

Kolejnym elementem modelowania jest rozdzielenie potencjałów ruchotwórczych na podróże realizowane między poszczególnymi rejonami komunikacyjnymi – opracowanie więźby ruchu. Ten etap ma bardzo istotny wpływ na wyniki końcowe modelu i musi być wykonany ze szczególną starannością.

Więźba ruchu

Opracowanie więźby ruchu polega na kalibracji funkcji oporu przestrzeni, wpływającej na liczby podróży jakie będą realizowane między rejonami komunikacyjnymi. Funkcja oporu modeluje wpływ oporu przestrzeni (wyrażonej czasem podróży lub odległością) na liczbę podróży. W najprostszym ujęciu, wielkość produkcji rozdziela się w proporcji do atrakcji poszczególnych rejonów komunikacyjnych – jest to model proporcjonalny. Wprawdzie jego zastosowanie może być uzasadnione w przypadku małych miast, lecz należy wtedy się liczyć z ewentualnymi błędami modelu. Właściwym podejściem jest zastosowanie pełnego modelu grawitacyjnego, uwzględniającego wpływ czynnika czasu podróży na wybór celu podróży, np. udział dojazdów z odległych północnych rejonów miasta do centrum handlowego znajdującego się w jego południowej części będzie niższy od udziału podróży z rejonów położonych w jego bezpośrednim sąsiedztwie.

Sam proces kalibracji modelu grawitacyjnego wymaga zastosowania specjalistycznego oprogramowania symulacyjnego (wykorzystano tu program Visum). Przygotowanie danych wejściowych polega na stworzeniu szeregu rozdzielczego, przypisującego do założonych przedziałów czasowych liczby podróży wyznaczonej z badań ankietowych. Duży problem stanowi jakość pozyskanych danych, ponieważ do stworzenia szeregu rozdzielczego wykorzystuje się czas podróży definiowany przez ankietowanego podczas wywiadu (może to prowadzić do

Phoca PDF

niedoszacowania/przeszacowania tego czasu). Można podjąć próbę weryfikacji czasu podróży między rejonami, jednakże wymaga to dostępu do wysokiej jakości modelu sieciowego miasta. Wygenerowanie macierzy czasów podróży (skim matrix) pozwoli porównać czas modelowany z czasem deklarowanym przez ankietowanego. Dla potrzeb budowy modelu symulacyjnego Wrocławia [4], wykorzystano próbę badawczą o liczebności przekraczającej 5700 podróży w ciągu doby.

Dostępne wyniki zostały następnie rozdzielone na trzy grupy motywacyjne:

- Dom – Praca, Praca – Dom
- Dom – Nauka, Nauka – Dom
- Dom – Inne, Inne – Dom, Nie Związane z Domem

Oddzielnie kalibrowano parametry dla komunikacji zbiorowej i dla komunikacji indywidualnej (wybrano tutaj odległość między rejonami komunikacyjnymi, jaką musiałby pokonać samochód w podróży między rejonami). Zarówno czasy podróży jak i odległości zostały zapisane w postaci macierzy. Na podstawie wyznaczonych macierzy czasu i odległości, oraz dostępnych wyników badań ankietowych, pogrupowano podróże realizowane wewnątrz Wrocławia do poszczególnych klas szeregu rozdzielczego. Stanowiło to podstawę do kalibracji parametrów funkcji oporu, stanowiącej część modelu grawitacyjnego. Wybrano funkcję o charakterze logitowym opisaną równaniem:

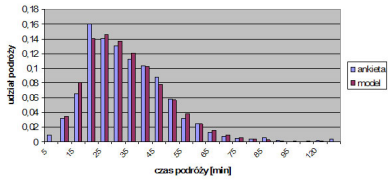
$f(x) = a * x^b * e^{c*x}$(3)

gdzie:
x – czynnik wpływu (czas bądź odległość)
a,b,c – kalibrowane parametry

Grupa motywacji	*a*	*b*	*c*	*współczynnik korelacji*
Dom – Praca, Praca – Dom	1,632	-0,889	-0,051	0,87
Dom – Nauka, Nauka – Dom	1,930	-0,942	-0,060	0,95
Dom – Inne, Inne – Dom, Nie Związane z Domem	1,464	-0,865	-0,046	0,98

W programie Visum możliwa jest klasyfikacja więźby ruchu w zależności od wybranego parametru. W tym przypadku otrzymaną więźbę ruchu sklasyfikowano w odniesieniu do czasu podróży (wybrany czynnik wpływu dla więźby ruchu komunikacji zbiorowej). Wynik klasyfikacji pokazuje, w jaki sposób rozłożyły się podróże w więźbie ruchu w odniesieniu do czasu podróży, co pozwala na ich porównanie z wynikami badań ankietowych. Na rysunku 1 przedstawiono porównanie wyników ankiet i modelowanej więźby ruchu dla podróży realizowanych komunikacja zbiorową w modelu wrocławskim [4].

Phoca PDF



Jak widać, zgodność modelu i ankiet jest bardzo wysoka (tab. 1), co pozwoliło na opracowanie więźby całkowitej poprzez złożenie macierzy z wszystkich analizowanych grup motywacji, a po uwzględnieniu ruchu zewnętrznego dokonano weryfikacji rozkładu ruchu z wynikami pomiarów kordonowych. Niestety uzyskano istotną różnicę między sumą potoków pasażerskich na kordonie a wynikami pomiarów – odpowiednio 25 100 pasażerów/godz. w modelu wobec 46 400 pasażerów/godz. według pomiarów. Również wartość współczynnika korelacji między modelem a pomiarami przekrojowymi była niska R=0,42. Tak duże różnice mogą wynikać z małej liczebności dostępnych wyników pomiarów ankietowych, które dodatkowo uwzględniały tylko podróże wewnętrzne. Podjęto próbę ponownej kalibracji funkcji oporu, a ponieważ wartości jej parametrów nie różnią się istotnie, przyjęto do dalszych obliczeń jedną wartość funkcji oporu, wspólną dla wszystkich motywacji. Dopiero w tym przypadku udało się uzyskać wysoką zgodność rozkładu więźby ruchu z pomiarami przekrojowymi (współczynnik korelacji R=0,93).

Należy podkreślić, że pomimo pozornej zgodności na poziomie rozwarstwionych grup motywacyjnych, wynik końcowy dla wspólnej więźby ruchu był bardzo słaby. Dopiero połączenie motywacji pozwoliło uzyskać zadowalające wyniki. Powyższa uwaga dotyczy zwłaszcza baz danych, w których liczebność próby badawczej jest stosukowo niewielka i rozszczepianie jej na mniejsze grupy może przynieść pozorne korzyści weryfikowane w dalszych badaniach.

Podział zadań przewozowych

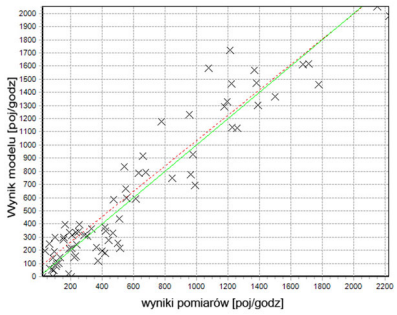
Podział zadań przewozowych określa, jaka część podróży niepieszych będzie realizowana środkami komunikacji zbiorowej i komunikacji indywidualnej. Modele podziału zadań przewozowych mają ściśle lokalny charakter. Mogą być opracowane ja podstawie wyników badań ruchliwości mieszkańców danego miasta w ramach KBR. Kalibracja modelu podziału zadań przewozowych polega na dopasowaniu parametrów krzywej logitowej do danych dotyczących czasu trwania podróży, motywacji oraz sposobu realizacji podróży (w najczęściej stosowanych modelach bimodalnych uwzględnia się dwa środki transportu – komunikację zbiorową i indywidualną). Jakość opracowanego modelu ma istotne znaczenie w całym procesie modelowania, ponieważ kształt funkcji logitowej wpływa na wielkość więźb ruchu, co z kolei przekłada się na wyniki obciążeń układu drogowego w modelu sieciowym. Kalibrując funkcję podziału zadań przewozowych można uzyskać oddzielne równania dla każdej z motywacji (takie wyniki osiągnięto w Katowicach [6]) lub dla wspólnej grupy motywacji (np. model warszawski [1]). w wielu przypadkach nie udało się stworzyć modelu oddającego z wystarczającą dokładnością zależności wyboru środka transportu (np. w modelu krakowskim [3], gdzie współczynnik zgodności R2=0,42 był zbyt słaby do praktycznych zastosowań).

Phoca PDF

W takich przypadkach często wprowadza się model podziału, niezależny od czasu podróży. Jednakże takie modele nie mają zastosowania praktycznego, ponieważ nie uwzględniają prognozowanych zmian w sieci dotyczących skrócenia/wydłużenia czasu podróży.

Rozkład ruchu w sieci ulicznej

Ostatni etap modelu czterostadiowego stanowi najważniejszy element weryfikujący model symulacyjny. Polega on na rozkładzie opracowanej więźby ruchu na model sieci ulicznej miasta. Wynik rozkładu ruchu stanowi o jakości całego modelu i może być opisany parametrami pozwalającymi porównać stworzony model z wynikami badań. Podstawowym narzędziem jest porównanie rzeczywistego natężenia ruchu pojazdów (lub potoków pasażerskich) z wielkościami modelowanymi. Wynik porównania może być przedstawiony w postaci wykresu zawierającego wartości zarówno z pomiaru jak i z modelu dla każdego z dostępnych stanowisk pomiarowych. Na rysunku 2 przedstawiono wyniki kalibracji modelu aglomeracji poznańskiej [7].



Linią ciągłą zaznaczono zależność idealną, przerywaną – wynik regresji liniowej oraz zbioru punktów dla poszczególnych stanowisk pomiarowych. Do pełnego opisu pozyskuje się również wartość współczynnika zgodności R^2. Wynik symulacji można porównywać dla całego zbioru punktów pomiarowych lub dla wybranych, położonych np. na kordonie wokół śródmieścia lub na ekranie – np. wzdłuż rzeki. W tym przypadku przydatna jest funkcja w programie Visum o nazwie Screenlines. Pozwala ona w szybki sposób wyznaczyć granicę kordonu pomiarowego w modelu sieciowym miasta i wskazać sumę podróży w obu kierunkach przekraczającą linię kordonu na wszystkich odcinkach. Uzyskane wyniki można szybko porównać z dostępnymi pomiarami, co pozwoli na weryfikację jakości modelu i danych użytych do jego budowy.

Wnioski

Podstawowymi celami budowy modelu symulacyjnego miasta jest weryfikacja zamierzeń inwestycyjnych dotyczących rozbudowy infrastruktury drogowej i transportu zbiorowego, sprawdzenie efektu założeń polityki transportowej czy wpływu zmian w zagospodarowaniu przestrzennym na warunki ruchu. Jednakże sam proces budowy modelu daje ogromne możliwości weryfikacji danych wejściowych

Phoca PDF

stanowiących w tym przypadku wyniki Kompleksowych Badań Ruchu. Z powodu dużej złożoności modelu proces weryfikacji wyników jest bardzo złożony, a ewentualne błędy w modelu końcowym mogą być spowodowane nie tyle błędnymi wynikami KBR, co nieprawidłowym odwzorowaniem sieci drogowo-ulicznej miasta.

Istotnym elementem budowy modelu jest rozróżnienie zbioru danych wykorzystywanych do jego kalibracji od danych, które chcielibyśmy weryfikować. Odnosi się to do każdego z etapów modelowania czterostadiowego i w sposób istotny determinuje zarówno jakość samego modelu jak i jego przydatność.

Pomimo tych trudności, możliwym jest sprawdzenie poprawności danych KBR praktycznie na każdym etapie modelowania. Wspomagając się narzędziami symulacyjnymi (programy Visum, Emme/2, Cube) można dokładnie opisać proces podróży i poprzez sprawdzenie wyników modelu doszukiwać się ewentualnych nieprawidłowości w badaniach.

dr inż. Andrzej Szarata
Katedra Systemów Komunikacyjnych,
Politechnika Krakowska

Literatura:

1. Biuro Planowania Rozwoju Warszawy, „Warszawskie Badanie Ruchu 1998 - raport końcowy”, Warszawa 1998
2. Hensher D., Button K., „Handbook of Transport Modelling”, Elsevier Ltd, Oxford, 2005
3. KBR Kraków 2003, Przetwarzanie wyników badań, Moduł: Modelowanie ruchu, Pracownia Badań Społecznych, Sopot 2003
4. Politechnika Krakowska, Ernst&Young, “Zintegrowany System Transportu Szynowego Aglomeracji i we Wrocławiu – etap I”, raport niepublikowany, Warszawa – Wrocław, 2009
5. PTV Visum 11, instrukcja obsługi oprogramowania, Karlsruhe, 2008
6. Starowicz W. z zespołem, „Kompleksowe badania ruchu w Katowicach i Siemianowicach Śląskich - Analizy problemowe”, Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji w Krakowie, Kraków 1999
7. Szarata A., “Aktualizacja modelu symulacyjnego aglomeracji poznańskiej wraz z prognozami”, raport niepublikowany, Kraków 2009

Results of the Comprehensive Travel Study state the base for creation of simulation models of the city / agglomeration. Simulation model is very crucial tool supporting creation of the transportation policy for the city and in many Polish cities such models are build or updated. It confirms important role of the results of Comprehensive Travel Studies and validation of their results. In the paper it is presented structure of the four stage modelling and the place of the input data within building process. Special attention was aimed on possibilities of CTS results verification using simulation tools.
Key words: four stage model, simulation modeling, gravity function calibration

Phoca PDF