



Zagadnienie dynamicznie

zmieniającego się popytu i podaży w systemie transportowym jest zagadnieniem cieszącym się bardzo dużym zainteresowaniem w przeciągu ostatnich dwóch dekad. Ewolucja tego zagadnienia jest olbrzymia a głównym przedmiotem zainteresowania naukowców zajmujących się problemem dynamicznego rozkładu ruchu, jest udoskonalanie algorytmów obliczeniowych i próby rozwiązania problemu w oparciu o różne spojrzenia na ruch. Należy podkreślić istotny wpływ jakości danych wejściowych dotyczących podaży i popytu oraz ich zmienności w czasie na wyniki modeli symulacyjnych.

Niestety literatura dotycząca zastosowania dynamicznych modeli rozkładu ruchu w sieciach miejskich, problemach związanych z pracochłonnym wprowadzaniem, szczególnie danych dotyczących sieci transportowej, a efektywnością tej pracy, praktycznie nie jest dostępna.

Struktura modeli dynamicznych

Wdrażanie systemów ITS ma na celu poprawę warunków ruchu i redukcję strat czasu poprzez lepsze wykorzystanie dostępnej przepustowości układu ulicznego. Systemy takie są bardzo złożone i uwzględniają skomplikowane algorytmy prowadzące do spełnienia przyjętych założeń. Aby właściwie ocenić spodziewane efekty wdrożenia ITS, stosuje się zaawansowane modele symulacyjne dla rozkładu dynamicznego, takie jak: CORQ, INTEGRATION czy DynaMIT. Modele te pozwalają na opracowanie krótkoterminowych prognoz ruchu poprzez modelowanie wyboru ścieżki (uwzględniające np. wpływ znaków zmiennej treści na ten wybór) oraz uwzględniają proces powstawania kolejek i ich propagacji na sąsiednie skrzyżowania.

Zasada działania modeli dynamicznych bazuje na podobnych założeniach i w ramach niniejszego referatu podjęto próbę opisu jednego z najbardziej znanych modeli. Jest to rozwijany od roku 1996 przez Ben Akivę model DynaMIT (Dynamic Network Assignment for the Management of Information to Travelers). Model DynaMIT do opisu stanu bieżącego wykorzystuje dane historyczne oraz rzeczywiste dane pomiarowe, a następnie sporządza krótkoterminowe prognozy stanu sieci stanowiące podstawę do bieżącego zarządzania siecią drogową.

Model DynaMIT działa na dwóch poziomach – popytu i podaży, łącząc je w jeden spójny element. Z poziomu sieci, najważniejszą zależnością jest określenie związku pomiędzy prędkością i gęstością ruchu. Zaproponowano następującą formułę (1):

$$v = \begin{cases} v_0; & k \leq k_0 \\ v_0 \left[1 - \left(\frac{k - k_0}{k_j - k_0} \right)^\beta \right]^\alpha & \end{cases} \quad (1)$$

gdzie:

v_0 – prędkość w ruchu swobodnym;

k – gęstość ruchu na odcinku;

k_0 – gęstość dla warunków ruchu swobodnego;

k_j – gęstość ruchu dla stanu kongestii;

α, β – parametry modelu.

Zasadniczym elementem DynaMIT jest model popytu, prognozujący przyszłe warunki ruchu na podstawie danych historycznych i aktualnych pomiarów ruchu. Do oszacowania prognostycznych wielkości relacji źródło – cel wykorzystywane są równania stanu (wg teorii układów dynamicznych). Wymagają one zdefiniowania trzech etapów: stanu istniejącego, równań przejścia oraz równań pomiarów.

Dane historyczne zawierają bardzo dużo informacji na temat popytu i jego profilu czasowego w ciągu określonego horyzontu (np. w ciągu doby). Zatem problem oszacowania wektora popytu bazuje na odchyłkach relacji źródło – cel od ich wartości historycznych.

Równanie przejścia, opisujące zmianę popytu z jednego przedziału czasowego do kolejnego zostało określone następująco (2):

$$x_{h+1} - x_{h+1}^H = \sum_{p=h-q'}^h f_h^p(x_p - x_p^H) + w_h \quad (2)$$

Gdzie:

x_{h+1} - wektor relacji źródło – cel dla interwału czasowego $h+1$

x_{h+1}^H - wektor relacji źródło - cel dla interwału czasowego $h+1$, wg danych historycznych

f_h^p - macierz współczynników autoregresji opisujących wpływ $(x_p - x_p^H)$ na szacowane wartości $(x_{h+1} - x_{h+1}^H)$;

w_h - wektor błędów losowych;

q' - stopień procesu autoregresji (liczba wcześniejszych interwałów wpływających na bieżący).

Równanie pomiarów ma podobną strukturę do (2) lecz opiera się na wynikach pomiarów stanu układu (potoki ruchu, relacje skrętne itp.) w analizowanych interwałach czasowych. Przyjęto, że średnia wartość błędów wynosi 0 a błędy równań przejścia i równań pomiarów nie są ze sobą skorelowane. Kalibracja modelu DynaMIT wymaga oszacowania następujących danych wejściowych:

- historycznej więźby źródło - cel x_h^H pojazdów wyjeżdżających podczas interwału h ;
- macierzy przejścia bazującej na współczynnikach autokorelacji f_h^p ;
- macierzy błędów (dotyczącej zarówno równań przejścia jak i pomiarów).

Model DynaMIT był stosowany wielokrotnie, udowadniając swój potencjał i dając dobre wyniki. Charakterystycznym przykładem może być tu działający model dla miasta Irvine w Kalifornii. Dla sieci składającej się z prawie 1400 odcinków, dysponowano wynikami pomiarów ciągłych dla 68 punktów sieci, z okresu 5 dni roboczych. Wyniki pomiarów wraz z modelem historycznym stanowiły podstawowy element pozwalający dokonać kalibracji i walidacji modelu. W efekcie uzyskano model pozwalający prognozować natężenie ruchu i prędkości potoku pojazdów w ujęciu krótkoterminowym. Błąd średniokwadratowy oszacowania nie przekraczał wartości 11%, w zależności od wielkości interwału (przyjęto 5 i 15 minut).

Podsumowanie

Ujęcie symulacyjne w modelowaniu podróży znajduje szerokie zastosowanie w analizach efektywności funkcjonalnej inwestycji infrastrukturalnych. Próba opisania rzeczywistości metodami matematycznymi napotyka na wiele przeszkód i wymaga od operatora przyjmowania całego szeregu uproszczeń lub nawet pomijania pewnych elementów w procesie modelowania. Uproszczenia te mogą dotyczyć nie tylko danych wejściowych, ale przede wszystkim algorytmów i procedur zastosowanych w narzędziach symulacyjnych. Istotnym elementem prowadzonych analiz jest świadomość konsekwencji jakie niesie za sobą wybór danej procedury rozkładu ruchu czy sposobu ujęcia problematyki. Modele statyczne nie nadają się do wielu zastosowań, ale w przypadku prac planistycznych są w zupełności wystarczające. Natomiast modele dynamiczne stanowią duży potencjał w analizach symulacyjnych potoków ruchu sporządzanych dla potrzeb analiz ITS czy wreszcie bieżącego zarządzania systemem sterowania ruchem w mieście. Są jednak dużo bardziej złożone i wymagają rozbudowanej bazy danych wejściowych.

dr inż. Andrzej Szarata

mgr inż. Joanna Żygłowicz
Politechnika Krakowska

Literatura:

1. Balakrishna R., Koustopoulos N., Ben-Akiva M.: Calibration and validation of Dynamic Traffic assignment systems, Transportation and Traffic Theory, University of Maryland, 2005
2. Ben-Akiva M., Beirlaire M.: Discrete choice models with applications to departure time and route choice, Handbook of Transportation Science, 2nd edition, Kluwer, 2003
3. Jayakrishnan R., Mahmassani H., Hu T-Y: An evaluation tool for advanced traffic information and management systems in urban networks, Transportation Research 2C, 1994
4. Leszczyński, J.: Modelowanie systemów i procesów transportowych, Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1990
5. PTV Vision, Visum 11.5 User manual, PTV AG, Karlsruhe 2011
6. Szeto W., Lo H.: Non-equilibrium dynamic traffic assignment, Transportation and Traffic Theory, University of Maryland, 2005

Dynamic assignment models

In the paper it will be presented structure of dynamic models and their place in modeling process. It was described static and dynamic assignment procedures together with their main features. Due to the significant simplifications of static approach, it is not recommended to apply it into functional analysis of ITS. That is the reason of dynamic application, which can estimate impact of queing or spillback on route choice and in the result final assignment results. It is a purpose of presentation DynaMIT model in order to clarify level of sophistication in dynamic approach.

Keywords: simulation analysis, traffic assignment, dynamic traffic assignment systems