

Metodyka badań strategicznych wariantów rozwoju systemu transportu zbiorowego w obszarach zurbanizowanych¹

ANDRZEJ SZARATA

dr hab. inż., prof. PK, Politechnika Krakowska, Wydział Inżynierii Lądowej, Instytut Inżynierii Drogowej i Kolejowej, Zakład Systemów Komunikacyjnych, e-mail: aszarata@pk.edu.pl

Streszczenie. Artykuł przedstawia procedurę analizy projektów infrastrukturalnych, jaka powinna towarzyszyć rozbudowie systemu transportowego obszarów zurbanizowanych. W ramach artykułu zdefiniowano pojęcie projektów rozwojowych oraz wskazano na proces ich powstawania, począwszy od koncepcji programowej, a skończywszy na analizie wielowariantowej. Podkreślono rolę wariantu bazowego i konieczność jego precyzyjnego zdefiniowania, aby prowadzone analizy porównawcze miały właściwe odniesienie. Ważną rolę pełnią tutaj transportowe modele symulacyjne, które pozwalają na testowanie i wybór pożądanego rozwiązania. W artykule przedstawiono strukturę najczęściej stosowanych modeli czterostadiowych, ze szczególnym uwzględnieniem roli Kompleksowych Badań Ruchu (KBR) w procesie ich powstawania. Niebagatelną rolę pełni również proces weryfikacji modelu i ocena jego jakości. Zwrócono również uwagę na możliwość zastosowania modułów kalibrujących, lecz podkreślono niebezpieczeństwa płynące z ich bezkrytycznej aplikacji. W podsumowaniu odniesiono się do procedury wyboru wariantu optymalnego i wskazano na zastosowanie procedury analiz wielokryterialnych, jako narzędzia wspomagającego proces decyzyjny.

Słowa kluczowe: inwestycje infrastrukturalne, analiza efektywności funkcjonalnej, modelowanie podróży i prognozowanie ruchu

Wprowadzenie

Rozbudowa systemu transportowego w miastach wymaga bardzo wysokich nakładów finansowych oraz przemyślanej polityki transportowej. Wiąże się to z koniecznością podejmowania decyzji, których konsekwencje dla efektywności w przemieszczaniu się osób (i pośrednio towarów) mogą być bardzo dotkliwe. Podstawą racjonalności projektów rozwojowych jest określenie ścisłego związku celów i zadań polityki transportowej miasta z rozwiązaniami zastosowanymi w tych projektach. Szczególny nacisk kładzie się tutaj na wiarygodność prognoz ruchu, kwantyfikowania oddziaływania innych projektów oraz trwałość finansową i instytucjonalną [1]. Wykazanie tego związku jest zadaniem studiów wykonalności, a po realizacji staje się zasadniczym elementem monitorowania wdrożenia projektu jako procesu obserwacji jego efektów [2]. Oznacza to, że projekt jest wyrazem konkretnej polityki rozwojowej, w tym transportowej, co oznacza, że musi istnieć przełożenie pomiędzy założeniami strategii rozwoju a generowaniem i wdrożeniem tych projektów [3].

Bardzo ważnym aspektem prowadzonych analiz jest ich kompleksowość, czyli konieczność pełnej analizy sys-

temu transportowego obejmującego zarówno transport indywidualny, jak i zbiorowy [4]. Należy pamiętać, że wszystkie podsystemy transportowe wpływają na siebie wzajemnie i oddanie nowej linii tramwajowej zmniejszy liczbę użytkowników dróg, wpływając jednocześnie na poprawę warunków ruchu dla kierowców. System transportowy jest często porównywany do naczyń połączonych, gdyż pojawienie się nowego systemu transportowego (lub udoskonalenie istniejącego) wpływa na zmianę wyboru sposobu podróżowania. Jednocześnie nie należy oczekiwać znaczącej poprawy warunków podróży w odniesieniu do transportu indywidualnego. Bierze się to stąd, że zmniejszenie liczby samochodów na danym korytarzu transportowym (spowodowane przejściem części kierowców przez nową inwestycję w transport zbiorowy) przyczyni się do zmian w wyborze trasy przez pozostałych kierowców. Oznacza to, że osoby omijające analizowany korytarz w warunkach pierwotnych (z wysokim stanem kongestii transportowej) zaczną korzystać z tego korytarza, ponieważ właśnie pojawiły się tam lepsze warunki do jazdy. Niebagatelną rolę pełnią tutaj podróże wzbudzone, które „wypełniają” uzyskane rezerwy przepustowości [10]. W efekcie bardzo często nowe inwestycje w transport zbiorowy paradoksalnie nie wpływają istotnie na warunki podróży samochodem osobowym.

Wybór właściwego kierunku rozwoju systemu transportowego jest bardzo złożony i zależy od wielu czynników jakościowych i ilościowych. Do czynników ilościowych, dających się kwantyfikować, zaliczamy m.in. wielkość miasta, liczbę mieszkańców będących w zasięgu inwestycji, liczbę pasażerów (wyrażoną np. podziałem zadań przewozowych), przeciętną długość i czas podróży, dostępność transportową obszarów miejskich itp. Wymienione czynniki estymuje się przy wykorzystaniu transportowych modeli symulacyjnych obejmujących swym zasięgiem aglomerację. W przypadku czynników jakościowych [7], relatywnie trudnych do oszacowania, możemy wyróżnić przede wszystkim jakość i komfort podróżowania, poziom zaufania do komunikacji miejskiej, utrzymanie konkurencyjności komunikacji zbiorowej w stosunku do samochodu osobowego, oddziaływanie na proekologiczne zachowania mieszkańców itp. Poza czynnikami ilościowymi i jakościowymi charakteryzującymi funkcjonowanie systemu transportowego należy dodać również aspekty finansowe, ekonomiczne i prawne, które w sposób istotny wpływają na ocenę celowości procesu inwestycyjnego.

¹ ©Transport Miejski i Regionalny, 2015.

Struktura tworzenia projektów rozwojowych

Dokumenty strategiczne miast, czy studia uwarunkowań i kierunków zagospodarowania przestrzennego, wymagają specjalistycznych ocen strategicznych oddziaływania na środowisko, a te z kolei są obwarowane zasadami szczegółowej oceny przyjmowanych rozwiązań przestrzennych, technologicznych i organizacyjnych. Powinny one gwarantować spełnienie zasad spójności założeń polityki transportowej z projektami (które muszą być zgodne z wyższymi dokumentami strategicznymi) [2]. Bardzo często dokumenty strategiczne są tak formułowane, że dominują w nich założenia generalne (sformułowane bardzo ogólnie), a cele szczegółowe dotyczą konkretnych inwestycji w taki sposób, jakby sam proces budowy nowej linii tramwajowej był celem. Wniosek taki wynika z braku wskaźników będących miarą osiągnięcia założonych celów. Bardzo często wykorzystuje się tutaj wskaźnik PKB, którego wielkości są uzależnione od tak wielu czynników, że jego związek z poszczególnymi przedsięwzięciami jest bardzo trudny do wykazania [2].

Nowy projekt powinien wpisywać się w otoczenie jako ważny element w osiąganiu celów rozwoju jednostki samorządowej i koniecznym jest zdefiniowanie tzw. wariantu bazowego, który będzie pełnił rolę punktu odniesienia. Jest to bardzo trudne zadanie, ponieważ planowana inwestycja inaczej będzie pracowała w warunkach izolowanych, a inaczej w przypadku współpracy z innymi inwestycjami. Niebagatelną rolę pełni tutaj tzw. efekt synergii inwestycji, który wzmacnia lub osłabia ich efektywność w zależności od stopnia rozwoju systemu transportowego. Kwestia wariantu bazowego jest o tyle ważna, że przedsięwzięcia poza projektem (z różnych dziedzin – zarówno transportowe, jak inne, skutkujące generowaniem nowego ruchu, lub odwrotnie – zmniejszające popyt na transport) mogą znacząco wpłynąć na projekt, zarówno w sensie oddziaływania na popyt, jak i na warunki realizacji projektu. Przykładem może być tutaj linia tramwajowa działająca niezależnie, bez dublującego jej funkcje układu drogowego, i linia tramwajowa z równoległym układem drogowym o wysokiej przepustowości. W obu wymienionych przypadkach liczba pasażerów linii tramwajowej będzie różna, ponieważ część podróży zostanie przejęta przez samochody. Zatem definiując referencyjny stan rozwoju sieci, chodzi o taki, jaki powstanie niezależnie od tego, czy projekt będzie realizowany, czy nie. Oznacza to w praktyce przyjęcie do wariantów prognostycznych jedynie tych inwestycji, które są w momencie sporządzania prognoz przesądzone (tj. przedsięwzięcia ujęte w wieloletnim planie inwestycyjnym, wymaganym w ramach budżetowania wieloletniego, a stan ich przygotowań do realizacji jest taki, iż odstępnie jest mało prawdopodobne – np. złożona jest aplikacja o wsparcie projektu, wykupiono grunty, przygotowano większość dokumentacji itp.). Nie można zatem w modelach prognostycznych wprowadzać wszystkich inwestycji planowanych w dokumentach strategicznych. Dla tak zdefiniowanego wariantu bazowego, prowadzone będą wszystkie analizy funkcjonalne, ekonomiczne i finansowe. Całość analiz powinna być prowadzona w ramach Studium Wykonalności (SW). Jest to dokument, który oznacza ocenę i analizę po-

tencjału projektu, mającą na celu wsparcie procesu decyzyjnego poprzez obiektywne i racjonalne określenie jego mocnych i słabych stron oraz możliwości i zagrożeń z nim związanych, zasobów, jakie będą niezbędne do realizacji projektu, oraz ocenę szans jego powodzenia [6]. SW powinno zatem zawierać następujące analizy:

- definicję projektu;
- przegląd i wnioski z dokumentów strategicznych;
- analizę marketingową, w tym badania i prognozy ruchu;
- analizę techniczną;
- analizę ekonomiczną i finansową;
- analizę instytucjonalną i prawną;
- analizę środowiskową;
- podsumowanie i wnioski.

Głównym celem SW jest wstępne określenie zakresu rzeczowego przedsięwzięcia, oszacowanie nakładów inwestycyjnych i eksploatacyjnych, w tym zaplanowanie wydatków, oraz określenie ich źródeł, ocenę, czy dana inwestycja jest uzasadniona ze społecznego punktu widzenia oraz identyfikację potencjalnych problemów związanych z realizacją i eksploatacją inwestycji. Znamiennym jest, że SW nie jest dokumentem dokładnie określającym wszystkie założenia projektu i większość elementów jest szacowana. Nie ma to jednak wpływu na efekt końcowy, ponieważ analiza prowadzi do potwierdzenia lub zanegowania celowości inwestycji.

Struktura dokumentu SW prowadzi do wyznaczenia celowości realizacji danego projektu. Podstawowymi wartościami syntetyzującymi efektywność przedsięwzięcia jest analiza kosztów i korzyści oraz wskaźnik *IRR*. Zawierają one właściwie wszystkie informacje pozwalające ocenić dany projekt, a podstawą do ich wyznaczenia są analizy ruchowe (w ramach niniejszego artykułu szczególną uwagę kładzie się właśnie na analizy ruchowe i prognozy ruchu). Pozwalają one parametryzować rezultaty projektów transportowych i wśród najważniejszych można wymienić [5]:

- skrócenie czasów podróży pasażerów w transporcie zbiorowym;
- skrócenie czasu jazdy samochodem;
- objęcie usługami transportu publicznego większej liczby mieszkańców;
- przejęcie pasażerów przez transport zbiorowy (zmiany w podziale zadań przewozowych);
- różne miary zmniejszenia obciążenia ruchem sieci drogowej, a w konsekwencji zmiany w emisji spalin i hałasu;
- poprawa dostępności mieszkańców do tych usług (np. skrócenie dostępu do przystanków).

O ile w wymienionych aspektach praktyka jest dość dobrze wypracowana i zazwyczaj nie ma problemu ze wskazaniem miar rezultatów, o tyle znacznie trudniej jest z wykazaniem ilościowym tych korzyści w ramach projektu. Za przykład niech posłuży związek między np. zakupem nowego taboru dla transportu w mieście a jego zdolnością do generowania wymienionych rezultatów. Dlatego w takim wypadku właściwym postępowaniem jest ukształtowanie

zakresu projektu tak, aby jego związek z rezultatami był policzalny, na przykład przez połączenie projektów taborowych z infrastrukturą drogi poruszania się tego taboru, z instalacją systemów ITS do zarządzania ruchem, czy ze zmianami organizacji ruchu z nadaniem priorytetów dla transportu publicznego [2].

Znacznie bardziej skomplikowane jest wykazanie oddziaływań projektów transportowych w miastach. Wynika to z faktu, że projekty modernizacji transportu, polegające zwykle na skróceniu czasów podróży, mogą prowadzić zarówno do poprawy atrakcyjności wybranego obszaru, jak i do spadku tej atrakcyjności. Transport bowiem działa w dwóch kierunkach, czyli pozwala z jednej strony szybciej dotrzeć do celu podróży, ale z drugiej – wybrać cel gdzie indziej i dotrzeć tam w czasie podobnym do pierwotnego. A ten „inny cel” może nie być korzystny w punktu widzenia celów rozwojowych miasta, np. prowadzić do dalszego rozproszenia zabudowy [2]. Dlatego w przypadku każdej dużej inwestycji infrastrukturalnej podstawową rolę pełni ujęcie symulacyjne, modelujące zachowania komunikacyjne mieszkańców analizowanego obszaru.

Rola modeli symulacyjnych systemu transportowego

Do oceny procesów transportowych i modelowania zachowań komunikacyjnych mieszkańców (w tym zmian takich zachowań powodowanych pojawieniem się nowej inwestycji infrastrukturalnej) stosuje się narzędzia analizy systemowej. System transportowy można definiować jako kombinację szeregu współzależnych elementów, generujących popyt na podróż w danym obszarze oraz odpowiadającą mu podaż zaspokajającą powstałe potrzeby transportowe [10]. System transportowy można podzielić na dwa zasadnicze komponenty: popyt, rozumiany jako liczba podróży generowana lub absorbowana przez dany obszar oraz podaż stanowiąca obiekty budowlane, które służą do realizacji zamierzonych podróży (np. układ drogowy, torowiska tramwajowe czy linie kolejowe). Opis rzeczywistego systemu transportowego jest bardzo trudny z powodu wysokiego stopnia złożoności i występujących współzależności między jego poszczególnymi komponentami, uwzględniającymi rolę czasu w prowadzonych analizach. Stąd potrzeba budowy modeli matematycznych, stanowiących w stopniu wystarczającym odwzorowanie analizowanego systemu transportowego. Modele transportowe stanowią więc zbiór formuł matematycznych opisujących oba komponenty funkcjonującego systemu transportowego (podaż i popyt), uwzględniając jednocześnie występujące między nimi współzależności w czasie. Praktyka planistyczna sieci / systemów transportowych bazuje często na modelach czterostadiowych, które są wykorzystywane w większości miast polskich do działań planistyczno-projektowych oraz do oceny efektywności funkcjonalnej inwestycji infrastrukturalnych.

W celu minimalizacji ryzyka podjęcia błędnych lub nieefektywnych rozwiązań powszechnie stosuje się transportowe modele symulacyjne miast lub aglomeracji. Pozwalają one na testowanie możliwych rozwiązań i wskazują na kolejność oraz etapowanie inwestycji bez konieczności angażowania

wysokich nakładów finansowych. Właściwie opracowany i skalibrowany model symulacyjny może stanowić bardzo dobre narzędzie wspomagające proces decyzyjny i minimalizujący ryzyko podjęcia niewłaściwych kroków. Analizując stan funkcjonowania systemu transportowego w miastach i aglomeracjach, często posługujemy się odpowiednio skonstruowanymi modelami matematycznymi, odwzorowującymi relacje między różnymi środkami przewozów pasażerskich [11], [10]. Zależności te są wyjątkowo skomplikowane, ponieważ u podstaw podejmowania decyzji zawsze leży czynnik ludzki, który jest w swojej istocie nieprzewidywalny. Oczywiście podejmowane są próby matematycznego modelowania tych zachowań, lecz zawsze są one nacechowane pewnym stopniem uogólnienia, co wpływa na uzyskane wyniki końcowe (w dalszej części artykułu ta kwestia będzie rozwinięta).

Pomimo swoich słabości największą zaletą takich modeli jest możliwość weryfikowania różnych scenariuszy zmian, bez konieczności ponoszenia dodatkowych kosztów – dla raz opracowanego modelu systemu transportowego można w sposób dowolny kreować i testować rozwiązania. Daje to nieograniczone możliwości dla planistów transportu i decydentów w zakresie testowania zmian w systemie transportowym, bez konieczności ponoszenia dodatkowych kosztów lub testowania pewnych rozwiązań na tkance miejskiej.

Struktura modeli symulacyjnych

Budowa modelu symulacyjnego wymaga dostępu do bardzo rozbudowanej bazy danych wejściowych składającej się z trzech zasadniczych elementów [11]:

- modelu sieci odwzorowującego układ drogowo uliczny miasta wraz z siecią komunikacji zbiorowej (szczegółowe przebiegi linii autobusowych i tramwajowych wraz z rozkładem jazdy i prędkościami międzyprzystankowymi, lokalizacja przystanków i węzłów przesiadkowych itp.);
- bazy danych dotyczącej zmiennych strukturalnych, opisujących charakter zagospodarowania przestrzennego obszaru analizy z uwzględnieniem mniejszych obszarów – rejonów komunikacyjne. Dotyczy to liczby mieszkańców, miejsc pracy, zawodowo czynnych, liczby uczniów itp.;
- wyników badań mobilności, zawierających podstawowe informacje dotyczące wybranych cech społecznych i ekonomicznych mieszkańców, rodzajów i charakteru realizowanych podróży wybranymi środkami transportu, rozkładu przestrzennego podróży itp.

Pozyskanie danych jest elementem bardzo złożonym i w świetle rozproszonego zbioru danych i rozdrobnienia jednostek dysponujących nimi stanowi duże wyzwanie dla projektanta. Etap zbierania danych ma bowiem istotny wpływ na wyniki końcowe modelu symulacyjnego, a błędne oszacowanie i niewłaściwa dystrybucja zmiennych może zniweczyć najbardziej wyrafinowany model podróży [11]. Jednakże najbardziej kosztownym i czasochłonnym elementem budowy transportowych modeli symulacyjnych jest jednak dostęp do danych dotyczących

zachowań komunikacyjnych mieszkańców. Dane te zbierane są w postaci badań ruchliwości, pozyskiwanych w ramach Kompleksowych Badań Ruchu. Jest to rozległa baza danych, pozwalająca na znajdowanie matematycznych zależności opisujących każdy z etapów modelu podróży. W Krakowie badania tego typu zostały przeprowadzone w roku 2013, a ich efektem jest budowa modelu symulacyjnego obszaru aglomeracji krakowskiej [12].

Proces modelowania podróży

Zakładając, że mamy dostęp do wyżej wymienionych zbiorów danych, kolejnym etapem jest budowa pełnego modelu symulacyjnego. Najczęściej stosowaną w warunkach krajowych metodą jest ujęcie czterostadiowe. Modelowanie poszczególnych etapów polega na znajdowaniu matematycznych zależności między zmiennymi objaśniającymi przypisanymi do rejonów komunikacyjnych a rzeczywistymi zachowaniami komunikacyjnymi mieszkańców, zebranych właśnie w trakcie prowadzonych badań KBR. Podstawowym założeniem pozwalającym dokonać weryfikacji jakości wyników badań ruchliwości jest oczekiwana zgodność uzyskanego modelu z wynikami pomiarów przekrojowych. Podejście takie jest uzasadnione, ponieważ model budujemy i testujemy w oparciu o niezależne dane wejściowe. Modele te charakteryzują się relatywnie wysokim poziomem agregacji i znacząco upraszczają rzeczywistość z racji swojej istoty podejścia do problemu – bazują bowiem na podróży jako podstawowej jednostce. Nie wnikają one w proces podejmowania decyzji, a jedynie analizują podróż jako konsekwencję charakteru zagospodarowania przestrzennego i parametrów sieci transportowej [10]. Jednakże pomimo swoich licznych uproszczeń modele symulacyjne znajdują szerokie zastosowanie w praktyce planistycznej, dając zadowalające wyniki zwłaszcza w analizach kierunków rozwoju systemu transportowego miast i aglomeracji. Dzieje się tak z powodu ich prostoty (zwłaszcza w świetle powszechnego dostępu do nowoczesnych programów komputerowych) oraz ustalonego i wielokrotnie sprawdzonego sposobu pozyskiwania danych wejściowych. Budując modele czterostadiowe, należy opierać się na szczegółowych wynikach badań ruchliwości pozwalających na tworzenie własnych formuł opisujących zjawiska podróży. Taka analiza traktowana jest jako ujęcie klasyczne, lecz nie jedyne (jest wiele modeli pozwalających opisywać zjawiska podróży, np. modele bazujące na aktywnościach). W warunkach krajowych najczęściej spotykanym podejściem jest model czterostadiowy, rekomendowany m.in. w Niebieskiej Księdze [5] (dokument wskazujący sposób oceny efektywności funkcjonalnej i ekonomicznej inwestycji w infrastrukturę transportową).

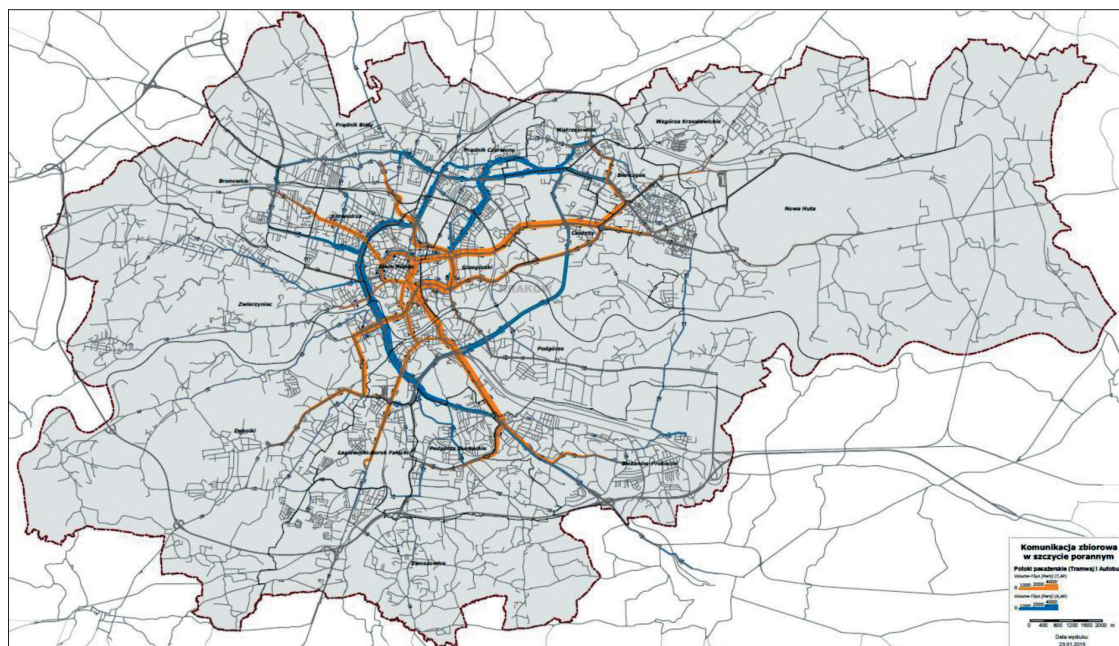
Wskutek wysokiego poziomu agregacji danych modele czterostadiowe mają wielu przeciwników. Słabości modeli czterostadiowych nie wpływają jednak znacząco na wyniki końcowe analiz prognostycznych i stąd ich powszechne stosowanie, szczególnie w warunkach krajowych. Na rysunku 1 przedstawiono wyniki symulacji potoków pasażerskich dla modelu aglomeracji krakowskiej [12].

Ocena modeli symulacyjnych

Wykorzystywanie do modelowania programów symulacyjnych pozwala na ingerencję właściwie w każdy poziom modelu i identyfikację potencjalnych błędów. Aby jednak można było podjąć próbę oceny jakości wyników badań ruchu, należy dysponować modelem sieciowym miasta / aglomeracji (wstępnie skalibrowanym) oraz wynikami pomiarów przekrojowych. Proces kalibracji modelu polega na takim dopasowaniu formuł matematycznych opisujących poszczególne etapy modelowania, aby uzyskany wynik (w postaci natężenia ruchu drogowego lub potoków pasażerskich) był zgodny z dostępną bazą pomiarową. W przypadku, gdy mamy do czynienia z modelem historycznym (powstałym jakiś czas temu i już nieaktualnym), można skorzystać z procedury kalibracji więźby ruchu w oparciu o pomiary przekrojowe [13]. Do tego celu stosuje się odpowiednie moduły w oprogramowaniu komputerowym. Może to stanowić bardzo wartościową alternatywę wobec prowadzenia badań ruchliwości dla potrzeb aktualizacji modeli symulacyjnych. Należy jednak pamiętać, że aktualizacja więźby ruchu w takim przypadku niesie za sobą ryzyko popełnienia błędu związanego z brakiem uwzględniania w procedurze obliczeniowej, np. zmian w zagospodarowaniu przestrzennym. Ponieważ znane metody aktualizacyjne faworyzują rozwiązania możliwie najbardziej zbliżone do więźby wyjściowej, nie zaleca się stosować takiego podejścia w przypadkach, kiedy zmiany w strukturze miasta są znaczące w porównaniu do stanu pierwotnego. Drugim ważnym zagadnieniem jest rozpowszechnianie metod aktualizacyjnych i ich automatyzacja poprzez zastosowanie odpowiednich narzędzi symulacyjnych. W takim przypadku procedury kalibracyjne wymagają dosłownie chwili, lecz niekoniecznie prowadzą do właściwych wyników. Można sobie wyobrazić wielokrotne powtarzanie procedury kalibracyjnej, aż do osiągnięcia założonej zgodności. Jednakże takie działanie prowadzi do całkowitej zmiany kształtu więźby ruchu, a w efekcie do zafałszowania rozkładu rzeczywistych podróży w mieście.

Analiza wariantów i wybór rozwiązania optymalnego

Prowadząc analizy rozwoju systemu transportowego, należy zawsze brać pod uwagę rozwiązania alternatywne. Z tego powodu niezbędnym jest wskazanie różnych wariantów rozwoju, obejmujących swym zakresem różne środki, np. metro, pre-metro, tramwaj, *Bus Rapid Transit* (BRT), pasy autobusowe itp. Mnogość możliwych rozwiązań i wybrane do analizy warianty powodują, że wybór właściwego bardzo często stanowi istotny problem. Przewaga danego wariantu może wyrażać się w warstwie funkcjonalnej, lecz w ekonomicznej już niekoniecznie. Do tego dochodzi element społeczny i środowiskowy, co powoduje brak jednoznacznego wskazania na rozwiązanie zalecane. W takim przypadku z pomocą przychodzą analizy wielokryterialne, przypisujące wagi grupie kryteriów i umożliwiające wskazanie na wariant pożądanym, uwzględniając często sprzeczne kryteria. Stosowanie tego typu podejścia jest powszechne w praktyce i pomaga w sposób znaczący wskazać na takie rozwiązanie, które w danych warunkach będzie rozwiązaniem optymalnym [8], [1], [9].



Rys. 1.
Wyniki obciążenia sieci transportowej w modelu symulacyjnym aglomeracji krakowskiej [pasażerów / godzinę]
Źródło: [12]

Podsumowanie

Uzyskanie efektów w przygotowywaniu i wdrażaniu inwestycji zgodnie z przedstawionymi warunkami jest niezbędne i możliwe. Warunkiem jest uwzględnienie zapisów polityki transportowej miasta, która będzie sukcesywnie realizowana, a po uchwaleniu monitorowana i aktualizowana. Należy również pamiętać, aby zapisy polityki były respektowane, czyli jej zasady – implikowane w transporcie i w dziedzinach powiązanych z transportem (planowanie przestrzenne, zarządzanie operacyjne transportem w całości – np. organizacja ruchu drogowego). Ponadto oczekuje się, iż koncepcje rozwojowe będą stanowiły wynik wnikliwego badania uwarunkowań rozwojowych, rozpoznania marketingowego oraz pracy analitycznej, w tym analiz ilościowych i jakościowych (ze szczególnym uwzględnieniem analiz środowiskowych). Nie można zapominać o warstwie społecznej, gdzie postulowane rozwiązania będą wynikiem poważnej debaty publicznej (najlepiej w takiej kolejności: w środowisku fachowym, obywatelskim i politycznym).

W warstwie merytorycznej zaś, istotną rolę pełnią analizy ruchowe wariantów, dające asumpt do dyskusji i potwierdzające / negujące proponowane rozwiązania. Podstawowymi celami budowy modelu symulacyjnego miasta jest zatem weryfikacja zamierzeń inwestycyjnych dotyczących rozbudowy infrastruktury drogowej i transportu zbiorowego, sprawdzenie efektu założeń polityki transportowej czy wpływu zmian w zagospodarowaniu przestrzennym na warunki ruchu.

Literatura

1. Fierek Sz., Szarata A., Żak J., *Wykorzystanie symulacyjnych modeli podróży i wielokryterialnej metody rankingowej do projektowania rozbudowy sieci tramwajowej, Modelowanie podróży i prognozowanie ruchu*; Zeszyty Naukowo-Techniczne Stowarzyszenia Inżynierów i Techników Komunikacji Rzeczpospolitej Polskiej, Oddział w Krakowie; seria: Materiały konferencyjne, nr 98), Kraków 2012.
2. Friedberg J., Szubra M., *Ocena rezultatów i oddziaływań projektów rozwojowych w ramach POIS pod kątem osiągnięcia celów i realizacji zadań polityki transportowej miast*, VIII Konferencja Naukowo-Techniczna Nowoczesny Transport Publiczny w Obszarach Zurbanizowanych, Poznań–Rosnówko, 15–17.06.2011.
3. Friedberg J., Szubra M., Szarata A., *Wybrane problemy przygotowania projektów rozwojowych w transporcie publicznym*, VII Konferencja Naukowo-Techniczna Nowoczesny Transport Publiczny w Obszarach Zurbanizowanych, Poznań–Rosnówko, 24–26 czerwca 2009.
4. Jastrzębski W., *Ocena efektywności polityk oraz przedsięwzięć transportowych*, VIII Konferencja Naukowo-Techniczna Nowoczesny Transport Publiczny w Obszarach Zurbanizowanych, Poznań–Rosnówko, 15–17.06.2011.
5. Jaspers, *Niebieska księga, Sektor transportu publicznego*, nowe wydanie, wrzesień 2008.
6. Rozporządzenie Komisji (UE) nr 651/2014 z dnia 17 czerwca 2014 r. uznające niektóre rodzaje pomocy za zgodne z rynkiem wewnętrznym w zastosowaniu art. 107 i 108 Traktatu.
7. Rudnicki A., *Jakość komunikacji miejskiej*, SITK Oddział w Krakowie, Kraków 1999.
8. Solecka K., *Wielokryterialna ocena wariantów zintegrowanego systemu miejskiego transportu publicznego*, rozprawa doktorska, Politechnika Krakowska, Kraków, czerwiec 2013.
9. Solecka K., Nosal K., *Application of AHP method for multi-criteria evaluation of variants of the integration of urban public transport*, 17th Meeting of the EURO Working Group on Transportation, EWGT2014, "Transportation Research", 2014, Vol. 3, Sevilla, 2-4 July 2014.
10. Szarata A., *Modelowanie podróży wzbudzonych i tłumionych stanem infrastruktury transportowej*, seria Inżynieria Lądowa, monografia nr 439, Wydawnictwo PK, Kraków 2013.
11. Szarata A., *Modelowanie symulacyjne potoków pasażerskich jako kluczowe uwarunkowanie planów budowy metra*, „Budownictwo Górnicze i Tunelowe”, 2014, nr 2.
12. Szarata A. z zespołem, *Przeprowadzenie badań zachowań komunikacyjnych mieszkańców aglomeracji krakowskiej wraz z opracowaniem metodyki prowadzenia badań ruchliwości i monitoringiem w Krakowie*, materiały niepublikowane, Kraków 2014.
13. Szarata A., *Calibration of O-D matrix using traffic counts*, w: Contemporary transportation systems – Selected theoretical and practical problems – New mobility culture; Edited by Ryszard Janecki, Grzegorz Sierpiński, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2011.