

PAWLAK Piotr¹

Modelowanie podróży związane ze zmianą stanu infrastruktury transportowej

WSTĘP

Podróż związana jest z konkretnym użytkownikiem systemu transportowego, a zmiana liczby podróży związana jest ze zmianami w zakresie czynników sprawczych odbycia podróży tj. oferowanych aktywności, charakteryzowanych ich rodzajem i intensywnością, zależnych od zagospodarowania przestrzennego. Jednakże zmiana liczby odbywanych podróży może się także dokonywać bez zmian w zagospodarowaniu przestrzennym, np. przez zmiany w systemie transportowym, obejmujące infrastrukturę oraz parametry oferty przewozowej. Bodźcem wzrostu liczby podróży mogą być w szczególności: budowa nowego ciągu ulicy, poszerzenie istniejącej ulicy, przebudowa skrzyżowania zwiększająca jego przepustowość, budowa linii tramwajowej czy zwiększenie częstotliwości kursowania pojazdów transportu zbiorowego. Prowadzi to przede wszystkim do skrócenia czasu trwania potencjalnej podróży, a uogólniając poprawia standard podróżowania poprzez m.in. płynny przejazd danego odcinka. Na zmniejszenie liczby podróży może mieć wpływ w szczególności np.: zwężenie jezdni w sposób trwały bądź czasowy w okresie przebudowy skrzyżowania, zmniejszenie częstotliwości kursowania bądź likwidacja bezprzesiadkowego połączenia linią transportu zbiorowego. Skutkiem jest wydłużenie czasu podróży i pogorszenie warunków podróżowania (zwiększające się zatłoczenie, wydłużenie czasu oczekiwania na pojazd transportu zbiorowego, jazda w tłoku, konieczność przesiadania się itp.). Pojawienie się dodatkowych podróży lub ich zmniejszenie wpływa na zmiany ruchu w sieci (zmiany w natężeniu ruchu, wielkość potoków pasażerskich i pracy przewozowej). Zmiany w obrazie ruchu mogą się dokonywać także bez zmiany w liczbie realizowanych podróży, lecz w wyniku zmian niektórych atrybutów podróży np.: wydłużenie lub skrócenie podróży, zmiana trasy podróży, zmian w liczbie osób w samochodzie.

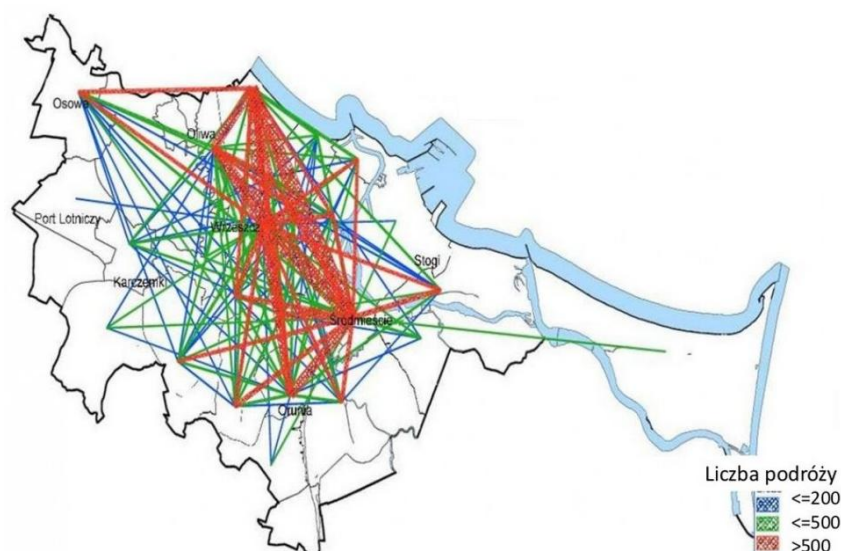
Podobnie jak w odniesieniu do podróży, zmiany w obrazie ruchu są wywoływane: zmianą parametrów infrastruktury transportowej objawiającej się wzrostem lub spadkiem przepustowości elementów sieci ulic oraz zdolności przewozowej transportu zbiorowego, zwiększeniem lub zmniejszeniem prędkości komunikacyjnej, poprawą lub pogorszeniem płynności ruchu, zmianą w dostępności miejsc postojowych na parkingu, zwiększeniem bądź zmniejszeniem częstości kursowania linii transportu zbiorowego czy zmianą w komforcie jazdy w pojeździe transportu zbiorowego. W następstwie zmian w systemie transportowym dochodzi do zmiany czasu podróży, a także kosztu uogólnionego podróży. Zmiana dostępności transportowej wywołana zmianami stanu sieci transportowej, odzwierciedlona skróceniem lub wydłużeniem czasu podróży różnymi środkami przewozowymi wpływa istotnie na liczbę podróży.

1. MODELOWANIE PODRÓŻY

Potrzebę budowy modeli podróży dostrzeżono już w połowie XIX w. Jako jeden z pionierów tej tematyki Henry Charles Carey opisał problematykę przepływu ludzi i ładunków [2]. Około sto lat później, podczas pracy nad modelami podróży stworzono podejście łączące cztery składowe podróży i od tego czasu modele czterostadiowe rozpoczęły rozwój i znalazły szerokie zastosowanie w dziedzinie planowania systemów transportowych. Pomimo niedoskonałości i stosowania licznych uproszczeń modele czterostadiowe nadal stanowią podstawowe narzędzie planowania.

¹ Instytut Transportu Samochodowego, 03-301 Warszawa, ul. Jagiellońska 80, Tel: 22 43-85-400, Fax: 22 43-85-401, mgr Piotr Pawlak, piotr.pawlak@its.waw.pl

W modelach tych przyjętą jednostką przestrzenną jest rejon transportowy, który jest wyodrębnionym obszarem stanowiącym miejsce rozpoczęcia i zakończenia podróży. Dla rejonu transportowego wyznacza się zmienne, takie jak m.in.: liczba mieszkańców, liczba miejsc pracy czy osoby czynne zawodowo. Gdy szczegółowe dane są niedostępne modele te bazują na danych szacunkowych. Wskazane jest również przeprowadzenie ankietowych badań ruchu w losowo dobranej grupie i po uwzględnieniu ich wyników opracowuje się matematyczne zależności opisujące podróże realizowane w modelowanym rejonie. Odrębnym elementem jest budowa modelu sieciowego danego obszaru. W modelu tym odwzorowuje się układ drogowo-uliczny, biorąc pod uwagę ograniczenia w ruchu oraz parametryzując poszczególne przekroje, np. podając prędkość w ruchu swobodnym i przepustowość odcinków. Budując modele sieciowe bazuje się na teorii grafów. Grafy wykorzystywane do budowy modeli sieciowych są grafami orientowanymi, tzn. odcinki posiadają nadany kierunek, a para węzłów je opisująca jest parą orientowaną. Odcinki grafu określającego system transportowy i są wykorzystywane do umożliwienia realizowania podróży pomiędzy rejonami transportowymi. Są one jednorodne na całej swojej długości, co jest wyrażone np. prędkością ruchu pojazdów. Węzły to elementy sieci łączące odcinki sieci np. skrzyżowania czy przystanki. W grafie reprezentującym sieć transportową występują ścieżki, które składają się z kolejnych odcinków łączących węzeł początkowy i końcowy w sieci.



Rys. 1. Graf rozkładu przestrzennego ruchu, więźba ruchu wewnętrznego 2009 r. na przykładzie Gdańska [1]

Konkretne odcinki modelu są charakteryzowane pojęciem kosztu związanego z czasem przejazdu odcinka. Czas ten jest funkcją wielkości potoku ruchu i cech danego odcinka (np. przepustowości i prędkości w ruchu swobodnym). Każda ścieżka składająca się z odcinków może mieć wyznaczony czas przejazdu, bazujący na empirycznych zależnościach. Czas przejazdu odcinka międzywęzłowego będzie również zależny od tego czy będzie to odcinek dwujezdniowy, na który nie ma wpływu ruch z kierunku przeciwnego czy odcinek jedno jezdniowy gdzie na czas przejazdu ma także wpływ wielkość potoku ruchu poruszającego się w kierunku przeciwnym. Opracowany model sieciowy jest podstawą budowy modelu transportowego bazującego na ujęciu czterostadiowym.

1.1. Modele czterostadiowe

Jak sama nazwa wskazuje, modele te oparte są na czterech etapach modelowania.

Pierwsze stadium modelowania – generacja podróży – matematyczna zależność łącząca przeciętne natężenie potoku podróży z odpowiadającą jej charakterystykami danej aktywności oraz modelu podaży. Określenie motywacji podróży pozwala dodatkowo na analizę liczby podróży wewnątrz każdej z nich i prowadzi do możliwości sprawdzania poziomów ruchliwości mieszkańców. Efektem jest zestawienie liczby podróży w poszczególnych motywacjach, przypisanych do rejonów transportowych. Funkcja potencjałów ruchotwórczych jest niewrażliwa na zmiany czasu trwania

podróży, oznacza to, że skrócenie tego czasu dla danej relacji „źródło – cel” nie generuje dodatkowych podróży.

Drugie stadium modelowania – rozkład przestrzenny podróży – ma na celu wyznaczenie macierzy, której elementy odwzorowują wielkość popytu tj. liczbę podróży pomiędzy danymi rejonami transportowymi. Macierz określa związki między systemem transportowym a otoczeniem. Jest kilka metod opracowania macierzy ruchu. Modele wskaźnikowe wykorzystują znane wcześniej zależności (np. macierze historyczne) i na podstawie wyznaczonych wskaźników wzrostu (zmian w potencjałach ruchotwórczych) pozwalają na aktualizację macierzy. Metody syntetyczne zakładają, że liczba podróży między rejonami transportowymi jest proporcjonalna do ich potencjałów z uwzględnieniem wpływu odległości (lub czasu podróży) jako funkcji oporu. Inna metoda pozwala określić liczbę podróży między rejonami jako funkcję prawdopodobieństwa zakończenia podróży przy najbliższej nadarzającej się okazji oraz potencjału absorbującego, który może maleć wraz ze wzrostem odległości do rejonu docelowego. Zmiana celów podróży związana ze zmianą dostępności do nich wskutek utworzenia nowego połączenia, np. inwestycja infrastrukturalna, może powodować pojawieniem się podróży wydłużonych lub skróconych w stosunku do sytuacji pierwotnej.

Trzecie stadium – podział zadań przewozowych – określa, jaka część podróży będzie zrealizowana przy użyciu środków transportu zbiorowego bądź indywidualnego. Modele podziału zadań przewozowych mają ściśle lokalny charakter ponieważ opracowane są na podstawie badań ankietowych mieszkańców danego miasta, regionu. Badania określają zachowania transportowe mieszkańców ze względu na motywację podróży, jej odległości czy czas podróży. Najczęściej określa się prawdopodobieństwo wyboru danego środka transportu w zależności od przyjętego czynnika wpływu (w zdecydowanej większości jest to czas podróży poszczególnymi środkami transportu lub iloraz kilku wartości). Na przykład w układzie drogowym mogą pojawić się dodatkowe podróże zwyczajowo dokonywane środkami transportu zbiorowego, a po zrealizowaniu inwestycji drogowej przejęte przez samochody osobowe.

Czwarte stadium – rozkład ruchu w sieci systemu transportowego danego obszaru. Określa się trasy, które będą wybrane przez użytkowników do realizacji podróży. Wybór trasy stanowiącej sekwencję odcinków jest uzależniony od tzw. kosztu odcinka. Koszt ten jest najczęściej określony czasem podróży, który może być wyznaczony dla pojedynczego odcinka. Jest wiele procedur rozkładu ruchu, m.in.: procedura „wszystko albo nic”, procedura przyrostowa, równowagi użytkownika, stochastyczne, optymalizacji systemu i inne. Procedury rozkładu ruchu mają wiele ograniczeń, przez co należy odpowiednio zinterpretować uzyskane wyniki [10, s. 15-18].

Jak wspomniano wyżej, modele te mają swoje słabości, jednak nie wpływają one znacząco na wyniki końcowe analiz prognostycznych dlatego są powszechnie stosowane. Jednakże szybki rozwój systemów transportowych, wprowadzenie do powszechnego użytku lokalnych systemów sterowania ruchem czy priorytetów dla transportu zbiorowego spowodowały, że modele czterostadiowe nie są w stanie sprostać coraz większemu zbiorowi danych wejściowych.

1.2. Modele oparte na aktywnościach

Inne podejście do modelowania podróży kładzie nacisk bardziej na aktywność mieszkańców, aniżeli na same podróże. Modele te opierają się na założeniu, że potrzeby transportowe użytkowników systemu transportowego są determinowane przez ich potrzebę do udziału w różnych aktywnościach rozproszonych w czasie i przestrzeni. Biorąc pod uwagę, że pojedynczy użytkownik systemu transportowego podejmuje indywidualne decyzje w interakcji z całym systemem, można stwierdzić, iż inni użytkownicy mają także wpływ na proces decyzyjny. Ogólne założenia ujęcia modelowania opierającego się na aktywnościach są następujące:

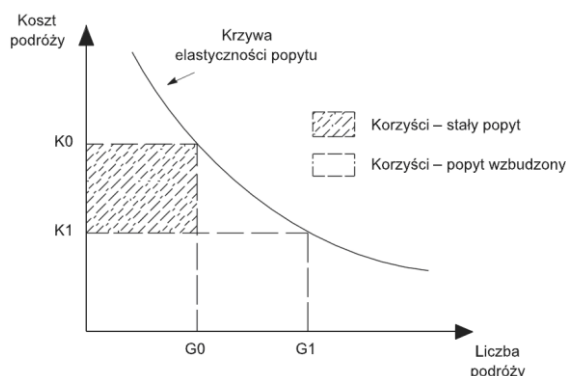
- Konieczność podróży jest spowodowana chęcią zmiany położenia użytkownika systemu, która to chęć jest związana z planowanymi aktywnościami (praca, zakupy itp.),
- użytkownik przy wyborze aktywności dysponuje pewnym ustalonym budżetem (ekwiwalentem czasu, posiadanych środków i uwarunkowaniami społecznymi),
- użytkownik dopasowuje i koordynuje swoje potrzeby wraz z innymi członkami gospodarstwa domowego,

- ograniczeniami dla wyboru danej aktywności mogą być: dostęp do samochodu (współ korzystanie z niego przez innego członka gospodarstwa domowego), dostęp do systemu transportu publicznego, czas trwania podróży,
- wybór konkretnej aktywności jest determinowany przez czas wyjazdu, czas jej trwania oraz położenie celu podróży.

W modelach opartych na aktywnościach niezbędny jest dostęp do szczegółowych baz danych na temat podróży realizowanych przez użytkowników. Są one przeważnie zapisywane w postaci dzienników podróży, w których ankietowany opisuje swoje podróże z dnia poprzedzającego dzień badań w postaci sekwencji przemieszczeń z uszczegółowieniem każdego etapu podróży. Dobrze skonstruowane badania pozwolą na opracowanie modeli uwzględniających: interakcję członków gospodarstwa domowego, opracowania łańcuchów aktywności oraz przypisania danych aktywności do czasu ich realizacji (ang. activity scheduling). Można wyróżnić trzy poziomy modelowania: modele średnioterminowe i długoterminowe, a także kalendarz dzienny. W badaniach przeprowadzonych w Kanadzie (Hamilton w stanie Ontario) Doherty i in. [4, s. 5-6] wykorzystali bazę danych dotyczącą podróży realizowanych przez użytkowników systemu w ciągu siedmiu dni, aby określić kiedy respondenci planowali konkretną aktywność, jak często zmieniali atrybuty przypisane do decyzji związanych z tą aktywnością i z jakiej części aktywności zrezygnowali. Badania te były inspiracją dla podobnych analiz przeprowadzonych w Niemczech i USA. Modele oparte na aktywnościach są bardzo dobrym narzędziem uwzględniającym wpływ różnych czynników zewnętrznych na decyzję o tym, czy realizować daną podróż czy z niej zrezygnować.

2. ANALIZA EFEKTÓW INWESTYCJI INFRASTRUKTURALNYCH A ZMIANA LICZBY PODRÓŻY – PRZEGLĄD WYBRANYCH BADAŃ

Rola tego typu analiz jest istotna nie tylko z punktu widzenia analiz efektywności funkcjonalnej, ale również z punktu widzenia efektywności ekonomicznej danej inwestycji infrastrukturalnej. Wiele analiz wykorzystuje prace ze stałym popytem, co może wystarczać i nie ma powodu aby komplikować obliczenia przez wprowadzenie zmiennej wartości popytu. Jednak brak uwzględnienia dodatkowych podróży może prowadzić do przeszacowania korzyści w sieciach o wysokim stopniu zatłoczenia transportowego. Dla dużych inwestycji w obszarach zurbanizowanych, gdzie poziom zatłoczenia drogowego jest przeważnie wysoki, istotne jest wyznaczenie efektywności ekonomicznej uwzględniającej udział dodatkowych podróży wygenerowanych poprzez realizację inwestycji infrastrukturalnej. Na rysunku 3 przedstawiono związek między kosztem podróży, a liczbą dodatkowych podróży.



Rys. 3. Związek między kosztem podróży a liczbą podróży [10, s. 22]

Wagę wpływu dodatkowych podróży na efektywność inwestycji badano także m.in. w Izraelu [9]. Ocena efektywności inwestycji prowadzonych w Izraelu bazowała na analizie kosztów i korzyści co pozwoliło zbadać korzyści społeczne z projektu. Metoda bazowała na modelu czterostadiowym, który jak to wspomniano wyżej charakteryzują się wieloma słabościami (m.in. sposób prowadzenia analiz

uwzględniający stały popyt). Wyszczególniono dwa aspekty rozwiązania tego problemu: zastosowanie modeli opartych na aktywnościach (ang. *activity-based-models*) oraz uwzględnienie pojęcia dostępności definiowanej jako łatwość osiągnięcia celu podróży przez użytkownika systemu i kwantyfikowanej np. czasem podróży.

Jean-Claude Thill i Marim Kim [11, s. 229-248] zdefiniowali pojęcie podróży nie jako efekt końcowy, a środek do zaspokojenia użytkowników systemu. Podróż jest ściśle związana z jak najłatwiejszą możliwością jej wykonywania, rozumiana jako dostępność. Nieduża część literatury zajmuje się powiązaniem wyznaczania popytu, jako funkcji dostępności do danego regionu. Thill wykazał związek między zdefiniowaną przez niego dostępnością transportową, a wielkością podróży generowanych przez wybrany rejon transportowy.

Peter Headicar [6, s. 55-69] przeanalizował efekt otwarcia odcinka autostrady M40 (odcinek Londyn-Oxford) ok. 20-30 lat temu i wpływ na warunki ruchu. W swojej analizie zauważył związek między zwiększeniem dostępności, a zmianą w popycie na podróże. Duży nacisk został położony na analizę dokumentów planistycznych, dzięki której wskazano na szybki rozwój zabudowy jednorodzinnej do czego przyczyniło się zwiększenie dostępności transportowej tych obszarów. Podczas gdy obszary te nie miały planów zagospodarowania przestrzennego, niekontrolowany rozwój tych obszarów spowodował powstanie wysokiego poziomu zatłoczenia, dopiero implementacja odpowiedniego sposobu zarządzania tymi terenami pozwoliło na uporządkowanie sytuacji i odpowiednie ukierunkowanie zamierzeń budowlanych.

W odniesieniu do zjawiska zwiększenia ruchu, w latach 80, Hall P., Breheny M., McQuail R., Hart D. [5], rozpoczęli analizę wskazującą na rolę inwestycji transportowych jako jeden z podstawowych czynników wpływających na nowe formy rozwoju ekonomicznego i wzrostu liczby podróży wzdłuż korytarzy transportowych. Badania te prowadzone były w okresie intensywnej rozbudowy podmiejskich centrów handlowych zlokalizowanych w pobliżu autostrad w Wielkiej Brytanii. Wyciągnięto wnioski, iż centra handlowe oraz usprawnienie/modernizacja układu drogowego wpływa znacząco na zmiany zachowań transportowych mieszkańców poprzez zmianę celów podróży, wydłużenie podróży oraz generowanie dodatkowych podróży.

Todd Litman [7] pogrupował typy reakcji, które mogą wystąpić po zwiększeniu przepustowości układu drogowego, wskazując na ich efekt w postaci analizy pracy przewozowej wyrażonej w pojazdomilach. Wykazał, iż dodatkowe podróże o charakterze wzbudzonej dzięki poprawie warunków przyczyniają się do istotnego zwiększenia pracy przewozowej. Dodatkowa przepustowość jako efekt oddania do użytku nowej drogi (tzn. zwiększenie podaży) redukuje koszt podróży przez zmniejszenie czasów podróży, prowadząc do zwiększenia liczby podróży (tzn. zwiększenia popytu).

Często w celu wyznaczenia udziału dodatkowych podróży generowanych przez inwestycje infrastrukturalne używa się parametru redukcji kosztów związanych z czasem podróży (np. wyrażonych uogólnionym kosztem podróży). Należy jednak wziąć pod uwagę fakt, iż zwiększona liczba podróży spowodowana inwestycją infrastrukturalną może nie przynosić planowanych efektów skrócenia czasu podróży, a w niektórych przypadkach nawet go zwiększać. Wynika to z dodatkowego obciążenia sieci drogowej, poprzez zwiększenie jej stopnia nasycenia, co może z kolei wpływać na zmniejszenie oszacowanego wcześniej efektu w postaci zwiększenia liczby podróży. Sytuacja ta powtarza się do momentu osiągnięcia równowagi pomiędzy kosztem podróży, a popytem transportowym. Reasumując, nowa inwestycja infrastrukturalna prawie zawsze będzie prowadzić do zwiększenia liczby podróży, jednak przyrost ten należy odpowiednio oszacować, ponieważ rzeczywisty przyrost liczby podróży może być odmienny od niektórych szacunków.

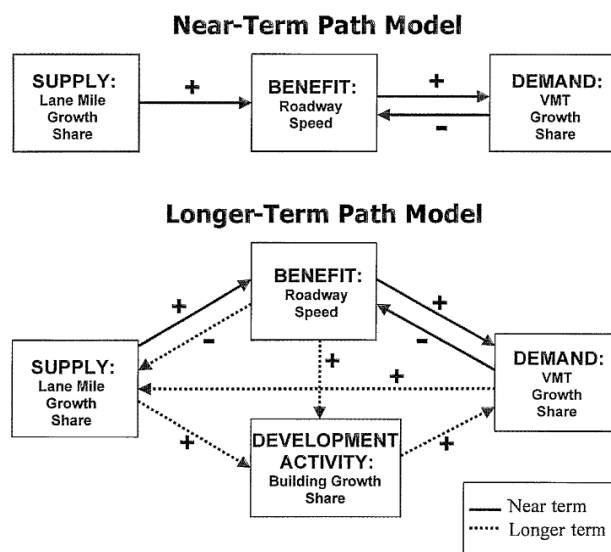
Istotne są także długofalowe efekty inwestycji, które wiążą się z wydłużeniem podróży związanym ze zmianą miejsc zamieszkania i pracy w związku z budową nowej linii transportu zbiorowego. Dlatego skutki rozbudowy/modernizacji infrastruktury transportowej, należy analizować w dwóch czasookresach, jako efekt krótkoterminowy i długoterminowy. Początkowa reakcja użytkowników dotyczy tylko zmian w podziale zadań przewozowych i rozkładzie ruchu na sieć drogową. Dopiero po pewnym czasie następuje zmiana zachowań transportowych związana np. ze zmianą źródeł i celów podróży (powodowanych np. zmianą miejsca zamieszkania, pracy czy zmian w zagospodarowaniu przestrzennym). Drugim istotnym czynnikiem, który wpływa na liczbę podróży jest charakter

realizowanych podróży, np. dla ulic miejskich, obsługujących głównie ruch wewnętrzny, wartości przyrostu będą niższe w porównaniu do dróg, które obsługują podróże o charakterze regionalnym czy krajowym.

Caroline J. Rodier, John E. Abraham, Robert A. Johnston i John Douglas Hunt [8] przeprowadzili szczegółowe analizy ruchu w regionie Sacramento. Dokonano analizy trzech scenariuszy obliczeniowych: brak zmian w sieci i zagospodarowaniu przestrzennym, rozbudowanie układu drogowego o dwa korytarze (ich łączna długość - 63 mile) jednak bez zmian w zagospodarowaniu przestrzennym oraz pełny scenariusz uwzględniający nowe drogi oraz przewidywany kierunek zmian w demografii i miejscach pracy.

Przedstawione analizy podkreślają także istotną rolę zmian w zagospodarowaniu przestrzennym, które powinny być uwzględniane w procesie modelowania podróży z powodu uwzględnienia ruchu wzbudzonego i jego wpływu na warunki ruchu ze względu na pojawienie się nowych inwestycji (13% dla efektu krótkoterminowego i 18% dla efektu długoterminowego).

Robert Cervero [3] zauważył, iż poprzednie analizy bazujące na stopach elastyczności nie biorą pod uwagę prędkości w sieci. W związku z tym Cervero wykorzystuje prędkość w sieci jako pochodną warunków zatłoczenia drogowego. W swoich badaniach analizuje szereg zmiennych, m.in.: długość sieci drogowej, pracę przewozową, dochód mieszkańców, zagospodarowanie przestrzenne w korytarzu wzdłuż uwzględnionych dróg oraz średnią wartość prędkości na obszarze analizy. Stosował on metodę najmniejszych kwadratów, a dane wejściowe dotyczyły 24 odcinków autostradowych w stanie Kalifornia, w latach 1980-1994. Istotą tych badań było powiązanie w/w zmiennych między sobą, co umożliwiło określenie efektów rozbudowy układu drogowego w każdym z tych elementów.



Rys. 4. Hipotetyczny model ścieżki w krótkim i długim terminie [3, s. 147]

Cervero zdefiniował dwa hipotetyczne modele, dla okresu krótko i długo terminowego. W przypadku okresu krótkoterminowego mamy do czynienia z zależnością pomiędzy: podażą (rozbudowa układu drogowego, ang. Supply: Lane Mile Growth Share), korzyściami (wzrost średniej prędkości, ang. Benefit: Roadway Speed), a popytem (wzrost w pracy przewozowej, ang. Demand, VMT Growth Share).

W przypadku okresu długoterminowego występują więcej zależności oraz dochodzi dodatkowy parametr: zmiany i aktywność w zagospodarowaniu, ang. Development Activity: Building Growth Share.

Zależności dotyczące efektu długoterminowego przyjmują stosunkowo duże wartości, np. wzrost prędkości o 10,5% powoduje wzrost pracy przewozowej w pojazdomilach o 6,4%. Przedstawione wyniki pozwalają odseparować wpływ różnych czynników na zmiany w pracy przewozowej.

WNIOSKI

Badania nad zjawiskiem zwiększania lub zmniejszania liczby podróży w wyniku przeprowadzanych inwestycji infrastrukturalnych rzadko są prowadzone w Polsce. W Europie Zachodniej, Stanach Zjednoczonych Ameryki i Chinach rzeczona tematyka była często analizowana. Jednak tego typu badania będą podjęte przez Instytut Transportu Samochodowego w Warszawie w obszarze wschodniego pogranicza i wschodniej części Mazowsza. Analizy dotyczące infrastruktury transportu samochodowego tych regionów oraz kwestii pogranicza i peryferyjności poruszane są już w książce pt. Kierunki rozwoju infrastruktury transportu samochodowego w Polsce, Banak M., Brdulak J., Krysiuk C., Pawlak P. oraz w referacie zgłoszonym na konferencję LogiTrans 2015 przez Jacka Brdulaka i Piotra Pawlak pt. Polska Wschodnia infrastrukturalne pogranicze czy peryferie? Ze względu na poziom skomplikowania i trudności z odseparowaniem od siebie konkretnych przyczyn wpływających na zwiększoną liczbę podróży, wielokrotnie powstają problemy przy tworzeniu metod i modeli. Podstawowym narzędziem oceny wielkości ruchu wzbudzonego są badania ex-post, polegające na wskazaniu wzrostu lub spadku liczby podróży po wprowadzeniu danej inwestycji.

Przeprowadzane analizy w zdecydowanej większości wykazują zmiany pracy przewozowej, będące następstwem zmian w sieci transportowej. Część badaczy wykorzystuje także badania ankietowe, które mogą stanowić narzędzie wspomagające zastosowanie modeli symulacyjnych. Istotną rolę w analizach pełni również stopa elastyczności popytu transportowego, która ukazuje spodziewany wzrost liczby podróży, uwzględniając dodatkowe podróże oraz podróże przeniesione (z innego środka transportu czy z innej konkurencyjnej trasy). Wskaźnik ten jest często wyznaczany jako efekt końcowy inwestycji, co oznacza, że badania przeważnie prowadzone są po oddaniu inwestycji do eksploatacji. Jednak w ramach prowadzonych prac badawczych dotyczących tej tematyki, w celu osiągnięcia najdokładniejszych wyników, proponuję się wykorzystanie narzędzi symulacyjnych, wyników badań ankietowych i pomiarów natężenia ruchu prowadzonych przed i po oddaniu danej inwestycji do użytkowania. Często wskazuję się także na potencjalny związek między przewidywanym czasem podróży, a ewentualną gotowością do jej realizacji. Nowa inwestycja transportowa wpływa także na rozkład przestrzenny podróży, wybór środka transportu i wybór trasy. Zwiększanie wskaźnika dostępności transportowej dzięki nowej inwestycji transportowej będzie zwiększało liczbę podróży.

Streszczenie

Artykuł pokrótce opisuje tematykę związaną z modelami podróży i czynnikami, które wpływają na zwiększenie bądź zmniejszenie liczby podróży. Potrzebę budowy modeli podróży dostrzeżono już w połowie XIX w. Podróż związana jest z konkretnym użytkownikiem systemu transportowego, a zmiana liczby podróży związana jest ze zmianami w zakresie czynników sprawczych odbycia podróży. Czynnikami tymi mogą być m.in. zmiany w zagospodarowaniu przestrzennym, np. poprzez zmiany w systemie transportowym, obejmujące infrastrukturę oraz parametry oferty przewozowej. Są to m.in.: budowa nowego ciągu ulicy, poszerzenie istniejącej ulicy, przebudowa skrzyżowania zwiększająca jego przepustowość, budowa linii tramwajowej czy zwiększenie częstotliwości kursowania pojazdów transportu zbiorowego. Artykuł przedstawia założenia modelu czterostadiowego oraz założenia modelu opartego na aktywnościach. W drugiej części prezentowanego materiału przedstawiono analizę efektów inwestycji infrastrukturalnych na zmianę liczby podróży, na przykładzie wybranych badań dotyczących tej tematyki. Rola tego typu analiz jest istotna nie tylko z punktu widzenia analiz efektywności funkcjonalnej, ale również z punktu widzenia efektywności ekonomicznej danej inwestycji infrastruktury transportowej.

Słowa kluczowe: podróż, modelowanie podróży, praca przewozowa, inwestycje infrastrukturalne

Travel modelling related to changes in transport infrastructure

Abstract

Article briefly describes issues related to the travel models and factors that influence the increase or decrease in the number of trips. Already in the mid-nineteenth century, the first models of the trip, was created. Travel is associated with a particular user of the transport system, and change of the number of trips is associated with changes reason for travel. Reasons may include, among others, changes in the spatial planning,

eg. through changes in the transport system, including transport infrastructure and parameters of the carriage offer. The article presents the assumptions of the four-step model and the assumptions of activity-based model. In the second part of the article, an analysis of the effects of infrastructure investment on change the number of trips was presented, on example of some chosen studies on this subject. The role of this type of analysis is important not only from the point of view of the analysis of the functional efficiency, but also from the point of view of economic efficiency of the transport infrastructure investment.

Keywords: travel, travel modeling, investment in infrastructure, transport.

BIBLIOGRAFIA

1. Biuro Rozwoju Gdańska, <http://www.brg.gda.pl/>
2. Carey H. C., Principles of Social Science, Henry Carey Baird & CO., Industrial Publishers, Philadelphia 1879.
3. Cervero R., Road Expansion, Urban Growth, and Induced Travel, A Path Analysis, Journal of the American Planning Association, Spring 2013, Vol. 69, No. 2.
4. Doherty S., Miller E., Axhausen W., Garling T., A conceptual model of the weekly household activity-travel scheduling process, Travel Behaviour: Patterns, Implications and Modelling, 1997.
5. Hall P., Breheny M., McQuail R., Hart D., Western sunrise: The Genesis and Growth of Britain's High-Tech Corridors, Allen & Unwin, Londyn 1987.
6. Headicar P., The local development effects of major new roads, M40 case study, Transportation 23, 1996, Kluwer Academic Publishers.
7. Litman T., Evaluating Accessibility for Transportation Planning, Measuring People's Ability to Reach Desired Goods and Activities, Victoria Transport Policy Institute, czerwiec 2014.
8. Rodier C. J., Abraham J. E., Johnston R. A., Hunt J. D., Anatomy of induced travel using an integrated land use and transportation model in the Sacramento region, Federal Highway Administration, listopad 2000.
9. Shiftan Y., Ben-Akiva M., de Jong G., Hakkert S., Simmonds D., Evaluation of externalities in transport projects, Institute of Transport Studies, University of Leeds.
10. Szarata A., Modelowanie podróży wzbudzonych oraz tłumionych zmianą stanu infrastruktury transportowej, Politechnika Krakowska, Seria Inżynieria Lądowa, Monografia 439, Kraków 2013.
11. Thill J-C., Kim M., Trip making, induced travel demand, and accessibility, J Geograph Syst (2005) 7: 229-248, Springer-Verlag.
12. Wpływ zmian sieci drogowej na pracę przewozową wykonywaną przez przedsiębiorstwo, Pawlak P. i inni, 6420/ZBE, Instytut Transportu Samochodowego, 2015 rok.