

ПІДХОДИ ДО МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ МЕРЕЖ ВЕЛИКИХ МІСТ

Л. В. Детковський, студент гр. ТД-55-23
Д. В. Засядько, ст. викл.

Експерименти на реальній вулично-дорожній мережі (ВДМ) є дуже дорогими або неможливими через соціальні, архітектурні та інші причини. Тож ці експерименти доводиться проводити на моделі транспортної мережі конкретного міста.

Нажаль, неможливо створити єдину універсальну модель, яка б годилася для кожного міста, оскільки конфігурація ВДМ та параметри транспортного попиту для кожного міста є свої, тож для кожного міста треба створювати його власну модель ВДМ. Створення моделі транспортної мережі дозволяє «експериментувати» з нею, змінюючи деякі компоненти моделі чи їхні характеристики та оцінюючи результат. Вулично-дорожня мережа зазвичай представляється у вигляді плоского графа за допомогою теорії графів (з прикладної математики) [1]. За цим підходом територія досліджуваного міста розділяється на окремі однорідні «шматочки» - транспортні райони згідно з [1, 2]. Центри транспортного тяжіння транспортних районів та основні перехрестя представляються як вершини графа, а ділянки міських вулиць і проїздів - як дуги (ребра) графа. При мікромоделюванні, коли модель оперує окремими автомобілями як елементами системи, є доцільним представляти окремими ребрами графа всі можливі напрямки руху на перехрестях, а дороги з двостороннім рухом представляти парою ребер. Однак, чим точніше модель ВДМ, тим складніше процес отримання вихідних характеристик кожного елемента моделі, що також ускладнює подальшу роботу з моделлю. Тож в нашій задачі можна вважати доцільним моделювати вулично-дорожню мережу на макрорівні, та оперувати не окремими автомобілями, а транспортними потоками. Закордонні вчені [3, 4] пропонують у якості вершин графа виділяти окремо великі перехрестя (вузли) та окремо центри транспортного тяжіння транспортних районів, які вони називають «центроїди». При цьому вважається, що кожна поїздка (транспортна кореспонденція) починається та закінчується лише у центроїдах. Звісно, транспортна мережа міста не є замкнутою системою, тож всі в'їзди/виїзди з міста також моделюються як специфічні транспортні райони.

Моделювання процесу функціонування транспортної системи як сукупності ділянок ВДМ та транспортних потоків на них вимагає усвідомлення особливостей виникнення, руху та поглинання транспортних кореспонденцій між транспортними районами.

Створення моделі конкретної транспортної мережі є процесом трудомістким та витратним. Однак, коли модель вже створена та перевірена її достатня адекватність реальному стану транспортної мережі міста, то така модель стає важливим інструментом для фахівців з містобудування та

організації дорожнього руху, оскільки така модель дозволяє проведення різних експериментів, які неможливо провести на реальному об'єкті.

В рамках експериментів дослідники можуть вносити в модель нові ділянки вулиць та(або) змінювати параметри існуючих ділянок, додавати нові перехрестя (вершини дорожнього графа). Після цього виконується перерозподілення транспортних кореспонденцій за новими маршрутами, а сума кореспонденцій, що проходять кожною конкретною ділянкою, дає значення інтенсивності транспортного потоку на цій ділянці з урахуванням пропускних спроможностей ділянок. За результатами моделювання можна попередньо оцінити майбутній стан транспортної системи після вжиття тих чи інших проектів з її модернізації.

У подальшій роботі ми приділимо увагу транспортним проблемам саме в центральних частинах міст. Також треба зазначити, що при створенні моделі мережі неможна обмежуватися лише центральною частиною міста, а треба змодельовати все місто, оскільки значна частка транспортних кореспонденцій, що проходять через центр міста, утворюється або поглинається за межами центру [1-4].

Моделювання мережі всього міста доцільніше на макрорівні, коли модель оперує не окремими автомобілями, а цілими транспортними потоками [3-4].

Для моделювання топографічної схеми вулично-дорожньої мережі використовуємо математичні інструменти теорії графів [5]. Граф – це фігура, яка складається з вершин (вузлів) та ребер (дуг), тобто, відрізків ліній, які їх з'єднують. До кожної вершини можна «прив'язати» набір характеристик, якими можна оперувати у подальших розрахунках. Також до кожного «ребра» графа можна «прив'язати» свій набір характеристик, наприклад, вказати довжину «ребра». В нашій задачі вершинами графа будуть великі перехрестя та центри транспортного тяжіння окремих транспортних районів, а параметрами вершин будуть координати перехрестя чи центрів тяжіння, а також параметри транспортного попиту (для центрів тяжіння транспортних районів). Центрами тяжіння можуть бути великі потокостворювальні чи потокопоглинальні пункти (супермаркети, паркінгі, умовні центри житлових кварталів, гаражні комплекси, кінотеатри тощо).

Ребра (дуги) графа представляють собою ділянки міських вулиць та проїздів. Кожна дуга має параметри: довжину, кількість смуг руху, ширину проїжджої частини, швидкість вільного руху, фактичну швидкість транспортного потоку, інтенсивність транспортного потоку, набір обмежень щодо руху транспорту тощо. На деяких перехрестях можуть бути заборонені деякі маневри (розвороти чи повороти у певних напрямках. Це можна представити як частину характеристик вершин графа або як перелік «міні-маршрутів» на графі у вигляді «звідки та куди» заборонено маневр. Однак одного лише графа транспортної мережі недостатньо, бо нас цікавлять не лише вулиці міста, але й транспортні потоки на них. Для моделювання транспортних потоків можна використовувати так звану «гравітаційну модель» розподілення транспортних кореспонденцій на мережі, яка певним

чином схожа на модель гравітаційної взаємодії планет: величина транспортної кореспонденції між конкретною парою транспортних районів в цій моделі прямо пропорційна обсягам відправлення та прибуття для цих районів та обернено пропорційна відстані між ними або часу на пересування. Розрахунки за гравітаційною моделлю також вимагають пошуку маршрутів для реалізації кореспонденцій. Для цього використовуються алгоритми пошуку маршрутів з теорії графів. Звісно, розрахунки за цими алгоритмами доволі громіздкі, тож для цього зазвичай використовують комп'ютери. Зараз існує готове програмне забезпечення для створення імітаційної моделі транспортної мережі. Такою програмою є, наприклад, програма *go_net*, розроблена у ХНАДУ, та більш сучасні програми *Visum* фірми *PTV Vision* або *EMME/2* та інші.

Для спрощення моделювання транспортної мережі протягом часу були запропоновані різні «хитрощі», так, наприклад, українські вчені Е. А. Рейцен та Х. Каддах [6] пропонують свій метод, який ґрунтується на розділенні одного великого графа транспортної мережі на декілька простих, для яких розрахунки не будуть такими громіздкими. Цей метод також не потребує обчислювання матриці кореспонденцій, якщо у вхідних вже даних вказане відсоткове співвідношення транспортних потоків на кожному перехресті мережі. Однак, у цьому швидкість транспортних потоків не моделюється, а самі потоки вважаються однорідними. Цей метод, за словами його авторів, дає можливість моделювати параметри транспортних потоків на існуючій транспортній мережі міста.

Отже, їх метод може бути корисним в задачах оптимізації схеми роботи автоматизованої системи управління дорожнього руху (АСУДР). Але для моделювання транспортних потоків у транспортній мережі, що лише проектується, цей метод непридатний, бо в цьому випадку співвідношення транспортних потоків на перехрестях ще невідоме, оскільки воно змінюється у порівнянні з існуючим станом мережі.

Література

1. Організація та регулювання дорожнього руху: Підручник / О.О. Бакуліч, О.П. Дзюба, В.І. Єресов та ін.; за заг. ред. В.П. Поліщука. – К.: Знання України, 2016. – 467 с.
2. Кужільний І. Л. Методи оцінки ефективності містобудівних заходів з підвищення безпеки дорожнього руху - Київ 2004. - 214 с.
3. Форнальчик Є. Ю. Моделювання транспортних потоків Навчальний посібник / Є. Ю. Форнальчик, В. В. Гілевич, І. А. Могила. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2020. 216 с.
4. Поліщук В. П. Транспортне планування міст / В. П. Поліщук, О. В. Красильнікова, О. П. Дзюба; за заг. ред. В. П. Поліщука.-К.:Знання України, 2014.-371 с.

5. Формальчик Є. Ю. Розвиток науково-прикладних основ управління транспортними потоками. Монографія / Є. Ю. Формальчик, Ю. Я. Ройко, В. В. Гілевич. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2022. 180 с.