

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ АНАЛІЗУ ТРАНСПОРТНИХ МЕРЕЖ І ХАРАКТЕРИСТИК РУХУ

Каменєв Д. О., студент гр. Т-32-18
Семченко Н. О., канд.техн.наук, доцент

Математичне моделювання транспортних потоків (ТП) дозволяє визначати і розраховувати такі їх параметри, як інтенсивність, швидкість, затримки руху, втрати часу на ділянках, тощо.

Математичні моделі, що використовуються для аналізу транспортних мереж відрізняються по задачах, що вирішуються, математичному апарату, вихідних даних і ступеню деталізації опису руху, що використовуються.

Ґрунтуючись на функціональній ролі моделей їх можна умовно розділити на три основні класи:

- прогнозні моделі
- імітаційні моделі
- оптимізаційні моделі.

Прогнозні моделі призначені для визначення потоків на мережі. Вони включають розрахунок усереднених характеристик руху, таких як обсяги міжрайонних пересувань, інтенсивність ТП, розподіл автомобілів і пасажирів по шляхах руху при відомих вихідних даних: геометрії і характеристик транспортної мережі, а також розміщення потокоутворюючих і потокополинаючих об'єктів в місті. За допомогою цих моделей можна прогнозувати наслідки змін параметрів ТП на мережі в результаті впровадження різних заходів організації дорожнього руху (ОДР). Недоліком таких моделей є складність визначення параметрів потокоутворюючих і потокопоглинаючих об'єктів міста.

Імітаційне моделювання ставить своєю метою відтворення всіх деталей руху, включаючи розвиток процесу в часі. При цьому усереднені значення потоків і розподіл їх по шляхах (ділянках мережі) вважаються відовими і служать вихідними даними для цих моделей. Імітаційне моделювання дозволяє враховувати стохастичний характер функціонування ТП і за допомогою математичних співвідношень, дозволяє одержувати необхідну інформацію про характеристики функціонування ТП.

Прогноз потоків і імітаційне моделювання є напрямками, що доповнюють один одного. До класу імітаційних по їх функціональній ролі можна віднести моделі динаміки транспортного потоку. В моделях цього класу може застосовуватися різна техніка – від імітації руху кожного окремого автомобіля до опису динаміки функції щільності потоку автомобілів на дорозі.

Для динамічних моделей характерна велика деталізація опису руху і, відповідно, потреба у великих обчислювальних ресурсах. Використання цих моделей дозволяє оцінити динаміку швидкості руху, затримки на перехрестях, довжини і динаміку утворення "черг" або "заторів" і інші характеристики руху. Основні області практичного використання динамічних

імітаційних моделей — поліпшення організації руху, оптимізація світлофорних циклів та ін.

Моделі прогнозу потоків і імітаційні моделі ставлять за мету адекватне відтворення транспортних потоків. Існує, проте, велика кількість моделей, призначених для оптимізації функціонування транспортних мереж. В цьому класі моделей розв'язуються задачі оптимізації маршрутів пасажирських і вантажних перевезень, визначення оптимальної конфігурації мережі і ін.

Математичні моделі, що знайшли практичне використання в організації дорожнього руху можна класифікувати:

- залежно від рівня деталізації при описі процесу руху:
 - а) макроскопічні,
 - б) мезоскопічні,
 - в) мікроскопічні;
- за часовими рамками моделювання моделі бувають:
 - а) довгострокові (10 і більше років);
 - б) середньострокові (около 5 років);
 - в) короткострокові (аналіз наслідків заходів найближчих днів, тижнів, місяців);
 - г) оперативні (в реальному масштабі часу);
- залежно від параметрів, що використовуються, моделі носять:
 - а) безперервний характер;
 - б) дискретний характер;
- залежно від підходу моделі діляться на дві групи:
 - а) детерміновані;
 - б) ймовірнісні (стохастичні).

До детермінованих відносяться моделі, в основі яких лежить функціональна залежність між окремими показниками. Стохастичні моделі розглядають транспортний потік як процес ймовірнісний (випадковий);

- залежно від способу отримання результату – операціоналізації - моделі бувають:

- а) аналітичні (де рішення ряду диференціальних рівнянь, що описують систему руху, одержано аналітично (використовуючи числення)),
- б) імітаційні (де послідовні зміни системи руху протягом довгого часу (динаміка простір-час) відтворені (наближені) в моделі).

Аналітичні моделі можуть бути і статичними і динамічними, але звичайно, щоб отримати рішення, обчислюють результат, використовуючи чисельні методи.

Рівні деталізації в імітаційних моделях змінюються від макроскопічного, через мезоскопічний, до мікроскопічного. Макроскопічні моделі описують рух на високому рівні поєднання складових частин (транспортних засобів), як ціле (ТП), тоді як мікроскопічні моделі описують поведінку об'єктів, що становлять потік руху, так само як і їх взаємодію докладно. Мезоскопічні моделі розглядають потік на проміжному рівні деталізації, наприклад описуючи індивідуальні транспортні засоби, але не їх взаємодію.

Моделювання завантаження транспортної мережі для реалізації у складі міських автоматизованих систем управління дорожнім рухом відбувається на макорівні і включає наступні етапи:

- визначення матриць кореспонденцій для кожної пари районів;
- визначення розподілу кореспонденцій по транспортній мережі, тобто вибір шляху руху і об'ємів руху;
- визначення параметрів ТП на мережі на короткостроковий термін.

Поділ на етапи є умовним тому, що вони взаємозалежні і не можуть бути вирішені окремо. Ці моделі призначені для прогнозу кореспонденцій ТП і розрахунку основних усереднених характеристик руху в мережі міста.

Залежно від поставленої задачі моделювання завантаження транспортної мережі використовуються для прогнозування перспективної матриці кореспонденцій на основі даних ємностей відправлення і прибуття у зону, або відновлення існуючих матриць кореспонденцій за даними моніторингу інтенсивності руху на мережі.

Література

1. Введение в математическое моделирование транспортных потоков: учеб. пособие / [А. В. Гасников, С. Л. Кленов, Е. А. Нурминский, Я. А. Холодов, Н. Б. Шамрай]; под ред. А. В. Гасникова. – М.: МФТИ, 2010. – 362 с.
2. Швецов В. И. Математическое моделирование транспортных потоков / В. И. Швецов // Автоматика и телемеханика. – 2003. – №11. – С. 3 – 46.
3. Брайловский Н. О. Моделирование транспортных систем / Н. О. Брайловский, Б. И. Грановский – М.: Транспорт, 1978. – 125 с.
4. Михайлов А. Ю. Современные тенденции проектирования и реконструкции улично-дорожных сетей городов / А. Ю. Михайлов, И. М. Головных. – Новосибирск: Наука, 2004. – 267 с.
5. Лобашов О. О. Моделювання впливу мережі паркування на транспортні потоки в містах / О. О. Лобашов. – Х.: ХНАМГ, 2010. – 170 с.
6. Пржибыл П. Телематика на транспорте / П. Пржибыл, М. Свитек; пер. с чешского О. Бузека и В. Бузковой; под ред. проф. В. В. Сильянова. – М.: МАДИ (ГТУ), 2003. – 540 с.
7. Сильянов В. В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения / В. В. Сильянов. – М.: Транспорт, 1977. – 303 с.
8. Иносэ Х. Управление дорожным движением / Х. Иносэ, Т. Хамада; под. ред. М. Я. Блинкина [пер с англ.]. – М. Транспорт, 1983. – 248 с.
9. Inose H. Road traffic control theory based on a macroscopic traffic model / H. Inose, H. Fujisaki, T. Hamada // Journal of the institute of electrical engineers of Japan. – 1967. – vol. 87. – Pp. 1591 – 1600.
10. Powel W. A probabilistic model of bus route performance / W. Powel, Y. Sheffi // Transportation science. – 1983. – Vol. 17. – № 4. – Pp. 376 – 404.