# Modelowanie ruchu wzbudzonego w miastach cz. I

Utworzono: poniedziałek, 05, wrzesień 2011 08:22 Andrzej Szarata




Dynamiczny rozwój miast, obserwowany w ostatnich latach ma bardzo silny wpływ na aspekty funkcjonalne układu ulicznego. Powstawanie nowych osiedli mieszkaniowych, wielkopowierzchniowych obiektów handlowo-usługowych czy hal produkcyjnych jest znaczącym generatorem ruchu, mającym bardzo silny wpływ na zmiany zarówno w funkcjonowaniu układu ulicznego jak i systemu komunikacji zbiorowej.

Bardzo często istniejący układ uliczny miasta, szczególnie w miastach historycznych, gdzie sieć uliczna ukształtowała się niekiedy setki lat temu, nie jest przygotowany na obsługę coraz większej liczby użytkowników korzystających nie tylko ze środków komunikacji indywidualnej, ale i zbiorowej. Problemy te dotyczą również obszarów położonych poza śródmieściem, czy poza historycznym centrum miasta. W takich miejscach istniejący od lat układ uliczny nie może obsłużyć coraz większego popytu.

W odpowiedzi na zwiększającą się liczbę inwestycji budowlanych i zmianę obszarów ciążeń komunikacyjnych władze miejskie planują i wdrażają liczne inwestycje infrastrukturalne oraz dążą do modernizacji i rozbudowy linii komunikacji zbiorowej. Inwestycje te spełniają na ogół postulaty i założenia polityki zrównoważonego rozwoju, a także owocują pozytywnymi efektami funkcjonalnymi, kwantyfikowanymi we właściwej dokumentacji projektowej (np. Studium Wykonalności).

Jednakże wyznaczone efekty funkcjonalne bazują na założeniu o niezmienności sumarycznego popytu na podróże. Oznacza to, że nowa inwestycja infrastrukturalna przyczyni się do poprawy warunków ruchu poprzez zwiększenie podaży przy niezmienionym popycie. W rzeczywistości dodatkowe elementy układu drogowo-ulicznego miasta przyczyniają się do generowania dodatkowych podróży odrzucanych wcześniej z powodu trudnych warunków ruchu (podobny mechanizm



Phoca PDF

odnosi się do inwestycji w infrastrukturę komunikacji zbiorowej). Podróże takie nazywamy ruchem wzbudzonym. Równocześnie uważa się, że pojęcie ruchu wzbudzonego ma charakter ogólny tzn. obejmuje również przypadek jego zmniejszenia np. w wyniku pojawienia się ograniczeń (wzbudzenie ze znakiem ujemnym).

Prognozowanie ruchu wzbudzonego bazuje na założeniu, że zwiększenie podaży wyrażonej przez rozbudowę infrastruktury drogowej przyczynia się do wzrostu zapotrzebowania na podróże zwiększając m.in. pracę przewozową. Wynika to z faktu, iż nowa inwestycja infrastrukturalna generuje oszczędności czasowe wpływające na zmiany w zachowaniach komunikacyjnych mieszkańców. Zmiany te można usystematyzować w trzy podstawowe grupy:

- nowe podróże – realizowane w relacjach, które w pierwotnej sytuacji (przed inwestycją) nie występowały,
- podróże wydłużone w stosunku do pierwotnie odbywanych – zwiększające średnią długość podróży,
- zmiany w podziale zadań przewozowych, wynikające ze zmian w czasie podróży dostępnymi środkami podróżowania.

Ruch wzbudzony może odnosić się do rozbudowy układu drogowego w miastach.

W badaniach przeprowadzonych w San Francisco, wykazano niewielką chęć do zmiany zachowań komunikacyjnych mieszkańców, gdy efektem inwestycji będą oszczędności czasowe krótsze niż 15 minut / podróż [1]. Przeprowadzone badania związane były z budową nowego odcinka autostrady i wykazały niewielki udział ruchu wzbudzonego związanego z tą inwestycją.

W przypadku inwestycji w infrastrukturę komunikacji zbiorowej (przykładem może być rozbudowa linii metra) zaobserwowano dodatkowe podróże, których wielkość oszacowano na podstawie badań ankietowych na poziomie 13% [1]. Ważnym spostrzeżeniem jest długofalowy efekt inwestycji, polegający na wydłużeniu podróży związanym ze zmianą miejsc zamieszkania i pracy w związku z budową nowej linii komunikacyjnej.

W przypadku klasycznego podejścia modelowania podróży – model czterostadiowy – efekt ruchu wzbudzonego jest pomijany w zakresie dodatkowych podróży [2] (pierwszy etap modelowania – generacja podróży, jest niewrażliwy na zmiany czasu). Oznacza to, że skrócenie czasu dla danej relacji nie generuje dodatkowych podróży. W przypadku drugiego etapu – rozkład przestrzenny podroży w postaci więźby ruchu, mogą pojawiać się wydłużone w stosunku do sytuacji pierwotnej podróże. Obrazuje to formuła 1, przedstawiająca funkcję oporu kalibrowaną dla modelu symulacyjnego Wrocławia [3].



Phoca PDF

$$f(x) = 0{,}05 \cdot x^{0{,}38} \cdot e^{-0{,}06 \cdot x} \qquad (1)$$

gdzie:
f(x) – funkcja oporu dla wszystkich motywacji podróży odnosząca się do komunikacji zbiorowej
x – czynnik wpływu, przyjęty jako czas podróży komunikacją zbiorową.

Podział zadań przewozowych, jako trzeci element w modelowaniu określa związek pomiędzy komunikacją zbiorową i indywidualną i nie ma istotnego wpływu na ruch wzbudzony. Należy zaznaczyć, iż w zasadzie zmiany te nie dotyczą ruchu wzbudzonego, jednakże w układzie drogowym mogą pojawić się dodatkowe podróże pierwotnie realizowane środkami komunikacji miejskiej, a po zmianach samochodem osobowym. Ostatnim etapem modelowania jest rozkład ruchu w sieci drogowo-ulicznej. Etap ten może wykazać zwiększenie pracy przewozowej poprzez zmiany w wybranych ścieżkach będące efektem wprowadzonych usprawnień w sieci komunikacyjnej miasta czy obszaru [3].

Ponieważ klasyczne podejście nie uwzględnia ruchu wzbudzonego, do analiz został wprowadzony wskaźnik elastyczności inwestycji, obrazujący związek pomiędzy liczbą dodatkowych podróży, które się pojawią a wdrożoną do użytkowania inwestycją infrastrukturalną. Wartość wskaźnika elastyczności bliska 0 oznacza brak dodatkowego popytu na podróże pomimo skrócenia czasu przejazdu. Dodatkowe podróże pojawiają się już przy bardzo małych wartościach wskaźnika elastyczności. Wskaźniki elastyczności interpretuje się w sposób następujący: wskaźnik elastyczności -0,5 oznacza, że skrócenie czasu podróży o 10% generuje 5% wzrost natężenia ruchu wynikającego z ruchu wzbudzonego [4]. Jednakże nie jest to wartość stała, a uzależniona jest od rezerw przepustowości. Pojęcie elastyczności dotyczy zarówno usprawnień jak i utrudnień w realizacji podróży.

W tablicy 1 przedstawiono wybrane wskaźniki elastyczności wyznaczane w odniesieniu do czasu podróży oraz pracy przewozowej wyrażonej w pojazdokilometrach.

| Autor | Obszar analizy | Wskaźnik elastyczności popytu dla czasu podróży | |
|---|---|---|---|
| Domenich (1996) | Boston | -0,82 (pracujący); -1,02 (zakupy) | |
| SACTRA(1994) | synteza wyników badań w szerszej skali w Wielkiej Brytanii | -0,5 ÷ -1,0 | |
| Dowling (1998) | | -0,0 ÷ -1,0 | |
| Goodwin (2006) | | -0,28 ÷ -0,57 | |
| | | Wskaźnik elastyczności popytu dla pracy przewozowej | |
| | | krótkoterminowy | długoterminowy |
| Goodwin (2006) | | - | 1,0 |
| Hansen i Huang (1997) | California Metro Areas | 0,43 ÷ 0,91 | 0,94 |
| Roland i Cowart (1999) | California Metro Areas | 0,28 | 0,81 ÷ 1,02 |
| Fulton (2000) | Mid-Atlantic Counties | 0,13 ÷ 0,43 | 0,47 ÷ 0,81 |

*)wskaźnik elastyczności przyjmuje ujemną wartość, ponieważ zwiększenie czasu podróży redukuje popyt.

Przedstawione wskaźniki odnoszą się do wyników badań empirycznych, prowadzonych w związku z rozbudową/modernizacją infrastruktury komunikacyjnej, a ruch wzbudzony jest efektem zwiększenia przepustowości w obszarze wpływu



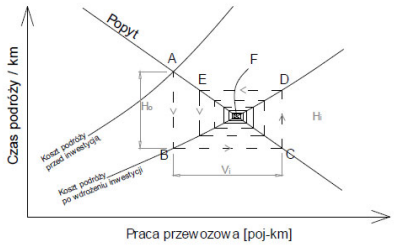
Phoca PDF

inwestycji.

Duży rozrzut wskaźnika elastyczności jest efektem następujących czynników:

- wpływ uogólnionego kosztu podróży: przykładem może być wysoki koszt parkowania zwiększający koszt podróży i w efekcie wpływający na niską wartość wskaźnika elastyczności;
- ramy czasowe: wyróżniony jest efekt krótko i długo falowy - reakcja użytkowników początkowo odnosi się tylko do zmian w podziale zadań przewozowych i rozkładzie ruchu na sieć drogową; dopiero po jakimś czasie następuje zmiana zachowań komunikacyjnych związana np. z realokacją źródeł i celów podróży (wynikających ze zmiany miejsca zamieszkania lub miejsca pracy lub zmian w zagospodarowaniu przestrzennym);
- charakter realizowanych podróży: dla ulic miejskich, przenoszących głównie ruch wewnętrzny, wskaźnik elastyczności będzie miał niższą wartość, w porównaniu do dróg na których odbywają się głównie podróże o charakterze regionalnym czy krajowym.

W celu wyznaczenia ruchu wzbudzonego podstawowym parametrem jest określenie stopnia redukcji kosztów związanych z czasem podróży (np. uogólniony koszt podróży). Jednakże należy pamiętać, że wyznaczona wielkość ruchu wzbudzonego zwiększa czas podróży (dodatkowe podróże obciążają sieć drogową, zwiększając stopień nasycenia) wpływając jednocześnie na zmniejszenie wcześniej wyznaczonego ruchu wzbudzonego. Jest to zatem proces iteracyjny, mający na celu osiągnięcie równowagi pomiędzy kosztem podróży a popytem. Na rysunku 1 przedstawiono schematycznie proces równoważenia zachodzący podczas wyznaczania wielkości ruchu wzbudzonego.




Punkt A jest początkowym punktem równowagi. Gdy wprowadzimy nową krzywą kosztu podróży, której przebieg wynika z poprawy warunków ruchu po realizacji nowej inwestycji, koszt podróży jest redukowany do wartości B. Jednakże przy takiej wartości kosztu popyt będzie znacznie wyższy, zwiększony do poziomu reprezentowanego przez punkt C. W tym przypadku popyt jest zbyt wysoki w stosunku to kosztu, więc zwiększenie kosztu przedstawia punkt D. Dla tej ceny popyt powinien być niższy co przedstawia punkt E. Cała procedura powtarza się aż do osiągnięcia równowagi oznaczonej na wykresie punktem F. Wielkość udziału ruchu wzbudzonego można wyznaczyć zgodnie z formułą 2 [5]:



Phoca PDF

$$V_i = \frac{H_0}{M - \frac{1}{E_d \cdot S_a}} \qquad (2)$$

gdzie:
H0 – wstępne oszczędności czasu podróży (wyznaczone np. jako efekt realizacji inwestycji infrastrukturalnej);
M – wydłużenie czasu podróży wynikające z występowania ruchu wzbudzonego;
Ed – wskaźnik elastyczności określający procentowo zmiany w popycie generowane przez zmianę czasu podroży;
Sa – pierwotna prędkość podróży (przed wprowadzeniem inwestycji), wyznaczana jako iloraz pracy przewozowej wyrażonej jako [pojazdo_kilometry/pojazdo_godziny] dla obszaru analizy (korytarza lub fragmentu sieci drogowej).

dr inż. Andrzej Szarata
Wydział Inżynierii Lądowej, Politechnika Krakowska

Spis literatury zawiera część II artykułu.



Phoca PDF