



Do opisu systemu transportowego i zależności wiążących go z otoczeniem wykorzystuje się abstrakcyjne matematyczne wyrażenia, składające się z symboli i operatorów matematycznych. Związki między danymi, którymi dysponuje operator bazują w głównej mierze na dostępnych wynikach badań podróży i pomiarów ruchu oraz wymagają zastosowania szerokich uproszczeń i uogólnień rzeczywistości. Model matematyczny stanowi więc grupa funkcji wiążących ze sobą różne zmienne i w ten sposób opisuje powiązania między uwzględnianymi wielkościami w układzie.

Według J. Leszczyńskiego, w klasycznym ujęciu, proces modelowania powinien obejmować następujące działania:

- przyjęcie parametrów, które są wielkościami znanymi, definiowanymi z góry, niezmiennymi podczas procesu podejmowania decyzji;
- przyjęcie zmiennych decyzyjnych, czyli wielkości o ustalonych zakresach, poprzez które wpływamy na wartość liczbową funkcji celu. Dzięki nim możliwe jest poszukiwanie rozwiązania optymalnego;
- określenie ograniczeń, które wyrażone są za pomocą zmiennych decyzyjnych;
- przyjęcie funkcji celu wyrażonej za pomocą zmiennych decyzyjnych. Określa ona zbiór kryteriów wspomagający proces wyboru rozwiązania dopuszczalnego. Wyrażona jest ona w postaci równań i nierówności.

Uwzględniając rodzaj zdefiniowanej wcześniej funkcji celu oraz przyjętych ograniczeń wyróżnia się następujące rodzaje:

- model liniowy, w którym zarówno funkcja celu, jak i wszystkie ograniczenia są funkcjami liniowymi;

- model nieliniowy, gdy funkcja celu lub chociaż jedno z ograniczeń ma charakter nieliniowy (zastosowanie nieliniowego definiowania może przyczynić się do trudności ze znalezieniem rozwiązania globalnie optymalnego).

Jeśli założony model jest wystarczająco prosty korzystne staje się matematyczne rozwiązanie analityczne. Jednakże problemy w świecie rzeczywistym są bardzo złożone i prosty model matematyczny często nie odtwarza ich w stopniu wystarczającym (ponadto niektóre metody analityczne mogą być bardzo rozbudowane, co pociąga za sobą duże wymagania obliczeniowe). W takich przypadkach korzystna jest analiza modelu przy użyciu metod symulacyjnych. Symulacja jest obecnie jedną z częściej stosowanych technik modelowania. Bardzo dobrze imituje działanie całego systemu lub naśladuje dane sytuacje, zjawiska przy użyciu odpowiednich dobranych modeli. Stanowi ona niezastąpione narzędzie do rozwiązywania problemów, pozwala również manipulować parametrami modelu, w rezultacie umożliwia dokonanie oceny funkcjonowania analizowanego systemu przy zmieniających się warunkach.

Modele symulacyjne w różny sposób odwzorowują upływ czasu. W przypadku ujęcia ciągłego, odzwierciedlającego nieprzerwane trwanie systemu w czasie, efekt ten najczęściej uzyskuje się poprzez zastosowanie odpowiednio dobranych stałych kroków czasowych. Procedura z czasem dyskretnym obejmuje ciąg chwilowych etapów procesu rejestrowanych w pewnym, określonym momencie ich występowania. Stosunek do przewidywalności powoduje rozróżnienie symulacji stochastycznych i deterministycznych. Stanowisko stochastyczne opiera się na losowości parametrów wpływających na proces, wykorzystuje się w tym celu stosownie dobrane generatory liczb pseudolosowych lub losowych. Deterministyczne modele nie podlegają rachunkowi prawdopodobieństwa.

Wynik modelowania na który nie ma wpływu zmieniający się czas jest charakterystyczny dla modeli statycznych. Oznacza to, że stan systemu i jego atrybuty pozostają stałe w czasie symulacji. Na model dynamiczny istotne oddziaływanie ma upływ czasu. Właściwości i atrybuty modelu są zmienne z upływem sekund, minut lub godzin.

Rozkład ruchu na sieć

Modele ruchu starają się uchwycić zmieniający się czas analizy, natężenia i rozkład ruchu w sieci, które są spowodowane zmiennymi zachowaniami kierowców. Rozróżnia się dwa podstawowe sposoby rozwiązania tego problemu: metoda dynamicznej równowagi użytkownika - DUE i dynamiczny system optymalny.

W ramach dynamicznej równowagi użytkownika, dla każdej pary podróżującej od źródła do celu zlokalizowanych w sieci, poszczególne koszty podróży w odniesieniu do użytkownika, są sobie równe i minimalne. System optymalny przypisuje koszty indywidualnych podróży w taki sposób, że całkowity koszt systemu jest zminimalizowany. Jest to zwykle sformułowane jako problem zależny od stanu

sterowania, przy założeniu, że każdy z użytkowników może wybrać trasę o większym koszcie podróży, aby zminimalizować całościowe koszty podróży sieci. Podstawowym założeniem jest, że każdy użytkownik stanowi część systemu i ma doskonałą wiedzę o jego funkcjonowaniu i jest chętny do poświęcenia się dla dobra ogółu, w zależności od decyzji przekazanej mu przez sterującego systemem.

W obu przypadkach uzyskana równowaga systemu transportowego trwa do czasu zmiany warunków w sieci transportowej lub zmiany popytu.

Statyczne metody rozkładu ruchu

Proces rozmieszczenia popytu na sieć systemu transportowego (opisaną węzłami i odcinkami) nazywamy procedurą rozkładu ruchu na sieć. Popyt w tym przypadku reprezentowany jest przez macierz podróży, oszacowaną na podstawie dostępnych wyników badań podróży, prowadzonych np. w ramach KBR. Główne kierunki w algorytmach opisujących ten problem skupiają się wg następujących schematów:

- rozkład „wszystko albo nic” – w metodzie tej rozkład ruchu z dowolnego rejonu źródłowego do rejonu docelowego zostanie przydzielone na jedną ścieżkę, dla której osiągnąć koszty podróży są minimalne (najkrótsza ścieżka o najmniejszym koszcie jest najbardziej pożądaną przez użytkowników). Koszt ruchu jest stały w czasie, nie uwzględnia natężenia ruchu, ograniczeń przepustowości i możliwości powstawania kongestii. Model jest nierealistyczny w rozbudowanej sieci drogowej, ponieważ wybrana ścieżka może się różnić w minimalny sposób od kilku pozostałych. Metoda sprawdza się dla ubogiej sieci złożonej tylko z jednego możliwego połączenia pomiędzy strefami lub o połączeniach których koszty podróży różnią się znacznie. Największą zaletą tej metody jest szybkość obliczeniowa wynikająca z jej prostoty;
- rozkład przyrostowy - ruch przypisywany jest w definiowanych iteracjach, a w każdej z nich część całkowitego popytu przypisuje się wykorzystując metodę „wszystko-albo-nic”. Po każdej iteracji czas podróży jest przeliczany dla każdego odcinka (uwzględniając zmienny opór odcinka), wynikający z wielkości natężenia pojazdów przydzielonych na odcinek we wcześniejszej iteracji. Największe znaczenie w tej metodzie ma ilość iteracji i procentowy udział macierzy podróży w poszczególnych krokach obciążania sieci;
- deterministyczny rozkład równowagi użytkownika - w metodzie tej przypisanie równowagi użytkownika jest oparte na pierwszej zasadzie Wardropa, która stanowi, że kierowca nie może jednostronnie zmniejszyć jego kosztu podróży poprzez przeniesienie na inną trasę. Kryterium równowagi użytkownika jest spełnione dla każdej pary źródło – cel i zachodzi przy założeniu, że podróżujący mają doskonałą wiedzę na temat kosztów podróży w sieci i wybierają zawsze najlepszą trasę. Zgodnie z pierwszą zasadą Wardropa, taki stan powoduje że zachowana jest równowaga deterministyczna z punktu widzenia użytkownika. Zakładamy również, że wszyscy użytkownicy postrzegają koszty w identyczny sposób, a zmiana trasy zawsze spowoduje zwiększenie kosztów podróży. Jest to idealistyczne

założenie, ponieważ w rzeczywistości wiedzę o wyborze najkrótszej trasy, użytkownik mógłby zdobyć tylko poprzez doświadczenie i wielokrotnie odbyte podróże;

- stochastyczny rozkład równowagi użytkownika (SUE) – metoda ta zakłada, że uczestnicy ruchu, zgodnie z pierwszą zasadą Wardropa wybierają ścieżkę o najmniejszym koszcie podróży. Jednakże losowy charakter ma sposób postrzegania przez nich tych kosztów, wynikający z indywidualnych zachowań, niekompletnej informacji o warunkach w sieci lub różnych informacji docierających do poszczególnych podróżujących. Daje to w efekcie różne funkcje oporu poszczególnych ścieżek dla każdego z użytkowników. W ten sposób podróże każdej pary pomiędzy źródłem a celem są podzielone na kilka wariantów tras o najniższych kosztach. Stochastyczność niweluje ewentualne niedopracowane funkcje kosztów podróży lub elementów składowych sieci. W sieciach drogowych o słabym lub umiarkowanym ruchu, w godzinach pozaszczytowych lub na obszarach wiejskich, w metodzie tej obciążone zostaje więcej ścieżek, nawet tych nie optymalnych, co jest bliższe rzeczywistości;
- rozkład optymalizacji systemu - metoda ta bazuje, na drugiej zasadzie Wardropa, według której użytkownicy współpracują ze sobą w celu minimalizacji całkowitego czasu podróży w systemie. Osiąga się w ten sposób optymalną równowagę społeczną. Według tego modelu sieć pracuje najlepiej dla danego obciążenia a ewentualna kongestia jest minimalizowana. Wprawdzie jest to model nierzeczywisty z punktu widzenia zachowań kierowców, ale może być użyteczną metodą stosowaną dla celów planistycznych i zarządzania ruchem drogowym.

Dynamiczne metody rozkładu ruchu

Dynamiczny rozkład ruchu ma na celu taki sposób opisu wyboru ścieżki podróży i obciążenia sieci drogowej dla danego popytu O-D, gdzie potok pojazdów i czas podróży mają zmienną w czasie wartość. Stanowi on rozszerzenie zasady Wardropa, odnoszącej się do sytuacji gdy kierowca zmniejsza koszt podróży poprzez wybranie nowej trasy lub czasu odjazdu. Jest to powiązane ze zmiennością sprzężonych ze sobą parametrów popytu na transport i warunków podaży. Dynamiczne modele równowagi użytkownika są dobrym rozwiązaniem dla ruchu w sieciach przeciążonych, z zatorami. Zmienne w czasie parametry mogą odnosić się do macierzy podróży, do potoków pojazdów, czasów podróży, kosztów, zmiennej w czasie sygnalizacji świetlnej, ograniczeń ruchu na pasach wydzielonych, opłat oraz czasowych ograniczeń wjazdu do strefy. Modele dynamiczne rozkładu ruchu stanowią uzupełnienie między modelami makro a mikro-skopowymi. Kluczowymi elementami w rozkładach dynamicznych są opóźnienia związane z węzłami (czyli funkcjonowaniem sygnalizacji świetlnej), uwzględnienie zasad pierwszeństwa, relacji skrętnych czy przechodzenia kolejki pojazdów na sąsiednie skrzyżowania. W dynamicznych modelach rozkładu ruchu, trajektorie pojazdów określone są w każdym interwale czasu, co daje wiedzę na temat czasowej i przestrzennej dynamiki podróży oraz wpływów przeciążenia. Ocenie podlega (w każdym interwale czasu), prędkość, gęstość i czas podróży a trajektorię ruchu pojazdów ułatwia określenie

Dynamiczne modele podróży cz. I

Utworzono: poniedziałek, 20, luty 2012 08:27 Andrzej Szarata, Joanna Żygłowicz

liczby pojazdów jadących w danym czasie.

Początkowo, modele dynamiczne były zbyt skomplikowane algorytmicznie, by możliwe było zastosowanie ich w sieciach drogowych o dużych rozmiarach, gęsto powiązanych węzłami, z dużą liczbą rejonów. Obecnie szybsze komputery i nowsze algorytmy umożliwiają stosowanie takich modeli w bardzo dużych i silnie zatłoczonych sieciach.

dr inż. Andrzej Szarata

mgr inż. Joanna Żygłowicz

Politechnika Krakowska