Model transportowy Bydgosko-Toruńskiego Obszaru Partnerstwa[1]

JACEK CHMIELEWSKI
dr inż., Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, ul. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz; tel.: +48 52 3408621, e-mail: jacek.chmielewski @utp.edu.pl
TOMASZ SZCZURASZEK
prof. dr hab. inż., Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, ul. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz, tel.: +48 52 3408430, e-mail: tomasz.szczuraszek@utp.edu.pl

Streszczenie: W artykule opisano założenia i konstrukcję modelu transportowego opracowanego na potrzeby studium transportowego Bydgosko-Toruńskiego Obszaru Partnerstwa (B-TOP) [1], w którym zintegrowano dwa niezależne modele miejskie, uwzględniono obszary podmiejskie, wiejskie oraz wzajemne powiązania pomiędzy obu sąsiedzkimi miastami. W modelu odtworzono wszystkie formy transportu, w tym m.in. ruch pieszy, rowerowy oraz środkami transportu publicznego kolejowego, tramwajowego i autobusowego. Model ten został zastosowany do diagnozy funkcjonowania transportu w analizowanym obszarze, analizy SWOT oraz opracowania modeli prognostycznych dla różnych scenariuszy rozwoju gospodarczego analizowanego obszaru. Modele te zostały z powodzeniem zastosowane do opracowania koncepcji rozwoju systemów transportowych B-TOP.
Słowa kluczowe: studium transportowe, model ruchu, potrzeby transportowe

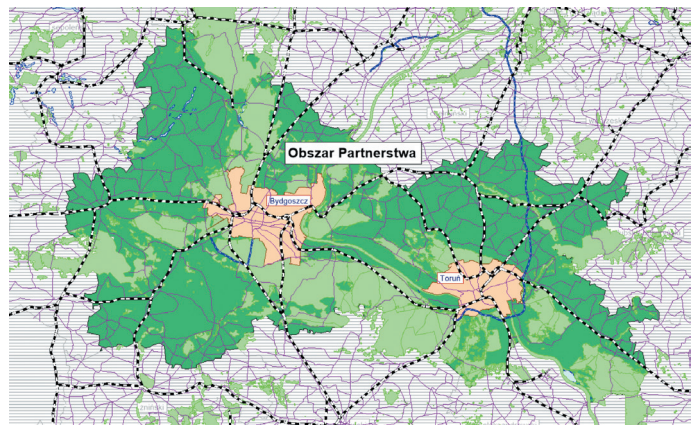
Wprowadzenie

Analizy funkcjonowania systemów transportowych zarówno w stanie istniejącym, jak i dla okresów prognostycznych wymagają zastosowania odpowiednich narzędzi informatycznych. Złożoność procesu transportowego, jego duża zmienność w czasie oraz zależność od zachowań i preferencji transportowych ludzi, a także od jakości sieci transportowych i charakterystyki zagospodarowania przestrzennego sprawiają, iż właściwe odtworzenie tego zjawiska wymaga wielu danych opisujących zarówno stronę popytu (potrzeb transportowych) oraz podaży (dostępnych możliwości przemieszczania się) w transporcie. Popyt na transport wynika z naturalnych potrzeb bytowych mieszkańców zarówno analizowanego obszaru (ruch wewnętrzny i generowany), jak i obszarów leżących poza jego granicami (ruch absorbowany i tranzytowy). Przemieszczenia są konsekwencją naturalnego rozmieszczenia przestrzennego dóbr naturalnych oraz rozmieszczenia ludności, wynikają z działalności socjologicznych, kulturowych, a także z produkcyjnej i społecznej działalności człowieka. Podaż w transporcie to wszystkie dostępne systemy transportowe umożliwiające realizację potrzeb transportowych. Należy przy tym zaznaczyć, iż każdy z systemów transportowych charakteryzuje się swoją ograniczoną przepustowością, czyli maksymalną liczbą podróży, jaka może być zrealizowana danym systemem transportowym. Przykładem może być transport publiczny, w którym maksymalna liczba pasażerów wynikać będzie z pojemności i liczby środków transportowych będących w dyspozycji przewoźnika. W przypadku, gdy popyt przewyższa podaż, podróżni zmuszeni są do skorzystania z innych form transportu, wyboru innej lokalizacji celu danej podróży lub rezygnacji z niej oraz ich zmienności w czasie i przestrzeni.

W artykule opisano założenia i konstrukcję modelu transportowego Bydgosko-Toruńskiego Obszaru Funkcjonalnego (B-TOF), zwanego dalej Obszarem Partnerstwa. Opracowany został na potrzeby „Studium zrównoważonego rozwoju systemów transportowych powiatów bydgoskiego i toruńskiego ze szczególnym uwzględnieniem miast Bydgoszczy i Torunia" [1]. Obszar Partnerstwa składa się z dwóch miast na prawach powiatu oraz wielu gmin wchodzących w skład obszaru funkcjonalnego tych miast wykraczających poza ziemskie powiaty: bydgoski i toruński.

Obszar objęty modelem musiał zatem uwzględnić dwa duże miasta Bydgoszcz i Toruń, wiele miast i wsi położonych w wyżej wymienionych gminach oraz tereny zewnętrzne w stosunku do Obszaru Partnerstwa, które silnie oddziaływują transportowo na Obszar Partnerstwa.

Największym wyzwaniem dla autorów przy budowie opisywanego modelu było uwzględnienie w nim ogromnego zróżnicowania potrzeb i podaży transportowych poszczególnych terenów wchodzących w skład Obszaru Partnerstwa oraz znacznego zróżnicowania zachowań transportowych mieszkańców tych terenów. Ponadto, mając na uwadze intermodalność systemów transportowych, oznaczającą możliwość realizacji pojedynczej podróży różnymi



Rys. 1. Schemat obszaru modelowania na tle podstawowych sieci transportowych
Źródło: [1]

[1] ©Transport Miejski i Regionalny, 2016. Wkład autorów w publikację: J. Chmielewski 50%, T. Szczuraszek 50%.

środkami transportowymi, a także ścisłą zależność sposobu realizacji podróży od preferencji mieszkańców (np. czasu podróży, kosztów podróży, komfortu itd.), niezbędne było opracowanie takiego modelu transportowego, w którym możliwe jest odtworzenie ww. zjawisk na całym obszarze modelowania, z uwzględnieniem interakcji z zewnętrznymi sieciami transportowymi.

Założenia budowy modelu transportowego dla stanu istniejącego

Model transportowy Obszaru Partnerstwa opracowano zgodnie z następującymi założeniami w zakresie jego funkcjonowania:

1. Model transportowy jest makromodelem, czyli odwzorowuje typowe zjawiska transportowe w układzie globalnym, bez szczegółowych analiz zjawisk zachodzących lokalnie (takich jak np. zmiana pasa ruchu, włączanie się do ruchu), co jest przedmiotem mikrosymulacji;
2. Zadaniem nadrzędnym modelu jest wyznaczenie natężeń ruchu samochodowego oraz potoków pasażerskich w środkach transportu indywidualnego oraz transportu publicznego (autobusach, tramwajach, kolei) na sieciach transportowych analizowanego obszaru dla okresu doby oraz godziny szczytu porannego typowego dnia roboczego;
3. Model transportowy zawiera cztery podmodele zintegrowane w jeden model Obszaru Partnerstwa, obejmujące obszarowo: Bydgoszcz, Toruń i pozostały Obszar Partnerstwa oraz tereny zewnętrzne Obszaru Partnerstwa. W poszczególnych podmodelach zdefiniowano wszystkie elementy konstrukcji modelu transportowego w zakresie opisu infrastruktury transportowej;
4. Na potrzeby analiz modelowych analizowany obszar podzielono na 1500 mniejszych obszarów reprezentujących jednorodne części Obszaru Partnerstwa – tzw. rejony transportowe. Podstawą definicji każdego obszaru są umowne granice poszczególnych rejonów transportowych, przy czym rejony te utworzone są w ramach poszczególnych gmin i powiatów lub dużych i średnich miast;
5. W modelu zakodowano wszystkie sieci transportowe obejmujące zarówno odcinki dróg, wydzielone ciągi piesze (głównie dojścia do przystanków i dworców), jak i dostępny transport publiczny kolejowy, tramwajowy i drogowy (autobusy) oraz ciągi rowerowe. Geometria układu transportowego została opisana w taki sposób, aby najbardziej wiarygodnie odzwierciedlić rzeczywistość;
6. Podstawowe charakterystyki odcinków międzywęzłowych (liczba pasów ruchu i ich szerokości, ograniczenia prędkości, rodzaj i stan nawierzchni itd.) przypisane są przez zdefiniowane typu odcinków. Dla każdego typu odcinków zdefiniowana jest przepustowość wzorcowa oraz prędkości w ruchu swobodnym poszczególnych grup pojazdów (osobowe, dostawcze i ciężarowe) na podstawie własnych algorytmów;
7. Skrzyżowania drogowe, w tym skrzyżowania z sygnalizacją świetlną, opisano między innymi poprzez przepustowości i straty czasu przy przejeździe na poszczególnych relacjach skrętnych na podstawie własnych algorytmów;
8. Marszruty poszczególnych linii transportu publicznego wytrasowano po odcinkach międzywęzłowych w ramach dostępnych systemów transportowych, przy czym odległości i czasy przejazdu pomiędzy poszczególnymi przystankami określono na podstawie rozkładów jazdy dla poszczególnych przedziałów godzinowych;
9. Układ linii transportu publicznego obejmuje wszystkie linie użyteczności publicznej kolejowych, tramwajowych i autobusowych;
10. Przystanki zdefiniowano w dedykowanych węzłach sieci transportowej. W celu odwzorowania w modelu rzeczywistych zachowań podróżnych (np. przejścia pomiędzy przystankami w trakcie przesiadki, w tym kładki, tunele, perony) dodatkowo zdefiniowano odcinki dla podróży pieszych łączące te węzły z pozostałymi elementami sieci transportowej;
11. Analizy modelowe transportu publicznego dla stanu istniejącego oparto na rzeczywistych rozkładach jazdy;
12. Model oparty jest na teorii czterostopniowego etapu obliczeniowego złożonego z:
    - generowania popytu (powstawanie ruchu);
    - wyboru celu podróży (rozkład przestrzenny ruchu w układzie macierzowym);
    - wyboru środka do realizacji podróży (podróż samochodem jako kierowca, samochodem jako pasażer, środkiem publicznego transportu zbiorowego, piesza, rowerem);
    - rozkładu ruchu na sieć transportową (wyboru tras przejazdu danym środkiem transportowym);
13. Potrzeby transportowe w modelu opisane są przez generatory potrzeb transportowych: mieszkańców, przyjezdnych, a także ruch towarowy. Każdy generator potrzeb transportowych scharakteryzowany jest przez następujące elementy:
    - grupy generujące potrzeby transportowe (*Persons groups*) – np. grupy osób o jednorodnych zachowaniach transportowych;
    - pary motywacji podróży (*Activity pairs*) – np. D–P (dom–praca);
    - warstwy popytu (*Demand*) – np. D–P_P (praca jako motywacja podróży dla grupy osób pracujących);
14. W oparciu o bazę adresową województwa kujawsko-pomorskiego w modelu zdefiniowano obiekty adresowe reprezentujące potencjalne źródła i cele podróży – tzw. POI (punkty użytkowania);
15. Źródłem do generowania popytu są mieszkańcy przypisani do zdefiniowanych w modelu transportowym obiektów adresowych;
16. Ze względu na różnorodność charakterystyk zachowań transportowych poszczególnych grup osób, mieszkańców podzielono na tzw. grupy osób jednorodnych zachowań transportowych. Ze względu na potrzeby transportowe wydzielono w modelu grupy osób zamieszkałych:

- w Bydgoszczy,
- w Toruniu,
- w średnich i małych miastach Obszaru Partnerstwa,
- na obszarach wiejskich Obszaru Partnerstwa,
- poza analizowanym Obszarem Partnerstwa.

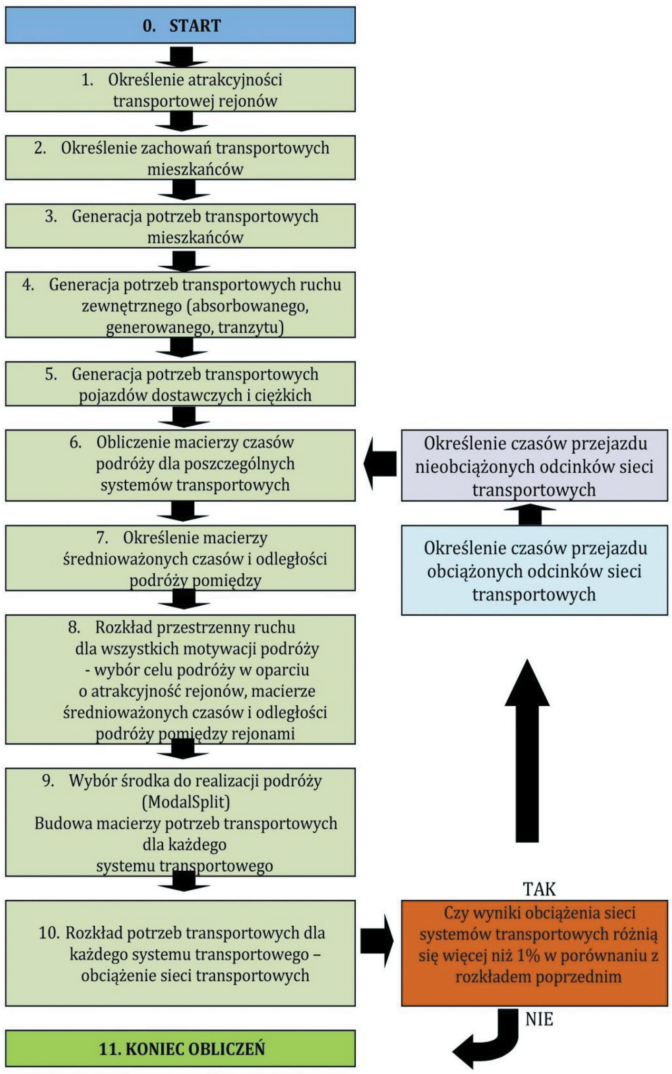
Ponadto, mając na uwadze fakt, iż cele podróży i sposób realizacji podróży przez mieszkańców każdego z ww. obszaru zależne są zarówno od wieku, statusu społecznego i zawodowego, jak i środka transportowego, jakim dana grupa mieszkańców dysponuje, wydzielono następujące grupy osób o jednorodnych zachowaniach:

- uczniowie szkół podstawowych i gimnazjów (USPG),
- uczniowie szkół średnich (USS),
- studenci studiów stacjonarnych (Stu),
- osoby pracujące poza własnym gospodarstwem rolnym (P),
- osoby pracujące we własnym gospodarstwie rolnym (PR),
- osoby niepracujące (NP);

17. Liczba podróży generowanych w danym przedziale czasu (w dobie oraz w godzinie szczytu porannego), a także inne niezbędne parametry modelowe, takie jak przykładowo: średnia długość podróży, prawdopodobieństwo wyboru celu podróży, wyboru środka transportowego itp., określone są na podstawie badań ankietowych mieszkańców danego obszaru (obszarów wiejskich, średnich i małych miast oraz Bydgoszczy i Torunia);
18. Atrakcyjności poszczególnych rejonów transportowych, rozumiane jako częstotliwość potencjalnych odwiedzin danego obszaru przez mieszkańców w ciągu doby dnia roboczego lub godziny szczytu porannego w danym celu, definiowane są na podstawie dostępnych danych (np. baza REGON, dane statystyczne GUS, dane z urzędów powiatowych i gminnych) oraz badań atrakcyjności obiektów użyteczności publicznej. Dane o ww. atrakcyjności przypisywane są do poszczególnych obiektów reprezentujących dany punkt adresowy (np. budynek), a w trakcie obliczeń do poszczególnych rejonów transportowych. Atrakcyjności te określone zostały dla następujących motywacji podróży: szkoła, uczelnia, praca, zakupy, zakupy w centrach handlowych, cele prywatne;
19. Na granicy Obszaru Partnerstwa zdefiniowane zostały tzw. zewnętrzne rejony transportowe reprezentujące wloty i wyloty korytarzy transportowych z Obszaru Partnerstwa zarówno drogowych, jak i kolejowych;
20. Ruch tranzytowy przez Obszar Partnerstwa określono na bazie wojewódzkiego modelu transportowego [2] i założono, że jest on stały (niezależny od zmian w atrakcyjności obszaru);
21. Atrakcyjności zewnętrznych rejonów transportowych określono na podstawie analiz przy wykorzystaniu wojewódzkiego modelu transportowego [2] w taki sposób, by zgodne były z liczbą podróżnych wjeżdżających i wyjeżdzających z Obszaru Partnerstwa w podziale na grupy osób o jednorodnych zachowaniach transportowych oraz, by wraz z potokami tranzytowymi odzwierciedlić potoki pasażerskie oraz natężenia ruchu drogowego obserwowane na poszczególnych wlotach i wylotach z analizowanego obszaru w ciągu doby dnia roboczego oraz godziny szczytu porannego;
22. Podział wielkości ruchu i liczby podróżnych wjeżdżających i wyjeżdżających z Obszaru Partnerstwa (po odjęciu ruchu tranzytowego i liczby podróży w ruchu tranzytowym) na ruch i podróże generowane i absorbowane wykonano na podstawie badań i analiz autorów;
23. Podróżni wjeżdżający w analizowany obszar w ruchu absorbowanym danym środkiem transportu (jako pasażer samochodu, transportu publicznego lub kierowca samochodu osobowego) realizują podróże w podobnej strukturze motywacji, jak mieszkańcy Obszaru Partnerstwa. Wybór lokalizacji celu podróży zależny jest od atrakcyjności analizowanego obszaru oraz dostępności transportowej (oporu podróży);
24. Zakłada się, iż podróże realizowane przez przyjezdnych do obszaru objętego modelem samochodem osobowym (jako kierowca lub pasażer) realizowane są tylko tym środkiem transportu. Podróże realizowane środkami transportu publicznego (z przekroczeniem granicy analizowanego obszaru) wykonywane mogą być również tylko środkami transportu publicznego funkcjonującego w ramach obszaru analizy jako podróż łączona. Tym samym przykładowo podróżny przyjeżdżając do Obszaru Partnerstwa koleją może wybrać dowolną stację kolejową, by przesiąść się na inny środek transportu publicznego w Obszarze Partnerstwa;
25. Liczba osób jednorodnych zachowań transportowych wyjeżdżających z danego rejonu transportowego poza Obszar Partnerstwa w ruchu generowanym jest proporcjonalna do liczby mieszkańców poszczególnych grup osób jednorodnych zachowań transportowych na terenie danego rejonu transportowego;
26. Ruch towarowy (ciężki i dostawczy) określono na podstawie oddzielnych badań jako liczba generowanych i absorbowanych podróży pojazdów tej grupy, w zależności od liczby osób zatrudnionych w odpowiednich sektorach oraz liczby mieszkańców. Analogicznie, jak w przypadku opisu analiz podróży pasażerskich, atrakcyjność do generacji/absorbcji ruchu towarowego przypisana została do poszczególnych obiektów adresowych.

Bloki obliczeniowe modelu

Schemat poszczególnych bloków obliczeniowych w modelu transportowym dla Obszaru Partnerstwa przedstawiono na rysunku 2. Obliczenia te prowadzono w programie VISUM w ramach Procedur i Funkcji Obliczania oraz w układzie interaktywnym, czterostopniowym procesie symulacyjnym [3], w którym macierze potrzeb transportowych generowane są w ramach czterech podmodeli obliczeniowych. Na uwagę zasługuje fakt, iż opisana konstrukcja modelu oraz sposób prowadzenia obliczeń dają możliwość uzupełnienia modelu o każdy dowolny inny system transportowy po wprowadzeniu niezbędnych parametrów podziału modalnego i rozkładu ruchu na sieci transportowe.



Rys. 2. Schemat blokowy procesu obliczeniowego modelu transportowego
Źródło: [1]

Każdorazowo na początku obliczeń na podstawie obiektów adresowych określana jest atrakcyjność transportowa poszczególnych rejonów transportowych, obejmująca zarówno generacje podróży (mieszkańców jako źródło podróży), jak i cele podróży (miejsca pracy, nauki, usług i handlu, celów prywatnych). Na podkreślenie zasługuje fakt, iż takie podejście daje dużą swobodę w korygowaniu liczby i granic rejonów transportowych. Atrakcyjność transportowa poszczególnych rejonów jest bowiem aktualizowana automatycznie w oparciu o obiekty adresowe zlokalizowane wewnątrz danego rejonu transportowego poprzez agregujące funkcje GIS. Jednocześnie daje to możliwość określenia efektów nowych inwestycji w zakresie zagospodarowania przestrzennego – np. nowej szkoły czy też nowego budynku mieszkalnego.

Obliczenia z zakresu wielkości generowanego ruchu realizowane są jednokrotnie na podstawie liczby mieszkańców i parametrów opisujących ich zachowania transportowe. W analogiczny sposób, w oparciu o dane opisujące zagospodarowanie przestrzenne oraz liczbę mieszkańców, generowany jest ruch towarowy.

Mając na uwadze fakt, iż przestrzenny rozkład celów podróży jest zależny od ich dostępności, stanowiącej pochodną tzw. oporu podróży, obliczenia zarówno rozkładu przestrzennego podróży, jak i wyboru środka do realizacji podróży wymagają analiz iteracyjnych. W początkowym bowiem stanie obliczeń, gdy nie jest znany stan obciążenia poszczególnych systemów transportowych, opór podróży w ramach poszczególnych systemów transportowych przyjmuje wartość początkową – minimalną, bez uwzględnienia dodatkowych strat wynikających z utrudnień w ruchu czy też obniżonego komfortu podróży z powodu zatłoczenia w środku transportowym. Kolejne cykle obliczeniowe umożliwiają aktualizację macierzy tzw. postrzeganych czasów podróży reprezentujących nowe opory podróży w ramach poszczególnych systemów transportowych, co w toku obliczeń iteracyjnych prowadzi w iteracji ostatniej do uzyskania stanu, w którym różnice w wynikach dwóch sąsiednich iteracji są statystycznie nieistotne. Obliczenia realizowane w taki sposób umożliwiają określenie wpływu oferty przewozowej publicznego transportu zbiorowego oraz stanu infrastruktury transportowej pozostałych systemów transportowych na wielkości podróży realizowanych poszczególnymi systemami transportowymi, w tym wielkości przejęcia/wymiany podróżnych pomiędzy poszczególnymi systemami transportowymi po realizacji inwestycji transportowych, bądź po zmianach w ich funkcjonowaniu.

Weryfikacja i kalibracja modelu

Dokładność modelu transportowego sprawdzono niezależnie dla poszczególnych podstawowych podsystemów transportowych, tj.: transportu indywidualnego oraz transportu publicznego autobusowego, w tym transportu kolejowego, tramwajowego i autobusowego. Analiza powyższa polegała na porównaniu wyników symulacji z wynikami badań dotyczącymi wielkości natężeń ruchu samochodowego lub potoków pasażerskich (w przypadku transportu publicznego). Analizą objęto wszystkie punkty, w których były prowadzone badania, tj.: w przypadku ruchu indywidualnego – 71 punktów przekrojowych, w przypadku potoków autobusowych i tramwajowych publicznego transportu zbiorowego – 116 punktów, a w przypadku potoków transportu kolejowego – 96 punktów. Dodatkowo w analizach użyto danych pochodzących ze stałych stacji pomiarowych cech ruchu drogowego stosowanych w ramach ITS Bydgoszcz. Weryfikację modelu wykonano na podstawie statystycznego wskaźnika GEH.

Kalibrację modelu transportowego przeprowadzono poprzez korektę danych opisujących atrakcyjności poszczególnych obiektów adresowych, korektę sposobu powiązania rejonów transportowych z sieciami transportowymi oraz zmianami parametrów opisujących zachowania transportowe mieszkańców poszczególnych rejonów transportowych. Przypisanie parametrów zachowań transportowych do rejonów transportowych umożliwiło uwzględnienie nie tylko różnic w zachowaniach transportowych mieszkańców Bydgoszczy, Torunia, średnich i małych miast oraz obszarów wiejskich, ale również różnic w tych zachowaniach w obrębie poszczególnych części tych obszarów.

Dokończenie tekstu na stronie 31

4. *Plan działania na rzecz mobilności w miastach*, Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów COM (2009) 490, Bruksela 2009.
5. Duportail V., Meerschaert V., *ADVANCE better planning, better cities. Audyt ADVANCE. Przebieg audytu i wytyczne*, 2013, www.eu-advance.eu.
6. Flejterski S., Panasiuk A., Perenc J., Rosa G., *Współczesna ekonomika usług*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2008.
7. Kruszyna M., *Inżynieria ruchu a kształtowanie mobilności*. „Przegląd Komunikacyjny", 2010, nr 11–12.
8. Kruszyna M., *Dworzec kolejowy jako węzeł mobilności*. „Przegląd Komunikacyjny", 2012, nr 10.
9. Szarata A., *Modelowanie podróży wzbudzonych oraz tłumionych zmianą stanu infrastruktury transportowej*, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Seria Inżynieria Lądowa, Monografia 439, Kraków 2013.
10. Szołtysek J., *Kreowanie mobilności mieszkańców miast*. Wolters Kulwer, Warszawa 2011.
11. Ustawa z dnia 16 grudnia 2010 roku o publicznym transporcie zbiorowym. Dziennik Ustaw z 2011 r. Nr 5 poz. 13.
12. Wefering F., Rupprecht S., Bührmann S., Böhler-Baedeker S., *Wytyczne. Opracowanie i wdrożenie planu zrównoważonej mobilności miejskiej*. Rupprecht Consult – Forschung und Beratung GmbH, Bruksela 2013, [dokument przetłumaczony przez Regionalne Centrum Ekologiczne w ramach Akronim Projektu BUMP, http://www.bump-mobility.eu].
13. Załoga E., Dudek E., *Wybrane problemy mobilności społeczeństwa europejskiego*. Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Szczecińskiego, Problemy Transportu i Logistyki, z. 9, Szczecin 2009.

Dokończenie tekstu ze strony 11

Opracowaną metodę zastosowano post factum w procesie podejmowania decyzji o wyborze lokalizacji zajezdni tramwajowej w systemie transportowym Poznania. Decyzja sugerowana w wyniku zastosowania procedury zaproponowanej w tym artykule – ustalenie lokalizacji zgodnej z W_5 (na terenie ZNTK) odbiega od decyzji podjętej wcześniej w trybie administracyjnym – lokalizacja na Franowie (W_3), podjętej bez stosowania metod wspomagających podejmowanie decyzji. Nie oznacza to, że lokalizując zajezdnię tramwajową na Franowie, dokonano najmniej korzystnego z wyborów, gdyż jak autorzy wskazali decyzja miała charakter administracyjny i mogła uwzględniać inny zakres analiz, niż przedstawiony w artykule. Tym samym autorzy uznają procedurę przedstawioną w tym artykule, jak również propozycję podejścia optymalizacyjnego, przedstawionego w pracy Kupka i Sawicki [5], jako rozwiązanie prototypowe, które należy poddać szerszej dyskusji i doskonaleniu.

Literatura

1. Carrese S., Ottone G., *A model for the management of a tram fleet*, "European Journal of Operational Research", 2006, vol. 175, No 3.
2. Hamdouni M., Desaulniers G., Soumis F., *Parking buses in a depot using block patterns: A Benders decomposition approach for minimizing type mismatches*, "Computers and Operations Research", 2007, vol. 34, no 11.
3. Hamdouni M., Soumis F., Desaulniers G., *Parking buses in a depot with stochastic arrival times*, "European Journal of Operational Research", 2007, vol. 183.
4. http://makeitrational.com
5. Kupka P., Sawicki P., *Optymalizacja lokalizacji zajezdni tramwajowej w systemie komunikacji miejskiej*, „Logistyka", 2015, nr 2.
6. Saaty T.L., *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York, 1980.
7. Sawicka H., *Metoda reorganizacji systemu dystrybucji towarów*, Politechnika Warszawska, Rozprawa doktorska, 2012.
8. Sobolewski E., Łowiński J., Sikorski A., *Miejska komunikacja szynowa*. Wydawnictwo Arkady, Warszawa 1971.

Dokończenie tekstu ze strony 19

Jak wynika z badań ankietowych mieszkańców, istnieją różnice w zachowaniach transportowych mieszkańców obszarów centralnych i peryferyjnych miasta, osiedli o zabudowie wielo- i jednorodzinnej czy też obszarów o zróżnicowanym zagospodarowaniu przestrzennym.

Ostateczne wyniki przeprowadzonej analizy wykazały, iż ponad 95% odcinków w transporcie publicznym oraz ponad 92% odcinków transportu indywidualnego spełniało warunek wskaźnika GEH mniejszego od 5.

Podsumowanie

Przedstawiony zarys konstrukcji symulacyjnego modelu transportowego wraz z opisem idei prowadzenia obliczeń symulacyjnych dotyczy matematycznego odtworzenia procesów transportowych w stanie bieżącym. Tak opracowany model umożliwił charakterystykę funkcjonowania transportu Bydgosko-Toruńskiego Obszaru Partnerstwa, przeprowadzenie analizy SWOT systemów transportowych oraz postawienie diagnozy z zakresu niezbędnych działań na rzecz zrównoważonego rozwoju transportu w analizowanym obszarze. Dodatkowo umożliwił określenie efektów działań doraźnych, przede wszystkim z zakresu zmian w funkcjonowaniu transportu publicznego (zmian tras linii miejskiego transportu publicznego, zmian częstotliwości kursowania w transporcie kolejowym, efektów dyslokacji stacji i przystanków). Jednocześnie, dzięki przejrzystej budowie i parametryzacji poszczególnych kroków obliczeniowych, model ten stał się bazą do opracowania modeli prognostycznych umożliwiających określenie koncepcji rozwoju wszystkich podsystemów transportowych, przy danych scenariuszach rozwoju gospodarczego i zmian w zagospodarowaniu przestrzennym zarówno Bydgoszczy i Torunia, jak i pozostałych analizowanych obszarów, a także działań na rzecz jego zrównoważonego rozwoju.

Literatura

1. *Studium zrównoważonego rozwoju systemów transportowych powiatów bydgoskiego i toruńskiego ze szczególnym uwzględnieniem miast Bydgoszczy i Torunia*, Fundacja Rozwój UTP, Bydgoszcz, kwiecień 2016.
2. *Studium transportowe województwa kujawsko-pomorskiego na potrzeby planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego*, Fundacja Rozwój UTP, Bydgoszcz, grudzień 2013.
3. *PTV VISUM Manual*, PTV AGD Karlsruhe, październik 2014.