Kalibracja więźby ruchu w oparciu o pomiary przekrojowe cz. II

Utworzono: piątek, 03, luty 2012 08:57 Andrzej Szarata



Proces zmiany wartości więźby ruchu polega na korekcie poszczególnych jej elementów w zależności od ich udziału w całkowitym potoku na odcinku z wartością pomiarową [2]. Można to opisać równaniem (5):

$$f_l = \sum_k \delta_{lk} \sum_i p_{ki} d_i \qquad (5)$$

gdzie:
f_l – potok pojazdów (pasażerów) na odcinku l;
δ_{lk} – wielkość relacji źródło - cel obciążająca odcinek l;
d_i – część relacji źródło – cel przypadająca na ścieżkę k;
p_{ki} – udział ścieżki k do której należy odcinek l.

Ponieważ potoki pojazdów (pasażerów) na odcinku są iloczynem relacji źródło – cel oraz udziału poszczególnej ścieżki w procedurze rozkładu ruchu, proces kalibracji odnosi się do zmian tych potencjałów, które wpływają na łączny potok odcinka dla którego dostępna jest baza pomiarowa. Dopasowanie potencjałów (a w efekcie wartości więźby ruchu) do oczekiwanej zgodności z wartościami pomiarowymi uzyskuje się poprzez porównanie obliczonego natężenia ruchu stanowiącego efekt zastosowanej procedury rozkładu więźby na sieć z pomiarami. W ten sposób uzyskuje się informacje dotyczące wielkości współczynnika korygującego potencjał ruchotwórczy (proces kalibracji odnosi się to do relacji źródło – cel (ź-c) tzn. relacji obciążających odcinki, dla których są dostępne wyniki pomiarów przekrojowych). Procedura obliczeniowa składa się z następujących etapów:

Phoca PDF

- generowanie współczynnika korygującego k_i dla każdej relacji;
- modyfikacja potencjałów dla właściwych par ź-c;
- korekta potencjałów w więźbie ruchu z uwzględnieniem wyznaczonego współczynnika.

Formułę iteracyjną można przedstawić następująco [6]:

$$F_{ij}(n+1) = F_{ij}(n) \cdot q_i(n) \cdot z_j(n) \cdot f(n) \quad (6)$$

gdzie:

$$q_i(n) = \frac{Q_{ip}}{\sum_j (F_{ij} \cdot \frac{Z_{jp}}{Z_j(n)})} \quad (7)$$

$$z_i(n) = \frac{Z_{jp}}{\sum_i (F_{ij} \cdot \frac{Q_{ip}}{Q_i(n)})} \quad (8)$$

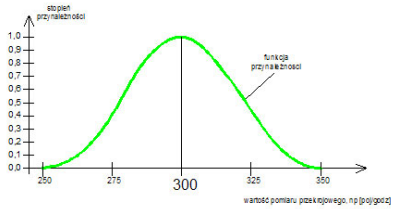
$$f(n) = \frac{G_p}{G(n)} \quad (9)$$

Fij(n) – wielkość potoku ruchu z rejonu i do rejonu j w iteracji n;
Qi(n) – produkcja rejonu i w iteracji n;
Zj(n) – atrakcja rejonu j w iteracji n;
Zjp – żądana atrakcja rejonu j;
Qip – żądana produkcja rejonu i;
Gp – żądana suma produkcji i atrakcji dla całej sieci;
G(n) – suma produkcji i atrakcji w iteracji n.

Dużą wadą rozwiązań problemu kalibracji więźby ruchu jest założenie, że wektor danych pomiarowych składa się z wartości stałych, nieobarczonych żadnym poziomem niepewności. Wartości pomiarów odnoszą się bowiem tylko do okresu pomiarowego i nie uwzględniają wahań ruchu spowodowanych czynnikami zewnętrznymi. Przy takim założeniu, uzyskujemy więźbę, która jest kalibrowana tylko do jednej, konkretnej chwili odpowiadającej okresowi pomiarowemu. Jednym z rozwiązań tego zagadnienia, jest zaproponowane przez Rosinowskiego [4] zastosowanie w procedurze kalibracji, wartości rozmytych w miejsce konkretnych danych. Algorytm ten jest wykorzystany w programie symulacyjnym Visum jako moduł o nazwie TFlowFuzzy.

Phoca PDF

Metoda bazuje na teorii zbiorów rozmytych i w miejsce pomiarów wprowadza liczby rozmyte odzwierciedlające fluktuację potoku pojazdów (lub pasażerów) w czasie. Dużą zaletą takiego podejścia jest możliwość zróżnicowania wyników pomiarów w różnych przekrojach poprzez wskazanie możliwego rozrzutu wyników. Wartość pomiarowa jest więc zapisywana w postaci odpowiedniej funkcji przynależności uwzględniającej wahania pomiaru potoków przekrojowych. Na rysunku 3 przedstawiono przykład liczby rozmytej.



Przewagą zastosowania teorii zbiorów rozmytych nad zwykłymi przedziałami wartości jest uwzględnienie w obliczeniach wartości odpowiadającej największemu stopniu przynależności, a pozostałe wartości ze zbioru rozmytego są uwzględnianie w mniejszym stopniu (odpowiadającym poziomowi przynależności liczby do konkretnego zbioru).
Szukając rozwiązania polegającego na korekcie więźby ruchu, w przypadku ujęcia rozmytego, dąży się do maksymalizacji przyjętej miary rozrzutu (wg równania 4) uwzględniając dolne i górne granice zbioru rozmytego [3]:

$$\max\left(b(d_i), b(\overline{s}_i), b(\underline{s}_i)\right) \qquad (10)$$

gdzie:

$b(d_i)$ - miara rozrzutu określona dla pożądanej wartości pomiarowej (z przypisaną największą wartością funkcji przynależności);

$b(\overline{s}_i)$ - miara rozrzutu określona dla wartości pomiarowej odpowiadającej górnej granicy zbioru rozmytego;

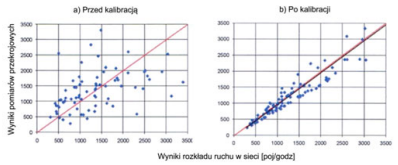
$b(\underline{s}_i)$ - miara rozrzutu określona dla wartości pomiarowej odpowiadającej dolnej granicy zbioru rozmytego.

Ujęcie takie szuka rozwiązań wewnątrz przedziału zbioru rozmytego, preferując te, które znajdują się najbliżej pożądanej wartości pomiarowej.

Przykład zastosowania procedury kalibracji więźby ruchu

Phoca PDF

Kalibracja więźby ruchu wymaga dostępu do dużej bazy danych pomiarowych. Pomimo, że jak wykazano w niniejszym referacie, nie jest możliwe znalezienie jednego rozwiązania nawet dla pełnej bazy pomiarowej (pokrywającej wszystkie odcinki sieci drogowej), należy dążyć do możliwie największego zbioru danych. Zbiór ten powinien być podzielony na dwie części: zbiór danych do procesu kalibracji oraz zbiór danych do weryfikacji osiągniętego efektu. Wydaje się, że przyjęcie proporcji odpowiednio 80/20 pozwoli osiągnąć optymalne wyniki obliczeniowe. W ramach niniejszego referatu, zostanie przedstawiony przykład kalibracji więźby ruchu dla modelu symulacyjnego Neapolu [2]. model ten składa się ze 167 rejonów komunikacyjnych oraz z ponad 5 tys. odcinków sieci. Model został opracowany w roku 2005 a pomiary przekrojowe przeprowadzono w 2009 r. Dysponowano relatywnie niewielką bazą danych pomiarowych składającą się ze 102 punktów pomiarowych. Proces kalibracji został przeprowadzony dla 82 punktów. Na rysunku 4 przedstawiono wyniki procesu:



Po przeprowadzeniu procesu kalibracji więźby uzyskano zadowalające wyniki, których miarą jest zmniejszenie wielkości rozrzutu (błąd średniokwadratowy, wyznaczony wg równania 2) o ponad 92%. W następnym etapie dokonano weryfikacji procedury, sprawdzając błąd dla pozostałych punktów pomiarowych. Również w tym przypadku udało się zmniejszyć jego wartość w porównaniu do sytuacji sprzed kalibracji, o ponad 95%.

Podsumowanie i wnioski

Kalibracja więźby ruchu w oparciu o pomiary przekrojowe może stanowić bardzo wartościową alternatywę wobec prowadzenia badań ruchliwości dla 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.

Phoca PDF

Uwzględniając doświadczenia przedstawione w niniejszym artykule, można podjąć próbę zaproponowania algorytmu postępowania w procesie kalibracji więźby ruchu:

- Zebranie bazy danych pomiarowych dla punktów rozmieszczonych regularnie w sieci drogowej miasta. Należy zwrócić uwagę na reprezentacyjność próby, tj. odpowiedni udział pomiarów w przekrojach o niewielkim potoku pojazdów (pasażerów) oraz o dużym natężeniu ruchu.
- Rozdzielenie bazy danych pomiarowych na dwie części: grupę danych do kalibracji i grupę danych do weryfikacji (np. w proporcji, odpowiednio, 80% / 20%).
- Ocena stopnia rozrzutu wyników pomiarów w stosunku do wartości modelowanych.
- Przeprowadzenie procesu kalibracji i jego ocena (ponownie stopień rozrzutu, współczynnik zgodności, graficzne przedstawienie wyniku regresji liniowej itp.).
- Porównanie wyników dla więźby przed i po kalibracji:
  - miary rozrzutu (błąd średniokwadratowy, korelacja itp.),
  - łączne sumy macierzy częściowych (dla ruchu wewnętrznego, docelowego, źródłowego i tranzytowego) oraz ocena realności zmian.
- Ocena jakości wykonanych obliczeń dla danych testowych.

Przedstawiony algorytm postępowania pozwoli na kontrolę prowadzonych obliczeń i zminimalizuje ryzyko popełnienia błędu grubego podczas działań aktualizujących historyczne więźby ruchu.

dr inż. Andrzej Szarata
Wydział Inżynierii Lądowej
Politechnika Krakowska

Literatura:
1. Cascetta E.: Transportation Systems Engineering: Theory and Methods, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 2001
2. Cascetta E.: Traffic assignment: O-D estimation from traffic counts, Handouts of Course on Advanced Modeling and Simulation of Transportation Networks, Sorrento, 2010
3. PTV AG – traffic, mobility, logistics. VISUM - version 11.0. Podręcznik użytkownika, Analizy i planowanie sieci transportowych. Karlsruhe 2009.
4. Rosinowski J.: Entwicklung und Implementierung eines ÖPNV-Matrixkorrekturverfahrens mit Hilfe von Methoden der Theorie unscharfer Mengen (Fuzzy-Sets-Theorie), Master thesis, University of Karlsruhe 1994.
5. Szarata A.: Estymacja więźby ruchu metodą mikrosymulacji z wykorzystaniem pomiarów przekrojowych na przykładzie Nowego Sącza, Pięćdziesiąta Druga Konferencja Naukowa Komitetu Inżynierii Lądowej i Wodnej PAN i Komitetu Nauki PZITB „Krynica 2006”, Krynica 11-15 września 2006
6. Zuylen, H. J. van, Willumsen, L. G.: The most likely trip matrix estimated from traffic counts, Transportation Research Board, Vol. 14b, 1980.

Phoca PDF

Calibration of od matrix using traffic counts

One of the tool supporting issue of model updating, is application accessible data base of traffic measurement to estimation of changes in O-D matrix without necessity of detailed mobility survey. This approach requires actual and extended traffic counts data both for private cars and public transport passengers. This kind of O-D matrix calibration is sufficient enough for short time forecasts (for few years), giving acceptable level of model accuracy with no necessity of conducting expensive and time consuming survey. In the paper it will be presented general principles of the problem and methodology of the O-D matrix calibration with some examples.

Keywords: O-D matrix calibration, traffic assignment, fuzzy sets