

РОЗПОДІЛЕНА СИСТЕМА ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

Статтю присвячено огляду і аналізу систем імітаційного моделювання дорожнього руху. Приведені шляхи подолання недоліків існуючих систем. Доведено необхідність розробки системи моделювання дорожнього руху як розподіленої системи.

The article deals with the description and analysis of different traffic simulation systems. The ways of existing systems drawbacks overcoming are proposed. The necessity of distributed traffic simulation system development is proved in the article.

Вступ

У зв'язку з розвитком економіки, бізнес-структур і зростанням міст збільшується кількість транспортних засобів, що призводить до значних затримок при пересуванні транспорту і як наслідок – до багатомільйонних фінансових втрат і забруднення навколишнього середовища. Транспортні проблеми тісно пов'язані з проектуванням транспортних розв'язок у великих містах, з інфраструктурою міст і з організацією дорожнього руху. Інтегроване розв'язання проблеми можливе лише при застосуванні засобів імітаційного моделювання дорожнього руху і впровадженні комплексу математичних моделей, які орієнтовані на вирішення конкретних задач прогнозування і управління дорожнім рухом. Системи імітаційного моделювання дорожнього руху дозволяють знизити фінансові витрати на вирішення транспортних проблем.

Огляд і аналіз систем імітаційного моделювання транспортних мереж

Існує багато різних систем імітаційного моделювання транспортних мереж. Серед них такі системи, як AIMSUN, PA-RAMICS, AUTOBANK, IHSDM, INTEGRATION, PLANSIM-T, FLEXXYT-II, TRANSIMS, SimTraffic 6, VISSIM, MITSIM та ін.

Розглянемо систему імітаційного моделювання транспортного руху AIMSUN.

AIMSUN – це система моделювання транспортного руху на мікрорівні. Система призначена для моделювання трафіка міських транспортних мереж, автострад і автомагістралей, кільцевих доріг і дорожніх розгалужень. AIMSUN було спроектовано і розроблено як засіб аналізу транспортного руху. В AIMSUN реалізовано детальне моделювання транспортної мережі. Це означає, що поведінка кожного

окремого транспортного засобу в мережі моделюється на кожному кроці протягом всього часу моделювання. Система забезпечує високий рівень деталізації моделі транспортної мережі, розрізняє декілька типів транспортних засобів і водіїв, забезпечує широкий діапазон геометрії мережі для взаємодії. В системі AIMSUN також можуть бути промодельовані ДТП, конфліктні маневри і т.п. Для управління транспортним рухом в AIMSUN використовуються знаки дорожнього руху, адаптивне управління і управління транспортом, що має пріоритет руху (швидка допомога, пожежна служба, міліція і т.п.).

В ядрі моделювання реалізована можливість використання кроку моделювання від 0.1 секунди.

В системі існує можливість моделювання вибору маршруту водієм до початку і під час поїздки. AIMSUN включає чотири різних алгоритми моделювання динамічного вибору маршруту, редактор функції підрахунку вартості проїзду і опцію для визначення вартості проїзду, виходячи з інформації про попередні маршрути. Різні водії будуть використовувати різні критерії вибору маршруту: від постійного вибору того ж самого маршруту до зміни маршруту відповідно до умов руху.

В [2] відмічено, що моделі поведінки транспортних засобів в системі AIMSUN визначаються функціями від декількох параметрів, що дозволяє моделювати рух різних типів транспортних засобів (автомобілів, автобусів, вантажівок і т.д.), які потім можуть бути об'єднані в класи.

Переміщення транспортних засобів реалізовано двома способами: або за заданими маршрутами і відсотковим розподіленням потоку або згідно заданої матриці кореспонденцій. В останньому випадку маршрут визначається

трьома способами: раніше сформованою інформацією, перерахунком маршруту через визначені інтервали часу згідно матриці вартостей і ситуації, що склалась на дорозі, або шляхом динамічного перерахунку маршруту в процесі моделювання.

Поведінка транспортного засобу перевизначається кожною одиницею модельного часу. Для опису моделі поведінки автомобіля використовується модель Гіпса.

Слід зазначити, що в пакеті відсутні обмеження на розмір мережі, але швидкість роботи пакету обмежується обсягом оперативної пам'яті та потужністю процесора.

Розглянемо систему імітаційного моделювання транспортного руху MITSIM. MITSIMLab – це система, що базується на імітаційному моделюванні. Ця система була розроблена для оцінювання впливу альтернатив проектування систем управління рухом на оперативному рівні.

MITSIMLab є синтезом різних моделей і має такі характеристики: надає широкий вибір різних варіантів проектування систем управління рухом, моделює реакцію водіїв на поточну інформацію щодо руху і управляючих сигналів, об'єднує динамічну взаємодію між системою управління рухом і водіями в мережі.

Різні компоненти MITSIMLab об'єднані в такі три модулі:

1) модуль імітаційного моделювання руху на мікрорівні (Microscopic Traffic Simulator (MITSIM));

2) модуль імітаційного моделювання управління рухом (Traffic Management Simulator (TMS));

3) графічний інтерфейс користувача (GUI).

Розглянемо модуль імітаційного моделювання потоку руху (MITSIM). Елементи руху і мережі представляються детально для того, щоб визначити чутливість потоків руху до стратегій управління і маршрутизації. Основними елементами MITSIM є:

1) компоненти мережі: мережа доріг з обладнанням для спостереження і управління рухом представлена на мікрорівні. Мережа доріг складається з вузлів, зв'язків, сегментів (зв'язки розділені на сегменти з однаковими геометричними характеристиками) і рядів;

2) визначення пункту призначення і вибір маршруту руху: модуль імітаційного моделювання руху в якості вхідних даних отримує

таблиці пунктів відправлення і призначення (OD), які залежать від часу. Ці таблиці або являють собою очікувані умови руху, або визначені як частина сценарію для оцінювання. Для визначення вибору маршруту водієм використовується імовірнісна модель вибору маршруту;

3) поведінка водіїв: виходячи з потоків відправлення/призначення визначається намір окремого транспортного засобу увійти в мережу у визначений момент часу. Параметри поведінки (бажана швидкість, ініціативність і т.д.) і характеристики транспортного засобу призначаються кожній комбінації «транспортний засіб/водій».

MITSIM здійснює переміщення транспортних засобів у відповідності до моделей слідування за автомобілем та зміни ряду. Модель слідування за автомобілем визначає реакцію водія на ситуацію на дорозі безпосередньо попереду транспортного засобу, виходячи з відносної швидкості, інтервалу руху та інших обмежень руху. Модель зміни ряду визначає різницю між обов'язковою і необов'язковою зміною ряду. Також моделюються злиття доріг, реакція водіїв на управляючі сигнали руху, обмеження швидкості і аварії.

Розглянемо модуль імітаційного моделювання управління рухом (TMS).

Модуль імітаційного моделювання управління рухом імітує систему управління рухом, що оцінюється. Для оцінки представлено широкий спектр систем управління рухом і маршрутизації, таких як:

1) «лежачий поліцейський» (штучна нерівність для обмеження швидкості транспорту);

2) засоби управління рухом на швидкісній автостраді:

а) знаки для управління зміною ряду;

б) знаки для обмеження швидкості;

с) знаки для позначення в'їзду в тунель;

3) засоби управління рухом на перехрестях;

4) знаки дорожнього руху.

TMS має загальну структуру, яка дозволяє представляти різні проекти систем з логікою різного рівня складності (від визначеної до гнучкої).

Система імітаційного моделювання має інтерфейс, який служить для відображення переміщень транспортних засобів в мережі та динамічних змін швидкості та щільності руху. Графічний інтерфейс користувача (GUI) може використовуватись як для відладки так і для

демонстрації взаємодії учасників руху за допомогою анімації транспортних засобів[5].

Кі Йенг (Qi Yang), один із розробників системи, в [3] вказує, що MITSIM представляє дороги зв'язками, вузлами мережі, сегментами і маршрутами. Дані, які описують мережу, що імітується, зчитуються з мережевої бази даних [4]. Мережева база даних включає опис всіх мережевих об'єктів, з'єднання маршрутів, привілеї використання траси, регулювання розворотів і переміщень на перехрестях (наприклад, заборона лівих поворотів і розворотів), датчиків руху, управляючих пристроїв і пунктів оплати.

MITSIM не може бути використаний для моделювання великих мереж, таких як мережа доріг міста, особливо, якщо обчислювальні ресурси обмежені. Існує багато параметрів, які можуть бути задані користувачем для відображення поведінки водія в різних географічних умовах. Однак, збір даних, їх оцінка і калібровка є трудомісткою задачею. В системі імітаційного моделювання MITSIM мережа, що моделюється, завжди є підмережею. При виникненні затору водій, насправді, може вибрати маршрут, який не моделюється в системі. [6]

Розглянемо систему імітаційного моделювання транспортного руху PARAMICS.

PARAMICS (PARAllel MICROscopic Simulation) (Quandstone Ltd., United Kingdom) – це набір програмних інструментів для моделювання трафіка на мікрорівні. Ця система широко використовується у Великобританії та США. Пакет призначено для моделювання транспортних вузлів в містах (перехрестя, що регулюються правилами пріоритету та світлофорами, транспортні розв'язки і т. д), моделювання перевантажених автострад, оптимізації роботи громадського транспорту, з'їздів з автомагістралей, регулювання маршрутів, світлофорів [2].

Моделюючий модуль системи PARAMICS забезпечує три фундаментальні операції: побудову моделі, імітаційне моделювання трафіка (з 3D візуалізацією) і вивід статистичної інформації з використанням дружнього графічного інтерфейсу користувача. За допомогою моделюючого модуля можуть бути проаналізовані такі елементи транспортної мережі:

- 1) міська мережа і мережа автострад;
- 2) правосторонній і лівосторонній рух;

3) управління рухом за допомогою знаків дорожнього руху;

4) ділянка дороги з круговим рухом;

5) громадський транспорт;

6) паркування машин;

7) ДТП;

8) зміна полоси руху;

9) затори на дорогах.

Поведінка кожного транспортного засобу в транспортній мережі моделюється на кожному кроці протягом всього часу моделювання [7].

В [2] відмічено, що PARAMICS підтримує можливість індивідуального переміщення близько 200000 автомобілів за одиницю часу. Стандартно задано 7 класів транспортних засобів, але користувач може створювати власні транспортні засоби. Вибір маршруту автомобілем визначається заданою таблицею вартостей. У кожного транспортного засобу є заданий інтервал часу (в середньому 1 сек.), через який визначається положення транспортного засобу та його поведінка. Зміна ряду в PARAMICS виконується на основі правил знаходження відповідного інтервалу між автомобілями і з використанням інформації про доступні відповідні інтервали. В пакеті реалізовано алгоритм, який задає рух автомобіля на заданій траєкторії маршруту. Рух регулюється фізичними атрибутами автомобіля і його поточною швидкістю. Також підтримується можливість визначити маршрут згідно з матрицею кореспонденцій.

В PARAMICS реалізовані можливості збору даних статистики і формування звітів щодо аналізу транспортної мережі.

Слід відзначити, що основним обмеженням на розмір мережі і швидкість роботи в пакеті є об'єм пам'яті і потужність комп'ютера.

Розглянемо систему імітаційного моделювання транспортного руху VISSIM.

VISSIM – пакет для моделювання трафіка на мікрорівні. Пакет призначено для аналізу, реінженірингу і оптимізації міських і міжміських транспортних сполучень. Дозволяє моделювати міські перехрестя будь-якого типу регулювання, аналізувати пропускну спроможність транспортних систем і тестувати схеми транзитних пріоритетів. Дозволяє деталізувати схему транспортної мережі, в тому числі переходи, стоянки, зупинки громадського транспорту. В потоці беруть участь всі види транспортних засобів, а також пішоходи [2].

Модель потоку трафіка, що реалізована в Vissim, є дискретною стохастичною моделлю. Модель базується на кроці моделювання, рівному 1 секунді. Модель містить алгоритми зміни ряду, засновані на правилах дорожнього руху. Слідування транспортних засобів один за одним є коливальним процесом. За умови руху в один ряд транспортний засіб, що рухається з більшою швидкістю, наближуючись до транспортного засобу, що рухається з меншою швидкістю, повинен зменшити швидкість. При цьому час реакції водія залежить від різниці між швидкостями транспортних засобів, відстані між транспортними засобами та від моделі поведінки водія. За умови руху по дорозі в декілька рядів транспортний засіб, який наблизився до транспортного засобу, що рухається з меншою швидкістю, перевіряє, чи покращає ситуація після зміни ряду. Якщо так, то транспортний засіб буде шукати підходящі інтервали між автомобілями в сусідніх рядах. Слідування за транспортними засобами і зміна ряду формують модель потоку трафіка, яка є ядром Vissim [6].

В [2] відмічено, що в Vissim реалізовані стандартні типи транспортних засобів (автомобілі, вантажівки, автобуси, трамваї, потяги, мотоцикли, велосипеди). Всі ці види транспортних засобів можна параметризувати (габарити, потужність двигуна, розподілення прискорення та гальмування, вага і т.д.). Користувач може задати свій тип транспортного засобу. Здаються параметри інтенсивності потоку транспортних засобів, його пропорційного складу, графіки роботи світлофорів, імовірності вибору маршруту руху. Підтримується можливість підключення матриці призначень для опису розподілення трафіка.

В пакеті реалізовано модель Відерманна, яка описує поведінку водія за кермом. В ній враховуються психофізичні можливості людини (час реакції, час, необхідний для прийняття рішення в умовах оточуючого середовища і т.д.).

VISSIM надає можливість збору статистичних даних на будь-якій ділянці транспортної мережі і формування звітів, створення презентацій і відеороликів.

В VISSIM реалізовано можливість вибору між різними типами маршрутизації:

1) статична маршрутизація, яка базується на зборі даних про повороти та перехрестя;

2) вільний вибір маршруту з використанням динамічного призначення: модуль динамічного призначення пропонує різні параметри, використовуючи матриці відправлення-призначення, що засновані на меті поїздки та залежать від часу [8].

Розмір мережі не обмежений програмним забезпеченням, однак, Vissim моделює обмежену кількість перехресть, залежно від потужності комп'ютера. Час розрахунку залежить від кількості транспортних засобів, які одночасно знаходяться в транспортній мережі. При зростанні кількості транспортних засобів модельний час може досягти реального часу. Значення розподілень прискорень, максимальної швидкості і бажаної швидкості задані, але можуть змінюватись користувачем.

Модель потоку руху не може бути використана для автоматичного управління рухом, оскільки вона базується на кроці моделювання, що дорівнює 1 секунді. Vissim не включає ніяких алгоритмів вибору пункту призначення; маршрути транспортних засобів є вхідними даними [6].

Постановка проблеми і шляхи її вирішення

Необхідно створити систему імітаційного моделювання дорожнього руху, яка має низку переваг у порівнянні з існуючими системами моделювання транспортних мереж.

Існує багато систем імітаційного моделювання транспортних мереж. Всі вони мають один основний недолік: швидкість роботи і/або розмір транспортної мережі обмежені розміром оперативної пам'яті і потужністю процесора.

Одним із варіантів рішення цієї проблеми є зниження рівня деталізації моделювання, в тому числі використання збільшення розміру кроку моделювання. Це призводить до зниження якості моделі транспортної мережі.

Іншим варіантом рішення цієї проблеми є моделювання лише підмережі транспортної мережі. Однак, це призводить до того, що при виникненні затору водій, насправді, може обрати маршрут, який не моделюється в системі.

Проблеми підвищення швидкості роботи системи, обмеження розміру транспортної мережі і обмеження кількості транспортних засобів можуть бути вирішені шляхом реалізації системи моделювання дорожнього руху як розподіленої системи. Таким чином, вказані

вище проблеми можуть бути вирішені без зниження рівня деталізації моделювання.

Як вказано в [1], швидкість роботи системи залежить від кількості комп'ютерів, які використовуються для моделювання. Розподілені системи мають такі переваги:

1) вартість N комп'ютерів значно нижча за вартість N -процесорного комп'ютера;

2) для збільшення потужності обчислювальної бази, яка використовується при моделюванні, необхідно придбати потрібну кількість комп'ютерів замість заміни багатопроцесорного комп'ютера на більш продуктивний;

3) при виході з ладу одного з комп'ютерів, безперебійна робота розподіленої системи може бути продовжена.

Висновки

В даній статті авторами проаналізовані системи імітаційного моделювання транспортно-го руху, і доведена необхідність розробки системи моделювання дорожнього руху як розподіленої системи. Така система моделювання дозволить моделювати транспортні мережі великих міст з великою кількістю автомобілів, а також скоротити фінансові витрати на забезпечення роботи системи.

Перелік посилань

1. Томашевський В.М., Іванов В.О. Архітектура системи моделювання дорожнього руху. // Інтелектуальні системи прийняття рішень та проблеми обчислювального інтелекту (ISDMCI'2008): Матеріали Міжнародної наукової конференції (19-23 травня 2008г, г. Євпаторія), Том 2, Частина 2, 128 с. – С 82-84.
2. Яцкив І.В., Юршевич Е.А, Колмакова Н.В. Использование возможностей имитационного моделирования для анализа транспортных узлов [Електронний ресурс] // Имитационное моделирование. Теория и практика (ИММОД 2005): Материалы второй Всероссийской научно-практической конференции по вопросам применения имитационного моделирования в промышленности. (19-21 октября 2005 г, Россия, Санкт-Петербург) (<http://www.gpss.ru/immod05/s3/yackiv/>).
3. Qi Yang, A Microscopic Traffic Simulator for Evaluation of Dynamic Traffic Management Systems, [Електронний ресурс] <http://web.mit.edu/qiyang/www/thesis/main.html>
4. Sturdy J.L., Morin T.M. Binary Data Channel: User's Manual. MIT Lincoln Laboratory, Lexington, Massachusetts, 1994
5. <http://mit.edu/its/mitsimlab.html>
6. <http://www.its.leeds.ac.uk/projects/smartest/append3d.html> (Review of Micro-Simulation Models)
7. <http://www.paramics-online.com>
8. <http://www.ptvamerica.com/vissim.html>