

Anna Leśniak

Politechnika Rzeszowska
I rok studiów magisterskich, Transport

Justyna Mikoś

Politechnika Rzeszowska
I rok studiów magisterskich, Transport

Wykorzystanie mikrosymulacji do badań ruchu miejskiego

Wstęp

Problem sterowania ruchem drogowym jest często poruszonym tematem. Jest on związany z ciągle rosnącą ilością samochodów na drogach, brakiem odpowiednich ilości obwodnic miast, co wpływa na nadmierne natężenie ruchu. Sygnalizacja świetlna jest stosowana, by segregować potoki ruchu samochodów oraz pieszych, które ze sobą kolidują, przez przekazywanie sygnałów użytkownikom dróg¹. Informują one o możliwości ruchu bądź jej braku oraz ostrzegają o niebezpieczeństwie². Sygnalizację świetlną po raz pierwszy zastosowano w 1868 r. w Londynie. Przez lata ulegała ona ciągłym ulepszeniom. Obecna działa dzięki sygnalizatorom, detektorom, sterownikom mikroprocesorowym oraz minikomputerom³.

Celem artykułu jest opisanie zasady działania oraz korzyści płynących z symulacji i mikrosymulacji ruchu drogowego. Analizie poddane zostało wybrane skrzyżowanie w Rzeszowie przy użyciu programu do symulacji Vissim.

1. Sygnalizacja świetlna i detektory

Sygnalizacja świetlna jest jedną z form kierowania ruchem drogowym. Kwestie sygnalizacji świetlnej na drogach reguluje Rozporządzenie Ministrów Infra-

¹ K. Lejda, S. Siedlecka, *Inteligentne systemy sterowania ruchem drogowym w miastach*, „Autobusy” 2016, nr 12, s. 680–683.

² M. Leśko, J. Guzik, *Sterowanie ruchem drogowym, sygnalizacja świetlna i detektory ruchu pojazdów*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej Gliwice, Gliwice 2000.

³ Ibidem.

struktury oraz Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 31 lipca 2002 r. w sprawie znaków i sygnałów drogowych.

Wśród zalet sygnalizacji świetlnej wyróżnić można⁴:

- ułatwienie jazdy kierowcom dzięki poprawie przepustowości wlotów na skrzyżowaniach przez podporządkowanie ruchu i grupowanie pojazdów,
- niskie koszty instalacji i eksploatacji, co świadczy o wysokiej efektywności ekonomicznej,
- zmniejszenie liczby wypadków, gdyż redukują punkty kolizyjne,
- optymalizacja strat czasu dla pojazdów na kierunkach podporządkowanych.

Do wykrywania obecności pojazdów wykorzystuje się systemy detekcji przedstawione na Rys. 1 i 2. Segregują one pojazdy ze względu na wymiary, prędkość oraz zajmowany pas ruchu drogowego⁵.



Rys. 1. Schemat detekcji pojazdów na drogach

Źródło: <https://edroga.pl/drogi-i-mosty/wideodetekcja-i-monitoring-wizyjny-2506238>.



Rys. 2. Schemat działania detektora

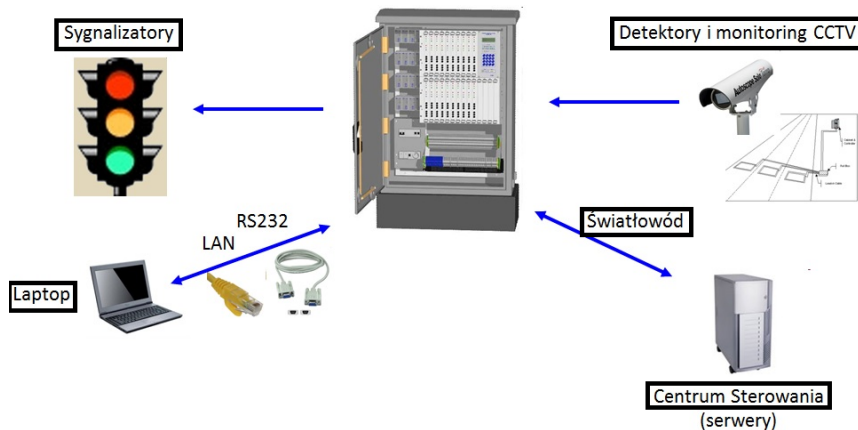
Źródło: <https://edroga.pl/drogi-i-mosty/wideodetekcja-i-monitoring-wizyjny-2506238>.

⁴ Ibidem.

⁵ K. Lejda, S. Siedlecka, *Charakterystyka systemów telematycznych wykorzystywanych w transporcie drogowym. Monografia* (red. nauk. K. Lejda), „Systemy i Środki Transportu Samochodowego”, nr 5, Oficyna Wyd. Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2014.

Detektory można wykorzystywać do⁶:

- optymalizacji sterowania sygnalizacją świetlną dla skrzyżowań i przejść dla pieszych;
- zbierania danych w miejscach gdzie poziom bezpieczeństwa musi być wysoki, np. w tunelach;
- tworzenia bazy z danymi odnośnie ruchu drogowego w czasie, by ulepszać sterowanie i zarządzanie;
- zbierania informacji odnośnie do ruchu drogowego i wyświetlania ich na znakach zmiennej treści, w celu informowania kierowców o bieżącej sytuacji drogowej (Rys. 3).



Rys. 3. Schemat przesyłania danych między detektorami, a sygnalizacją świetlną

Źródło: <http://kmlkrakow.pl/informacje-o-systemie-kmk/infrastruktura/138-system-sterowania-ruchem.html>.

2. Mikrosymulacje i ich zastosowanie

Modelowanie ruchu w obszarach miejskich jest skomplikowanym zagadnieniem, gdyż wpływa na niego wiele czynników jak np. społeczne, gospodarcze, techniczne, organizacyjne czy ekonomiczne⁷. Ważną rolę odgrywają również podsystemy transportowe, które można rozpatrywać jako indywidualne jednostki, ale również część większego zależnego od siebie organizmu. Czasem nawet najmniejsze zmiany w infrastrukturze mogą wpływać na potoki ruchu, a co za tym idzie, prowadzić do zakłóceń w funkcjonowaniu całego miasta.

⁶ M. Leško, J. Guzik, *Sterowanie ruchem drogowym...*

⁷ R. Żochowska, *Modelowanie potoków ruchu w sieci miejskiej dla potrzeb analizy zakłóceń*, „Logistyka” 2014, nr 4.

Mikrosymulacja ruchu drogowego umożliwia sprawdzenie wpływu projektowanej inwestycji lub wpływu zmian w programach sygnalizacji świetlnej na założony układ drogowy. Dzięki takiemu odwzorowaniu zachowań użytkowników dróg i wykorzystaniu numerycznych modeli ruchu można określić przewidywane długości kolejek lub strat czasu na określonym skrzyżowaniu. Mikrosymulacja ruchu pozwala przewidzieć przyszłe warunki ruchu w sposób przystępny w formie wizualnej.

Przez rozwój Inteligentnych Systemów Transportowych w Polsce zaszła potrzeba używania bardziej skomplikowanych programów sygnalizacji świetlnej. Przed zatwierdzeniem nowo opracowanych programów zarządcy ruchu wymagają sprawdzenia ich jako symulacji by określić skutki jej działania. Mikrosymulacje umożliwiają zaprogramowanie zakładanego modelu sterowania oraz analizę wyników porównując je do realnych warunków⁸.

W przypadku projektowania nowych odcinków dróg również można dokonać symulacji ruchu. Generalna Dyrekcja Dróg Krajowych i Autostrad w niektórych przypadkach wymaga przeprowadzenia symulacji ruchu na projektowanych węzłach⁹. By wybrać najkorzystniejszy układ należy przeprowadzić kilka symulacji różnych wariantów węzła.

3. Symulacja w programie Vissim

Narzędziem do wykonania mikrosymulacji może być program Vissim¹⁰. Umożliwia on przeprowadzenie symulacji i analizy ruchu pojedynczego pojazdu jak również zbioru pojazdów uwzględniając określone warunki tj. pasy ruchu, rodzaje pojazdów, wpływ sygnalizacji, przez co zapewnia realistyczny i szczegółowy ogląd na badany model¹¹. Możliwe jest definiowanie wielu scenariuszy w celu ich porównywania. Program posiada wiele opcji, umożliwia wprowadzenie wielu parametrów, jednakże pozostaje on przystępny w obsłudze dla użytkownika.

Za pomocą narzędzia Vissim (wersja studencka) zostało zaprojektowane skrzyżowanie w jednym z kluczowych miejsc w Rzeszowie – skrzyżowanie ul. Dąbrowskiego z ul. Wincentego Pola. Model skrzyżowania powstał na podstawie zdjęcia z Google Maps, tak aby jak najbardziej zostało odwzorowane rzeczywiste położenie każdej z dróg.

⁸ <http://www.oneroad.pl/symulacje-ruchu-drogowego/>.

⁹ Ibidem.

¹⁰ <https://www.ptvgroup.com/pl/rozwiazania/produkty/ptv-vissim/>.

¹¹ T. Dybicz, *Zastosowania techniki symulacji komputerowej do oceny efektywności rozwiązań zapewniających priorytety w ruchu pojazdów transportu zbiorowego*, Seminarium IKKU: Systemy Dynamicznego Zarządzania Ruchem Drogowym, Falenty, marzec 2005.

Celem modelowania ruchu na wybranym skrzyżowaniu było sprawdzenie, jak długość cyklu sygnalizacji wpływa na ruch pojazdów oraz jak długa kolejka powstaje przy ewentualnym przestoju. Dane natężenia ruchu są przykładowymi wartościami dobranymi do symulacji.

Kolejno zostały zamodelowane: odcinki dróg, prawo i lewoskręty, znaki poziome umieszczone na drogach, wyznaczone zostały teoretyczne trasy przejazdu pojazdów oraz zadana została określona wcześniej liczba pojazdów generowana z każdej ulicy osobno. W modelu założono, że ruch pieszych jest znikomy i został pominięty – ma to na celu skupienie uwagi jedynie na ruchu pojazdów oraz na czasie trwania poszczególnych cykli sygnalizacji. Następnie został stworzony odpowiedni program dla sygnalizacji – dla ul. Wincentego Pola na każdym kierunku obowiązuje jedna grupa sygnalizacyjna, przy czym pojazdy skręcające w lewo mają obowiązek ustąpić pierwszeństwa tym, które nadjeżdżają z przeciwka w kierunku prostym. Dla ul. Dąbrowskiego zostały stworzone dwie różne grupy sygnalizacyjne, tak aby ruch na tej ulicy był jak najmniej kolizyjny. Dodatkowo zostały wyznaczone miejsca kolizji w najbardziej niebezpiecznych punktach, tak aby jak najbardziej zminimalizować niebezpieczeństwo wypadku.

W wybranym przypadku skrzyżowania wzięto pod uwagę takie parametry jak czasy przejazdu pojazdów oraz liczniki kolejek. Parametry te pozwolą na określenie, jaka długość trwania cyklu sygnalizacji świetlnej jest najbardziej odpowiednia dla tego typu skrzyżowania.

Odcinki skrzyżowania oznaczone zostały liczbami od 1 do 14, gdzie umieszczono generatory pojazdów, natomiast łączniki poszczególnych odcinków dróg cyframi od 10000 do 10013 – na tych łącznikach generatorów nie ustawiono, ponieważ łączniki są częścią dróg. Na Rys. 4 została przedstawiona numeracja poszczególnych odcinków.



Rys. 4. Model analizowanego skrzyżowania

Źródło: opracowanie własne.

Na każdej drodze oznaczonej cyfrą od 1 do 14 ustawiono generatory pojazdów, które mają za zadanie imitować ruch pojazdów. Na Rys. 5 zaprezentowano natężenie na każdym z odcinków. Na ul. Dąbrowskiego wybrano większą liczbę pojazdów, ponieważ ulica ta jest jedną z głównych w Rzeszowie.

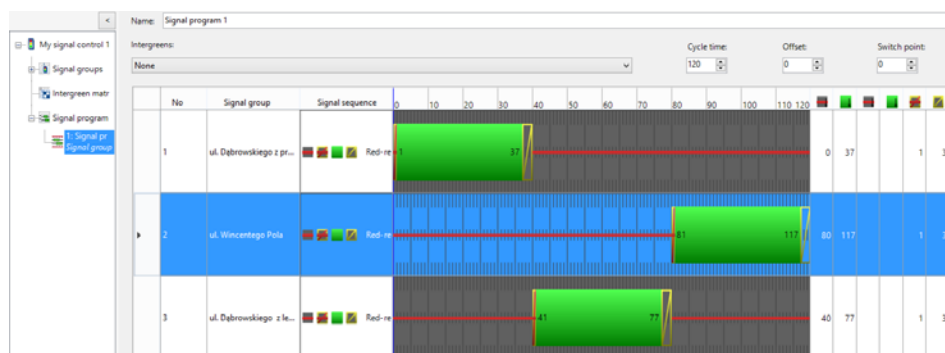
Generatory pojazdów / Natężenia ruchu w przedziale czasu					
Wybór opcji...					
Liczba: 8	Nr	Nazwa	Odc	Nat(0)	Uzytk(0)
	1	1	7	2000,0	1: Standard
	2	2	8	1900,0	1: Standard
	3	3	2	1300,0	1: Standard
	4	4	3	1600,0	1: Standard
	5	5	13	2200,0	1: Standard
	6	6	14	2000,0	1: Standard
	7	7	6	2700,0	1: Standard
	8	8	5	1500,0	1: Standard

Rys. 5. Parametry generatora ruchu na skrzyżowaniu

Źródło: opracowanie własne.

Założenia każdej symulacji: czas trwania 120 sek., odstępy między pomiarami 30 sek.

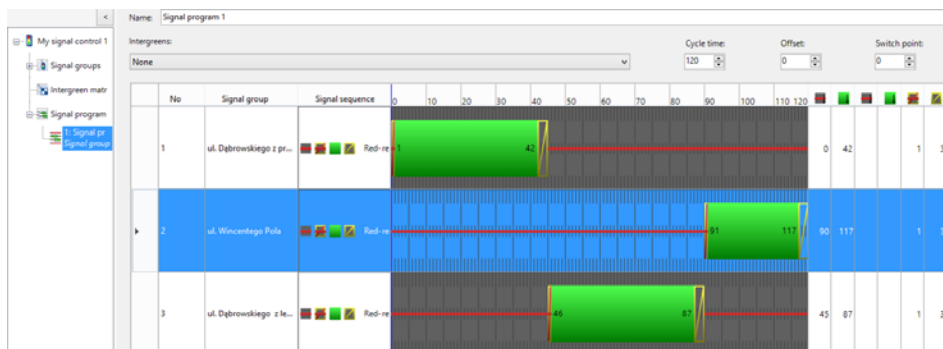
1. Parametry sygnalizacji dla symulacji nr 1 – czas trwania grupy świateł dla każdej grupy jest taki sam – po 40 sek., czas trwania całego cyklu 120 sek.



Rys. 6. Parametry sygnalizacji dla symulacji nr 1

Źródło: opracowanie własne.

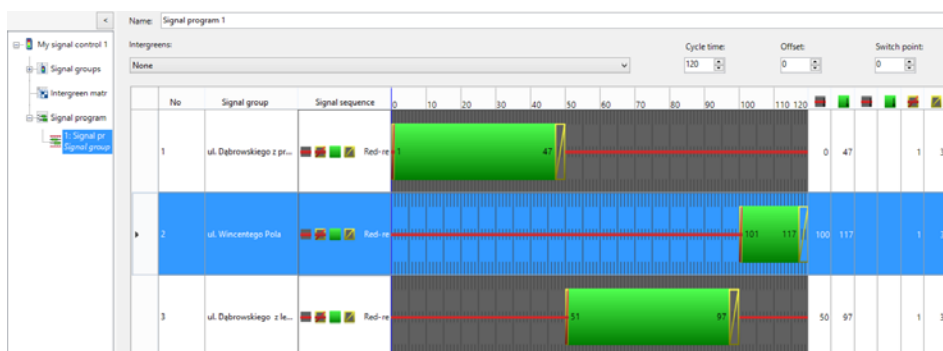
2. Parametry sygnalizacji dla symulacji nr 2 – w tym przypadku został skrócony czas trwania świateł o 10 sek. na sygnalizatorach ul. Wincentego Pola i wydłużone na ul. Dąbrowskiego na każdym kierunku o 5 sek.



Rys. 7. Parametry sygnalizacji dla symulacji nr 2

Źródło: opracowanie własne.

3. Parametry sygnalizacji dla symulacji nr 3 – w tym przypadku również został skrócony czas trwania światła o 10 sek. na sygnalizatorach ul. Wincentego Pola i wydłużone na ul. Dąbrowskiego na każdym kierunku o 5 sek.



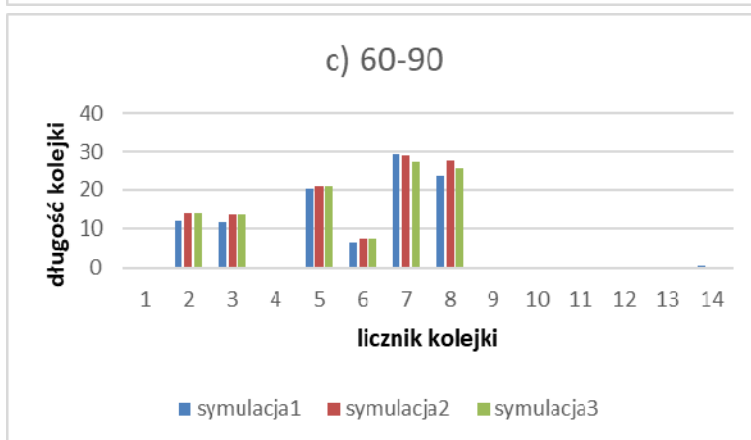
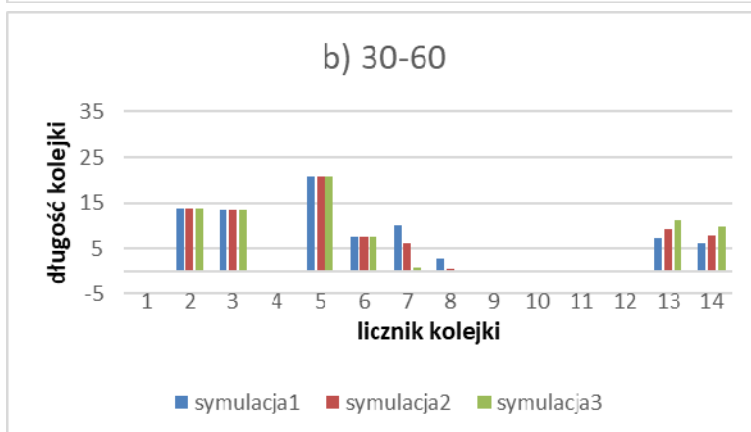
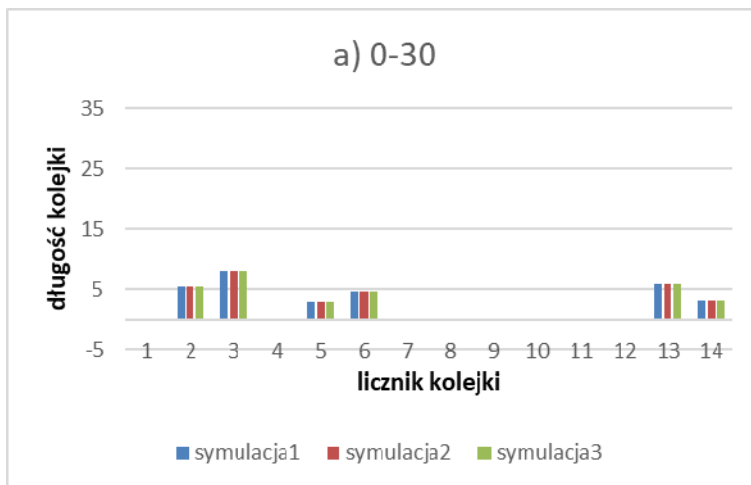
Rys. 8. Parametry sygnalizacji dla symulacji nr 3

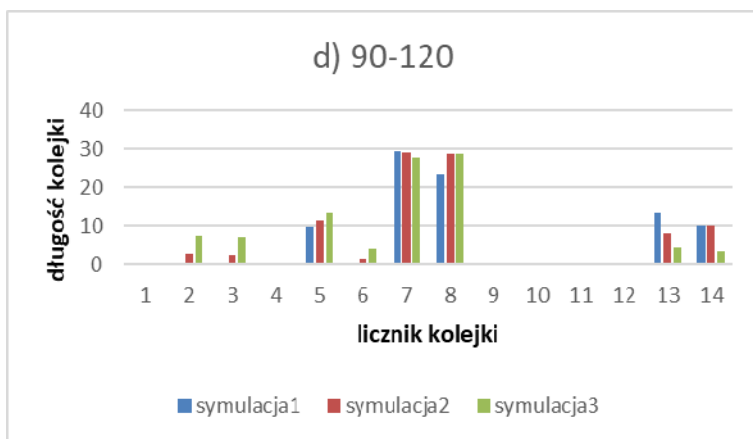
Źródło: opracowanie własne.

Wyniki pomiarów

Nazwa licznika kolejki jest taka sama jak numerów odcinków dróg, czyli odcinkowi nr 1 odpowiada licznik kolejki również o numerze 1.

Na wykresach poniżej (Rys. 9.a) b) c) d)) zostały przedstawione wyniki dotyczące długości kolejki w każdej z trzech symulacji, analizowane były przedziały czasu 0–30 sek., 30–60 sek., 60–90 sek., 90–120 sek.





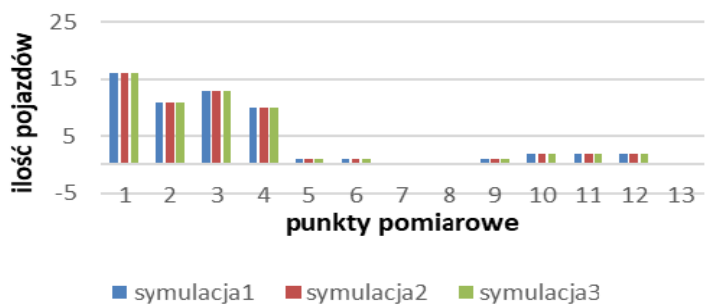
Rys. 9. Wykres licznika kolejki w czasie: a) 0–30 sek., b) 30–60 sek., c) 60–90 sek., d) 90–120 sek.

Źródło: opracowanie własne.

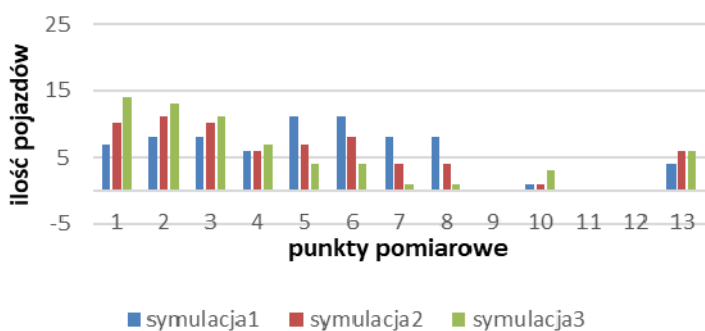
Zwracając uwagę na wykresy (Rys. 9.a) b) c) d)) z pewnością zauważyć można puste miejsca – jest to wynik pracy sygnalizacji, czyli w tym czasie jedna z grup sygnalizacyjnych miała zielone światło i nie tworzyły się kolejki pojazdów. Można więc stwierdzić, że w czasie 0–30 sek. zmiana długości świateł nie przyniosła żadnego efektu, w czasie 30–60 sek. zmiany są widoczne, w szczególności dla punktów 7–14, natomiast w czasach 60–90 sek. oraz 90–120 sek. różnice są najbardziej widoczne, ponieważ dopiero tutaj w symulacjach 2 i 3 nastąpiły zmiany w poszczególnych czasach świateł i jest to wynikiem skrócenia czasu trwania świateł na ul. Wincentego Pola a wydłużeniem o 5 sek. na każdym z kierunków drugiej ulicy. Największa liczba pojazdów w kolejkach obserwowana jest w przedziałach czasów 60–90 sek. oraz 90–120 sek. w punktach pomiarowych 7 i 8. Najdłuższa kolejka jest obserwowana w przypadku symulacji nr 1 w punkcie pomiarowym 7. W tym przypadku symulacja nr 1 wypada najlepiej spośród pozostałych.

Na wykresach (Rys. 10.a) b) c) d)) przedstawiono liczbę pojazdów przejeżdżających przez wyznaczone odcinki na drogach, również w zakresach czasu 0–30 sek., 30–60 sek., 60–90 sek., 90–120 sek. oraz w zależności od symulacji: 1, 2, 3.

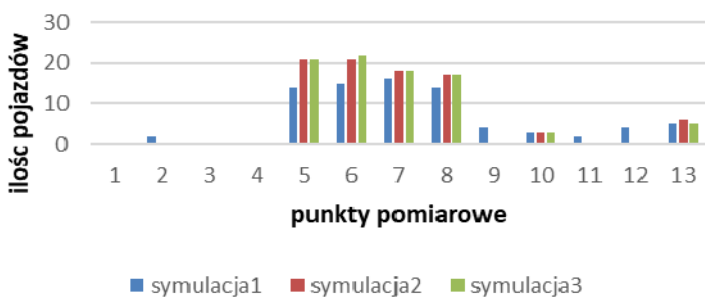
a) 0-30

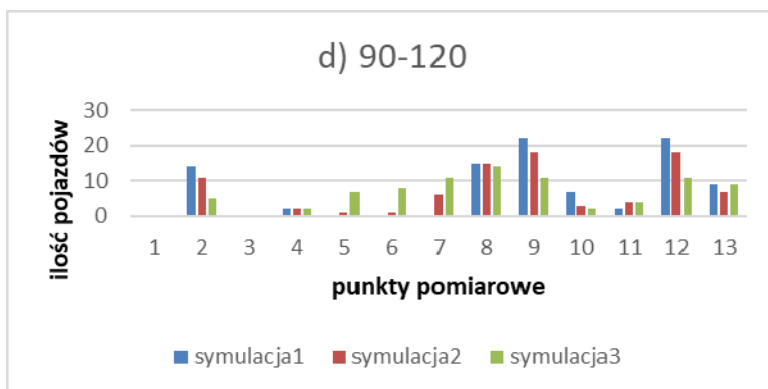


b) 30-60



c) 60-90



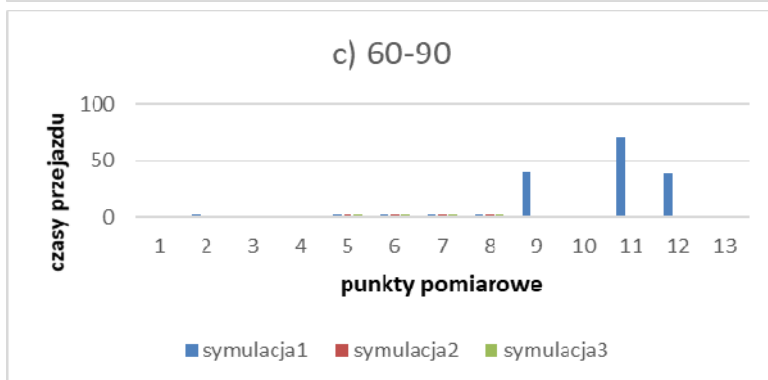
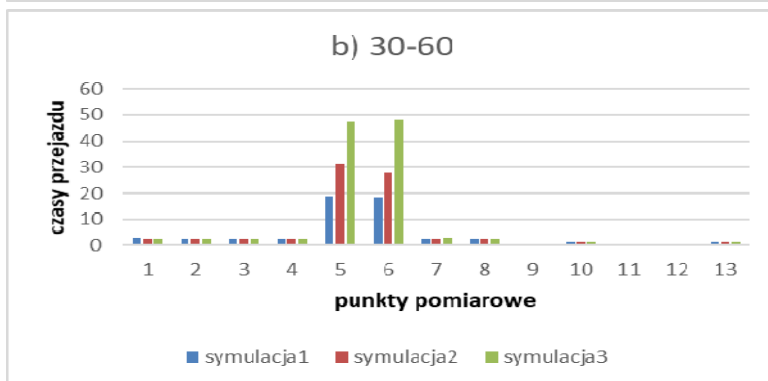
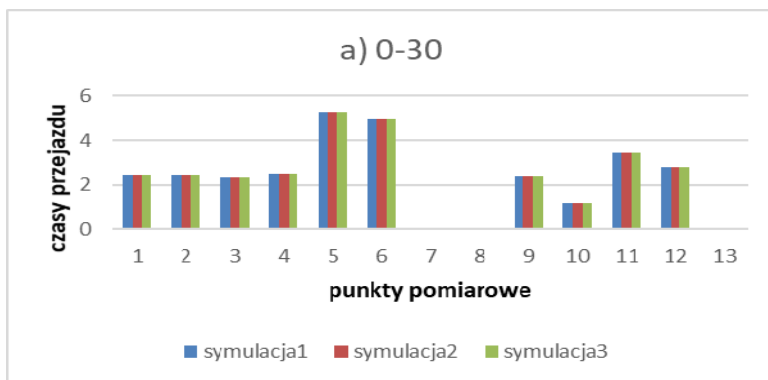


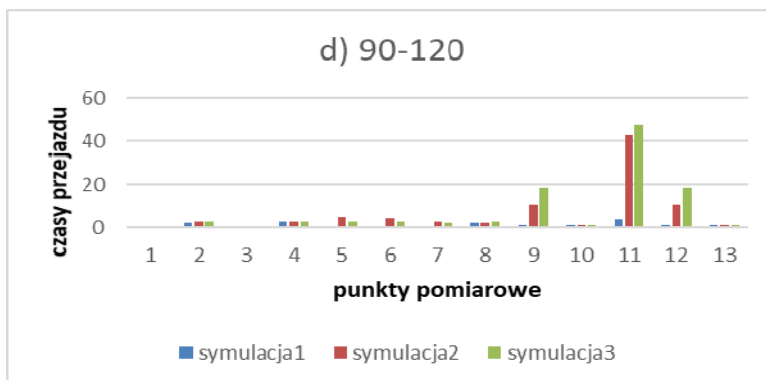
Rys. 10. Wykres liczby pojazdów w czasie: a) 0–30 sek., b) 30–60 sek., c) 60–90 sek., d) 90–120 sek.

Źródło: opracowanie własne.

Z wykresów (Rys. 10.a) b) c) d)) można odczytać, że w czasie 0–30 sek. liczba pojazdów jest taka sama – może być to spowodowane, iż liczba pojazdów na początku każdej z symulacji jest taka sama i zmienia się dopiero w trakcie trwania każdej z symulacji w zależności od generowanego sygnału na sygnalizatorach. W pozostałych czasach liczba pojazdów różni się, gdyż na każdym odcinku drogi generowana jest inna liczba pojazdów, co było wcześniej założone. Różnica wynika również z tego, iż skrócone zostały czasy trwania sygnalizacji na ul. Wincentego Pola, co pozwoliło na przejechanie większej liczby pojazdów przez ul. Dąbrowskiego i zmniejszenie ilości przejazdów pojazdów przez ulicę podporządkowaną. Największą liczbę pojazdów obserwowano w przedziałach czasu 60–90 sek. oraz 90–120 sek., jednak szczególną różnicę można zauważyć w czasie 90–120 sek. w punktach pomiarowych 9 i 12 – jest to ponad 20 pojazdów w rozpatrywanym czasie.

Na wykresach (Rys. 11.a) b) c) d)) przedstawiono czasy przejazdów przez analizowane skrzyżowanie.





Rys. 11. Wykres czasów przejazdów pojazdów w czasie: a) 0–30 sek., b) 30–60 sek., c) 60–90 sek., d) 90–120 sek.

Źródło: opracowanie własne.

W tym przypadku również w czasie 0–30 sek. zmiany nie są widoczne, w pozostałych analizowanych czasach zmiany są zauważalne. W przedziale czasu 30–60 sek. zmiany są w szczególności widoczne w punkcie pomiarowym 5 i 6 – według tego przypadku najlepiej prezentuje się symulacja nr 1, ponieważ czas przejazdu jest najkrótszy przez wyznaczone punkty pomiarowe. Największą różnicę można zauważyć w przedziale czasu 60–90 sek., może być to wynikiem przesunięcia czasu trwania poszczególnych świateł na skrzyżowaniach bądź ewentualnym błędem w symulacji. Najdłuższy czas przejazdu wyniósł ok 70 sek. W przedziale czasu 90–120 sek. największą różnicę można zauważyć w punktach 9,11 i 12 – w tym przypadku również najlepsze czasy przejazdu obserwowane są podczas trwania symulacji nr 1.

Poddając analizie przejazdy w każdej symulacji najbardziej optymalna jest symulacja nr 1, w której założono równe czasy trwania sygnałów świetlnych na każdym kierunku skrzyżowania.

Podsumowanie

Wraz ze wzrostem liczby samochodów na drogach zaszła potrzeba doskonalenia ich ruchu w obszarach miejskich. Zarządy dróg na bieżąco monitorują sytuację, a otrzymane informacje są podstawą do dalszych rozważań nad nowymi rozwiązaniami. Dzięki zastosowaniu Inteligentnych Systemów Transportowych istnieje możliwość lepszego zarządzania ruchem drogowym. Dzięki zastosowaniu różnego rodzaju czujników i detektorów zbierane są informacje, które po przetworzeniu mogą pomagać w optymalizacji ruchu na skrzyżowaniach. Dzięki narzędziom do symulacji projektanci dróg czy skrzyżowań mogą zbadać czy

dane rozwiązania konstrukcyjne czy oprogramowanie spełnia zakładane założenia. Przykładem takiego narzędzia jest program Vissim. Umożliwia on odwzorowywanie rzeczywistych warunków drogowych. Z przeprowadzonej analizy wynika, iż niewielkie zmiany w programach sygnalizacji świetlnej mają wpływ na przepustowość skrzyżowania.

Bibliografia

- Adamski A., *Inteligentne systemy transportowe: sterowanie, nadzór i zarządzania*, Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, Kraków 2003.
- Dybicz T., *Zastosowania techniki symulacji komputerowej do oceny efektywności rozwiązań zapewniających priorytety w ruchu pojazdów transportu zbiorowego*, Seminarium IKKU: Systemy Dynamicznego Zarządzania Ruchem Drogowym, Falenty, marzec 2005.
- Dyduch J., *Innowacyjne systemy sterowania ruchem*, Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny w Radomiu, Radom 2010.
- Gaca S., Suchorzewski W., Tracz M., *Inżynieria ruchu drogowego. Teoria i praktyka*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 2008.
- <http://kmmkrakow.pl/informacje-o-systemie-kmk/infrastruktura/138-system-sterowania-ruchem.html>.
- <http://www.oneroad.pl/symulacje-ruchu-drogowego/>.
- <https://edroga.pl/drogi-i-mosty/wideodetekcja-i-monitoring-wizyjny-2506238>.
- <https://www.ptvgroup.com/pl/rozwiązania/produkty/ptv-vissim/>.
- Lejda K., Siedlecka S., *Inteligentne systemy sterowania ruchem drogowym w miastach; „Autobusy”* 2016, nr 12.
- Lejda K., Siedlecka S., *Charakterystyka systemów telematycznych wykorzystywanych w transporcie drogowym*, Monografia (red. nauk. K. Lejda), „Systemy i Środki Transportu Samochodowego”, nr 5, Oficyna Wyd. Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2014.
- Leśko M., Guzik J., *Sterowanie ruchem drogowym, sygnalizacja świetlna i detektory ruchu pojazdów*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej Gliwice, Gliwice 2000.
- Tracz M., *Pomiary i badania ruchu drogowego*, WKiŁ, Warszawa 1984.
- Tracz M., Allsop R.E., *Skrzyżowania z sygnalizacją świetlną*, WKiŁ, Warszawa 1990.
- Wocha J., Janecki R., Sierpiński G., *Współczesne systemy transportowe. Wybrane problemy teorii i praktyki*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2009.
- Żochowska R., *Modelowanie potoków ruchu w sieci miejskiej dla potrzeb analizy zakłóceń*, „Logistyka” 2014, nr 4, Politechnika Śląska.

Streszczenie

Wraz ze wzrostem samochodów na drogach zachodzi potrzeba usprawniania ruchu na drogach. Znaczący wpływ na ruch miejski mają skrzyżowania, które generują opóźnienia. Dzięki programom symulacyjnym możliwe jest zamodelowanie ruchu drogowego zgodnie z rzeczywistym, a następnie zbadanie alternatywnych rozwiązań. W artykule analizie poddano jedno z rzeszowskich skrzyżowań.

Słowa kluczowe: mikrosymulacje, ruch miejski, Vissim, miasto Rzeszów

MICROSIMULATIONS FOR URBAN TRAFFIC STUDIES

Summary

The increasing number of cars on the road made a necessity to improve traffic. Crossings that generate delays have a significant impact on city traffic. Thanks to simulation programs it is possible to model road traffic in accordance with the real and then explore alternative solutions. One of Rzeszów intersections was analyzed in the article.

Keywords: osimulations, city traffic, Vissim, city of Rzeszów