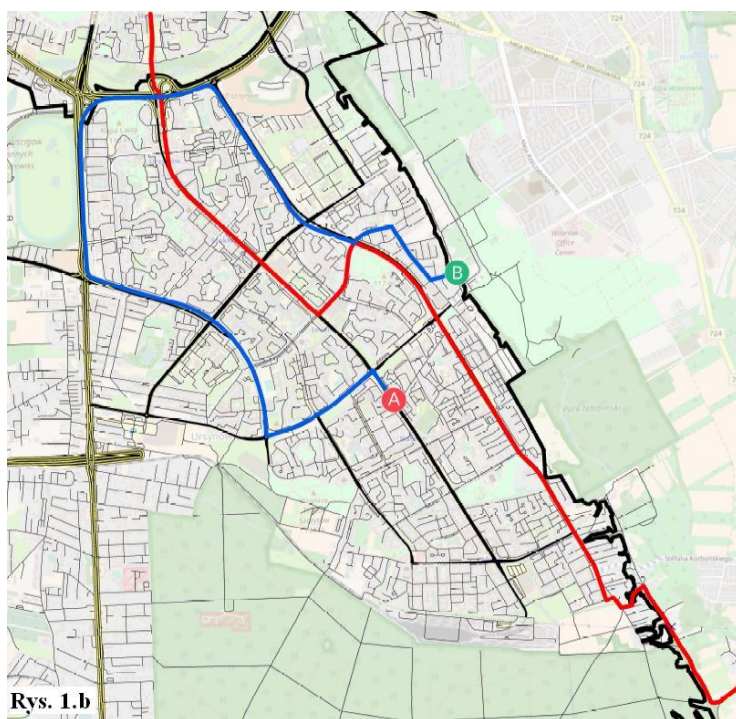
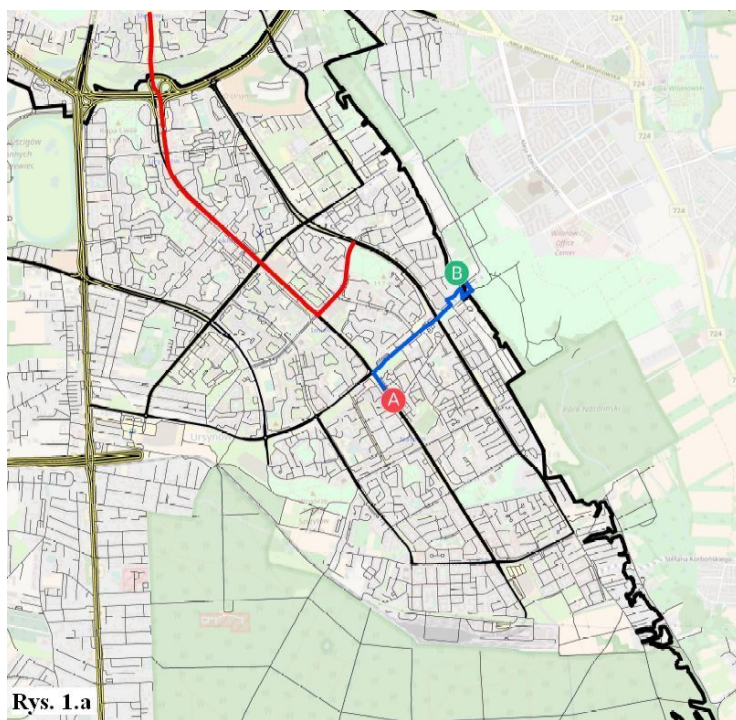
W następnym etapie, na bazie powstałego modelu analizy, rozbudowano jego funkcjonalność, tworząc aplikację działającą w ArcGIS, która w łatwy sposób umożliwia użytkownikowi generowanie trasy objazdu po podaniu czasu i wskazaniu punktu początkowego (A) i końcowego, inaczej docelowego (B). Aplikacja ta może mieć zastosowanie na przykład dla policji, która od 2017 roku uruchomiła infolinię pozwalającą na kontakt osób zainteresowanych informacjami o utrudnieniach w związku z maratonem. Użytkownik takiej aplikacji mógłby w czasie rzeczywistym, a także dla najbliższych godzin, wyznaczyć trasę na podstawie dwóch wskazanych miejsc (punkt początkowy i docelowy). Wyznaczona trasa objazdu mogłaby być przekazana mailem w rozmaitych formach, udostępniona na Google Maps lub przesłana w formie tekstowej jako informacja o kolejnych ulicach i skrętach, które trzeba pokonać w ramach danego wariantu objazdu. Kolejny etap może w przyszłości polegać na zaimplementowaniu powstałej aplikacji w rozwiązaniach chmurowych, takich jak ArcGIS Online. Można dodać, że zakres działania powstałej aplikacji można prosto rozszerzyć również o inne dni i inne wpływy na płynność ruchu dla Ursynowa oraz przy wprowadzeniu dodatkowych danych sieciowych także dla innych obszarów.

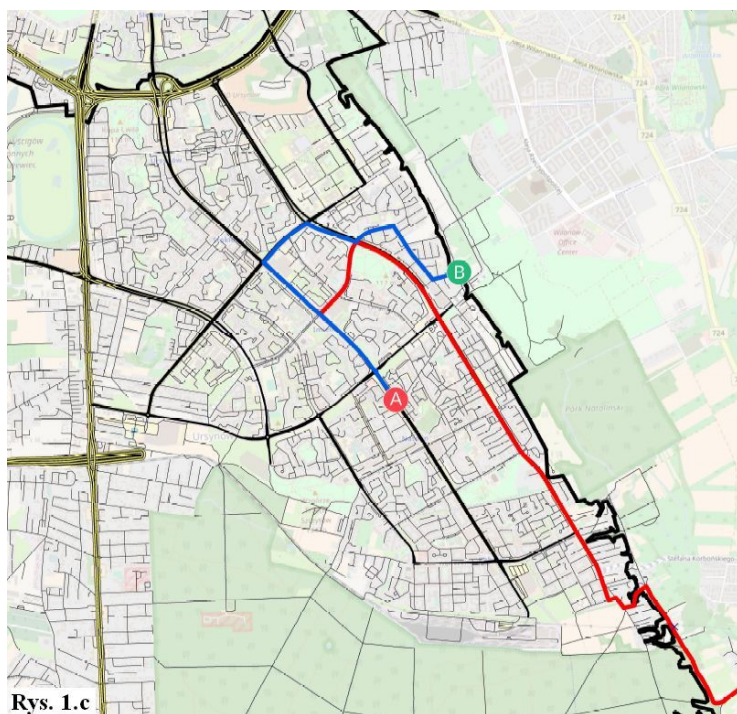
Podsumowanie i wnioski

Wykorzystanie analiz sieciowych daje duże możliwości w rozwiązywaniu różnorodnych problemów związanych również z doraźnymi potrzebami w zakresie organizacji ruchu, wyznaczania tras objazdowych w trakcie trwania dużych imprez masowych, co może znacząco przyczynić się do minimalizowania utrudnień drogowych i tym samym poprawiać płynność ruchu. Istotnym elementem jest dobór odpowiednich narzędzi, które pomogą w podjęciu właściwych decyzji w możliwie najkrótszym czasie. Umożliwia to przewidywanie oraz przeciwdziałanie potencjalnym zagrożeniom przez wyznaczenie optymalnych rozwiązań.

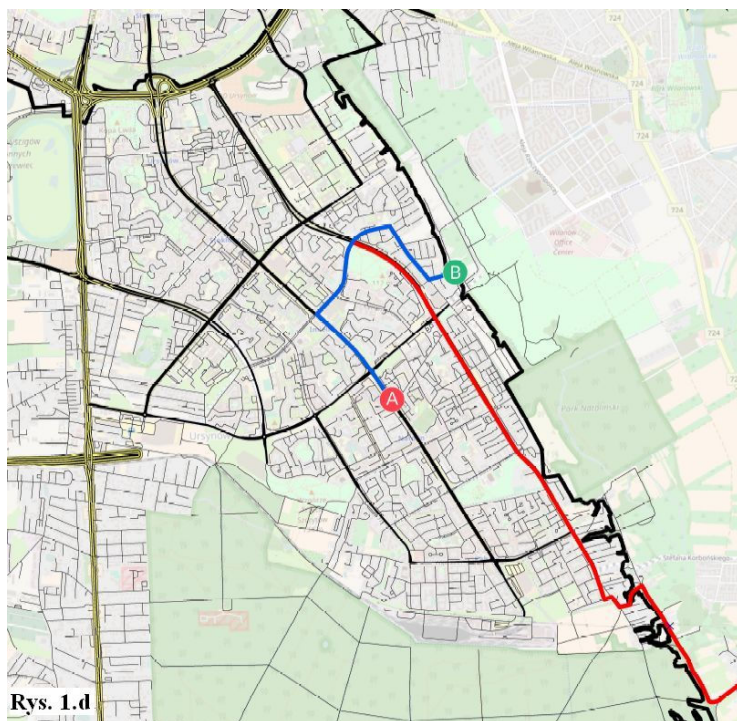
Należy jednocześnie podkreślić istotne znaczenie etapu gromadzenia właściwych do analizy danych, zwłaszcza danych o sieci drogowej niezbędnych do tworzenia modelu sieci. Dane drogowe z BDOT10k, chociaż tworzą bardzo dobrej jakości model rzeczywistości, to jak pokazało doświadczenie płynące z niniejszego opracowania, wykorzystanie ich w anali-

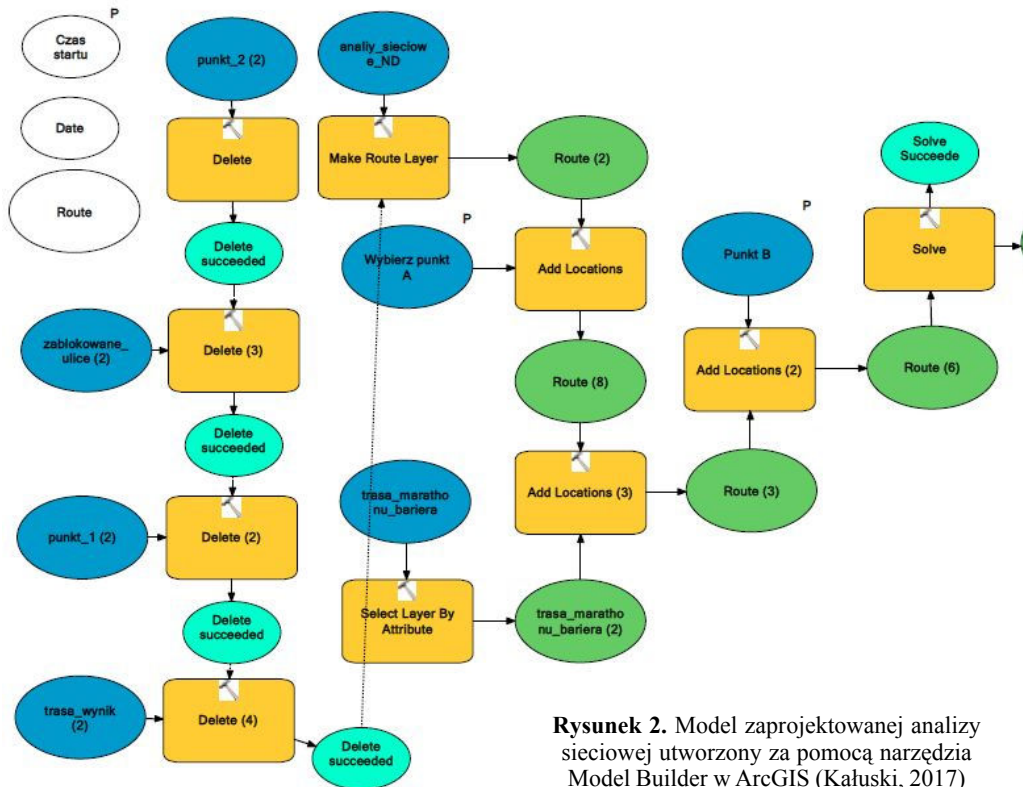
Rysunek 1. Przykładowe wyniki analiz sieciowych dla wybranego punktu początkowego (A) i docelowego (B) (w obszarze dzielnicy Ursynów) w trakcie trwania Orlen Warsaw Marathon 2017 w różnych godzinach:
a – 9:00, 1706 m,
b – 9:10, 8965 m





Rysunek 1cd:
c – 11:40 3705 m,
d – 11:50 2850 m;
kolorem czerwonym
oznaczono zablokowany
odcinek związany z trasą
maratonu, a niebieskim
trasę objazdu
(Kałuski, 2017)



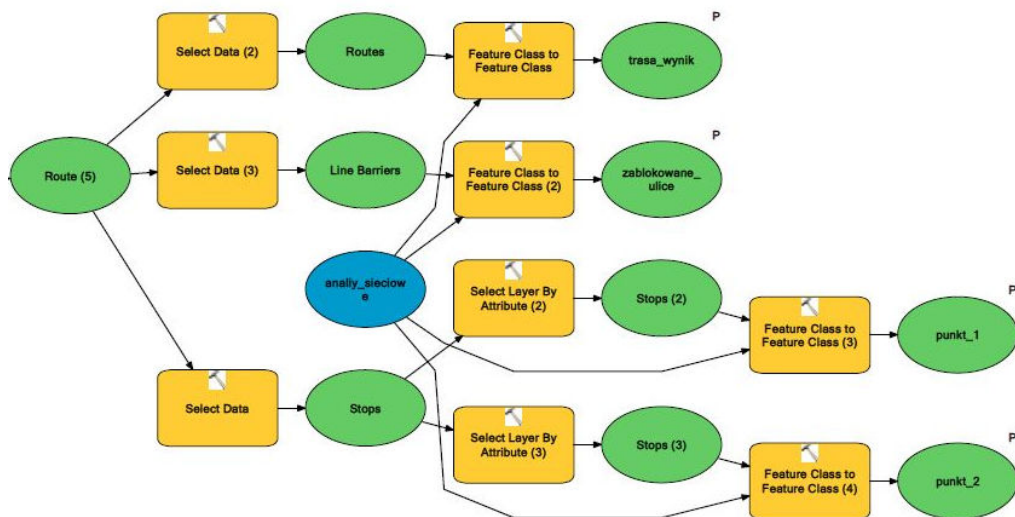


Rysunek 2. Model zaprojektowanej analizy sieciowej utworzony za pomocą narzędzia Model Builder w ArcGIS (Kaluski, 2017) (część lewa schematu)

zach sieciowych wymaga wielu czynności przygotowawczych i to zarówno weryfikujących (korygujących), jak i uzupełniających (zwłaszcza o nowe atrybuty). Przykładem może być wprowadzenie informacji o jednokierunkowości jezdni i ulic, poziomach jezdni oraz zakazach zmiany kierunku ruchu, wynikających ze znaków drogowych jak i samej geometrii drogi.

Stworzony model analizy sieciowej, a następnie aplikacja pozwala na wybranie dwóch punktów (startu i końca trasy) oraz przewidywanej godziny przejazdu, od której uzależniona jest aktualna pozycja maratonu. Narzędzie to, chociaż uzależnione od tego czy ma oprogramowanie Esri, może być z powodzeniem wykorzystywane w takich jednostkach jak komendy policji lub biuro organizatora imprezy, gdzie możliwe byłoby szybkie generowanie informacji na temat trasy objazdu, jaką w danym przypadku można by zaproponować osobom pytającym lub proszącym o pomoc w tym zakresie.

Otwarty charakter rozwiązania pozwala na zaimplementowanie aplikacji w przyszłości na przykład w postaci strony internetowej, dzięki czemu każda zainteresowana osoba mogłaby sama wyznaczyć trasę. Działanie aplikacji jest niezależne od danych, w związku z czym można szybko zmienić zarówno obszar, jak i przyczynę utrudnień – ważne, aby w danym przypadku model sieci drogowej był kompletny i poprawnie wykonany. Tego rodzaju aplikacja funkcjonująca w Internecie lub możliwa do zainstalowania w systemach Android i iOS pozwoliłaby na znaczące usprawnienie w komunikacji podczas imprez biegowych, a także



Rysunek 2. (część prawa schematu)

innych wydarzeń powodujących zmienne utrudnienia w ruchu, a dostęp do informacji pozwoliłby na ograniczenie konfliktów i zdrażnień pomiędzy mieszkańcami.

Podziękowania. Prezentowana w artykule praca była możliwa do wykonania dzięki udostępnieniu danych BDOT10k przez Centralny Ośrodek Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej oraz danych o znakach drogowych udostępnionych przez Biuro Polityki Mobilności i Transportu Urzędu Miasta Stołeczngo Warszawy. Autorzy dziękują dwóm anonimowym Recenzentom za bardzo pomocne uwagi.

Finansowanie. Tematyka pracy była wpisana w badania statutowe Wydziału Geodezji i Kartografii, Politechniki Warszawskiej.

Literatura (References)

- Cichociński Piotr, 2012: Ocena przydatności OpenStreetMap jako źródła danych dla analiz sieciowych (Assessment of OpenStreetMap suitability as a data source for network analysis). *Roczniki Geomatyki* 10 (7): 15-24, Warszawa, PTIP.
- Djurhuus Sune, Hansen Sten H., Aadahl Mette, Glümer Charlotte, 2016: Building a multimodal network and determining individual accessibility by public transportation. *Environment and Planning B: Planning and Design* 43 (1): 210-227.

- Eurosport, 2017: Piąta edycja Orlen Warsaw Marathon rozgrzała serca biegaczy i kibiców (The fifth edition of the Orlen Warsaw Marathon warmed up the hearts of runners and fans). Dostęp 04.2017 r. <http://eurosport.onet.pl/>
- Fijałkowska Anna, 2014: Measuring inhabitants' quality of life using GIS-based accessibility analysis. [In:] Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing. Conference Proceedings V. III, Photogrammetry and Remote Sensing, Cartography and GIS, International Multidisciplinary Scientific GeoConference & EXPO SGEM, vol. 3: 737-744.
- Handy Susan L., Niemeier Debbie A., 1997: Measuring Accessibility: an exploration of issues and alternatives. *Environment and Planning A: Economy and Space* 29 (7): 1175-1194.
- Kaluski Michał, 2017: Wykorzystanie analiz sieciowych przy projektowaniu objazdów imprez masowych na przykładzie biegu Orlen Warsaw Marathon (The usage of network analyses in the design of detours of mass events on the example of the Orlen Warsaw Marathon). Praca dyplomowa magisterska napisana pod kierunkiem Jerzego Chmiela, konsultacje Anna Fijałkowska. Politechnika Warszawska, Wydział Geodezji i Kartografii.
- Manley Ed J., Addison J.D., Cheng Tao, 2015: Shortest path or anchor-based route choice: A large-scale empirical analysis of minicab routing in London. *Journal of Transport Geography* 43: 123-139.
- Oh Kyushik, Jeong Seunghyun, 2007: Assessing the spatial distribution of urban parks using GIS. *Landscape and urban planning* 82 (1-2): 25-32.
- Orlen Warsaw Marathon, 2017: Regulamin Maratonu i inne informacje (Regulation of the Marathon and other informations). Dostęp 23.04.2017 r. <https://www.orklenmarathon.pl/>
- Porta Sergio, Crucitti Pablo, Latora Vito, 2006: The network analysis of urbanstreets: A primal approach. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City* 35 (5): 705-725.
- Rozporządzenie Ministra Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 11 listopada 2011 r. w sprawie bazy danych obiektów topograficznych oraz bazy danych obiektów ogólnogeograficznych, a także standardowych opracowań kartograficznych (Ordinance of the Minister of the Interior and Administration of November 11, 2011 on topographic objects database and general geographical objects database, as well as standard cartographic works). Dz.U. 2011 nr 279 poz.1642.
- Stinson Monique A., Bhat Chandra, 2003: Commuter bicyclist route choice: Analysis using a stated preference survey. *Transportation research record journal of the transportation research board* (1828): 107-115.
- Ustawa z dnia 20 czerwca 1997 r. – Prawo o ruchu drogowym (The act of June 20,1997 – The Traffic Law Act). Dz.U. 1997 nr 98 poz. 602.
- Ustawa z dnia 20 marca 2009 r. o bezpieczeństwie imprez masowych (The act of March 20, 2009 on the security of mass events). Dz.U. 2009 nr 62 poz. 504.
- Wawa Love, 2017. Dostęp 05.2017 r. www.wawalove.pl

Streszczenie

Każdy duży bieg lub przemarsz ulicami miasta powoduje utrudnienia w ruchu drogowym, a niekiedy prowadzi do całkowitego paraliżu miasta. Znaczenie tego tematu wzrosło w ostatnich latach z uwagi na liczbę i skalę tego typu imprez, co wynika ze zwiększającej się aktywności ruchowej Polaków, a co za tym idzie – wroście liczby uczestników takich imprez. Ważne staje się zatem prowadzenie skutecznych działań w kierunku minimalizacji problemu powstających utrudnień, w tym przez sięganie po metody analiz sieciowych dla projektowania objazdów. Przykład wykorzystania analiz sieciowych w projektowaniu objazdów zaprezentowany w niniejszym artykule dotyczy fragmentu trasy (w obrębie dzielnicy Warszawa-Ursynów) biegu Orlen Warsaw Marathon 2017. Przedstawiono ogólną charakterystykę tego typu imprezy, wymagania formalne i towarzyszące problemy komunikacyjne. W dalszej kolejności naszkicowano główny cel i założenia proponowanego rozwiązania umożliwiającego wyznaczenie tras objazdu, etap przygotowania danych oraz zbudowania zestawu danych sieciowych (modelu sieci). Opierając się na dostępnych narzędziach w ArcGIS Network Analyst stworzono model analiz sieciowych, który umożliwił wyznaczenie tras objazdów dla pojazdów przed, w trakcie i bezpośrednio po biegu. Rezultatem jest także aplikacja, która bazując na wypracowanym modelu, pozwala na dynamiczne wyznaczenie trasy objazdu z wybranego punktu A do punktu B na terenie dzielnicy

Ursynów podczas biegu Orlen Warsaw Marathon 2017. Wyniki analiz mogą dać podłoże do dalszych badań związanych z planowaniem tras objazdów podczas podobnych imprez masowych, a także mogą być zaimplementowane w rozwiązaniach chmurowych takich jak ArcGIS Online. Zakres działania powstałej aplikacji można rozszerzyć po wprowadzeniu dodatkowych danych sieciowych dla innych obszarów.

Abstract

Every large run, a marathon or a march along the city streets, causes difficulties in the road traffic, and sometimes leads to total paralysis of the city. The significance of this topic has increased in recent years due to the number and scale of such events, which result from the increasing physical activity of Poles, and hence – the increased number of participants of such events. Therefore, it is important to conduct effective actions to minimize the problem of arising difficulties, including the usage of network analysis methods for the design of detours. The example of the usage of such analyses for designing detours presented in this paper concerns the part of the route (within the Warsaw-Ursynów district) of the Orlen Warsaw Marathon 2017. The paper presents the general characteristics of this type of events, formal requirements and accompanying communication issues. It also outlines the main purpose and assumptions of the proposed solution for determining the detour routes, the stage of data preparation and the construction of a network data set (a network model). Based on tools available in ArcGIS Network Analyst, a network analysis model was created that allowed detour routes to be generated for vehicles before, during and immediately after the marathon. The result is also an application that, based on this model, allows to dynamically generate a detour route from the selected point A to B in the district of Ursynów during the Orlen Warsaw Marathon 2017. The results of analyses may provide a basis for further research related to planning of detour routes during similar mass events, and may be also implemented in cloud solutions such as ArcGIS Online. The scope of operations of the created application can be simply expanded after introducing additional network data for other areas as well.

Dane autorów / Authors details:

mgr inż. Michał Kałuski
<https://orcid.org/0000-0002-6454-8046>
michal.kaluski@igik.edu.pl

dr hab. inż. Jerzy Chmiel
<https://orcid.org/0000-0003-4656-4904>
jerzy.chmiel@pw.edu.pl

mgr inż. Anna Fijałkowska
<https://orcid.org/0000-0002-0567-9863>
anna.fijalkowska@pw.edu.pl

Przesłano / Received 7.05.2018
Zaakceptowano / Accepted 8.08.2018
Opublikowano / Published 15.11.2018

