

яких обмежень щодо середовища) отримуємо відомі результати [4], які стосуються коливань квазілінійних двовимірних середовищ.

Література

1. Коул Дж. Методы возмущений в прикладной математике. – М.: Мир, 1972. – 272 с.
2. Найфэ А.Х. Методы возмущений. – М.: Мир, 1976. – 456 с.
3. Боголюбов Н.Н., Митропольский Ю.А. Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний. – М.: Наука, 1974. – 501 с.
4. Митропольский Ю.А., Мосеенков Б.И. Асимптотические решения уравнений в частных производных. – К.: ВШ, 1976. – 592 с.
5. Рабинович М.И. Об асимптотическом методе в теории нелинейных колебаний распределенных систем// ДАН СССР. – 1971. – 191, № 6. – С. 1253-1256.
6. Сеник П.М. Про Ateb-функції// Доп. АН УРСР. – 1968, № 1. – С. 23-26.
7. Сеник П.М. Обернення неповної Beta-функції// Укр. мат. журн. – 1969. – 21, № 3. – С. 325-333.
8. Сеник П.М., Смерека И.П., Сокил Б.И. Асимптотический метод и периодические Ateb-функции в теории существенно нелинейных колебаний// В сб.: Асимптотические и качественные методы в теории дифференциальных уравнений. – К.: Изд-во Ин-та математики АН УССР, 1977. – С. 143-156.
9. Сокил Б.И. Об асимптотическом представлении решения одной нелинейной системы при резонансе// Укр. мат. журн. – 1983. – 35, № 3. – С. 390-392.
10. Смерека И.П. Стационарные колебательные процессы в существенно нелинейных автономных системах, возбуждаемых мгновенными силами// Укр. мат. журн. – 1981. – 53, № 1. – С. 112-115.
11. Сокил Б.И. Об асимптотических разложениях краевой задачи для одного нелинейного уравнения с частными производными// Укр. мат. журн. – 1982. – 34, № 6. – С. 803-805.
12. Сокил Б.И. Про один спосіб побудови одночастотних розв'язків для нелінійного хвильового рівняння// Укр. мат. журн. – 1994. – 46, № 6. – С. 782-785.
13. Ліщинська Х.І. Застосування Ateb-функції для дослідження нелінійних коливань одновимірних систем// Вісник Хмельницького НУ. – 2006, № 4. – С. 62-65.
14. Сокил Б.І., Ліщинська Х.І. Асимптотичний метод і періодичні Ateb-функції у дослідженні коливних процесів рухомих нелінійно пружних одновимірних систем// Вісник НУ "Львівська політехніка": Динаміка, міцність та проектування машин і приладів. – 2006, № 556. – С. 57-64.
15. Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. – М.: Наука. – 1977. – 736 с.
16. Сокил Б.І., Ліщинська Х.І. Динамічні процеси в сильно нелінійних двовимірних системах і Ateb-функції у їх дослідженні// Наук. вісник НЛТУ України: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: НЛТУУ. – 2007, вип. 17.5. – С. 213-217.

УДК 517.39:519.872.6

Доц. Р.В. Зінко, канд. техн. наук;
О.М. Маковейчук¹ – НУ "Львівська політехніка"

ПРИНЦИПИ ФОРМУВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ

Запропоновано принципи формування інтелектуальної транспортної системи для великих міст. Зокрема, наведено приклад для міста Львова.

Assoc. prof. R.V. Zinko; O.M. Makoveychuk¹ – NU "L'viv's'ka Politekhnik"

Principle of creating of Intelligent Transportation Systems

There is the Principle of creating of Intelligent Transportation Systems for a big city. Also the example for the Lviv city is represented.

¹ провідний інженер-програміст – ТЗОВ "БІТ" (leading eng. – "BIT" Ltd.)

Забруднення повітряного басейну є ключовим чинником, що негативно впливає на стан природного середовища міста. За даними Всесвітньої організації охорони (ВОЗ), здоров'я від 40 до 50 % захворювань людини у наш час пов'язане зі зміною навколишнього середовища і, передусім, із забрудненням атмосфери [1].

Автомобіль є низьким джерелом, тобто викиди забруднюючих речовин проводяться на рівні дихання людини, що сприяє швидкому проникненню їх до органів дихання і посилює, тим самим, їх шкідливу дію на організм людини. З метою поетапного зниження негативної дії автотранспорту на довкілля в місті варто запропонувати **такі основні напрями**: розвиток транспортної інфраструктури і вдосконалення організації руху; розвиток громадського транспорту; підготовка і поетапне впровадження заходів з реалізації в Львівському регіоні екологічно прийнятних видів моторного палива; вдосконалення системи експлуатації і екологічного контролю автотранспортних засобів, в тому числі і постійний моніторинг викидів шкідливих речовин у центрі міста.

Найперспективнішим на цей час можна вважати розвиток транспортної інфраструктури і вдосконалення організації руху.

Проблеми вулично-дорожньої мережі міста Львова:

1. Особливістю планувальної структури міста, що посилює перевантаження основних транспортних артерій, є розчленована територія міста природними і штучними перешкодами, роз'єднаність житлових районів і недостатність найкоротших прямолінійних транспортних ліній між районами.
2. У місті є низка особливо складних і переобтяжених вузлів, що лімітують пропускну спроможність всієї магістральної мережі, і вимагають негайної реконструкції.
3. Планувальні параметри магістральних вулиць (ширина проїжджої частини, ширина однієї смуги, кількість смуг) не відповідають вимогам СНіП, передбачених для цих категорій і розмірам транспортних потоків.
4. На магістральних вулицях з трамвайним рухом в одному рівні з проїжджою частиною пропускну спроможність знижується через звуження її у зоні зупинних пунктів.
5. Відсутність достатньої кількості організованих автостоянок і використання проїжджої частини вулиць запаркованими автомобілями істотно знижує пропускну спроможність вулиць і погіршує умови руху.
6. Автомобільний транспорт став основним джерелом несприятливої екологічної ситуації в місті, на його частку припадає 70-80 % всіх шкідливих викидів в атмосферу і зашумленості міського середовища.
7. Насичення Центральної частини міста об'єктами загальноміського значення, створення поліфункціональних великих центрів збільшить потік відвідувачів, приведе до зростання транспортних потоків, направлених у Центр міста.
8. Розвиток нових житлових районів (Сихівський, Збоїща, Лисиничі) вимагає передбачити своєчасне формування регульованої вулично-дорожньої мережі.
9. Відсутність матеріалів обстежень, що характеризують фактичну картину завантаження вулично-дорожньої мережі, утрудняє обґрунтоване прогнозування зростаючих транспортних потоків і своєчасне рішення питань оптимальної організації, регулювання і черговості реконструкції і розвитку вулично-дорожньої мережі.

10. Відсутність в місті єдиного Центру з дослідженням і вирішення транспортних проблем, проведенню моніторингу стану умов руху в місті, розрізненість фахівців з транспорту не сприяє якнайшвидшому і професійному рішенню питань розвитку транспортної інфраструктури.

У мегаполісах та великих містах існують плани розвитку міст. Ці плани розраховані на десятиліття, вимагають великих капіталовкладень і не є ефективними, бо не враховують або не точно враховують динаміку росту міста. Плани становлять організаційно без врахування особливостей транспортних потоків.

Останнім часом для більш гнучкого планування міст почали використовувати імітаційне моделювання транспортних потоків [2-6].

Імітаційне моделювання як метод дослідження подібних об'єктів є перспективним підходом до рішення цієї проблеми: воно дає змогу швидко і з задовільною точністю прогнозувати характеристики складних систем подібної природи і оптимізувати істотні параметри, вибираючи відповідні параметри оптимізації.

При рішенні проблеми організації міського руху і управління транспортними потоками в міжнародній практиці широко використовується система Інтелектуальної Транспортної Інфраструктури, яка здатна ефективно управляти існуючою дорожньо-вуличною мережею доріг з урахуванням її густини і пропускної спроможності.

У всьому світі використання Систем Інформаційного Забезпечення Транспорту (Intelligent Transportation Systems, далі ITS) зростає з кожним роком. Під ITS розуміють застосування сучасних технологій зв'язку, управління, комп'ютерного устаткування і програмного забезпечення для поліпшення ефективності і безпеки роботи наземного транспорту.

Використання ITS дає високий позитивний ефект за короткий час з мінімальними витратами і за попередньою оцінкою дає змогу скоротити затримки транспорту на 15-40 %, скоротити об'єм емісії вихлопних газів на 10-28 %, підвищити безпеку руху і понизити вірогідність виникнення заторів.

Для вирішення транспортної проблеми міста Львова необхідно задіяти світовий досвід керування транспортними потоками. Впровадження західних зразків ІТС з використанням супутникового спостереження, аерофотометричного збору та аналізу інформації є дорогим.

За основу варто взяти створення ІТС на основі вітчизняних автоматизованих систем керування дорожнім рухом з використанням імітаційного моделювання для вирішення конкретних дорожніх ситуацій (рис. 1). Розвиток системи автоматизованого управління дорожнім рухом, разом з розробкою комплексної схеми організації руху транспорту у Львові належать до комплексу першочергових робіт з цього напрямку.

Автоматизація управління дорожнім рухом на комп'ютерній основі потребує ефективних математичних моделей транспортних потоків, здатних адекватно прогнозувати стан дорожньої мережі. Для вирішення цієї задачі доцільно використовувати новий клас моделей транспортних потоків – клітинкові автомати [5, 6].

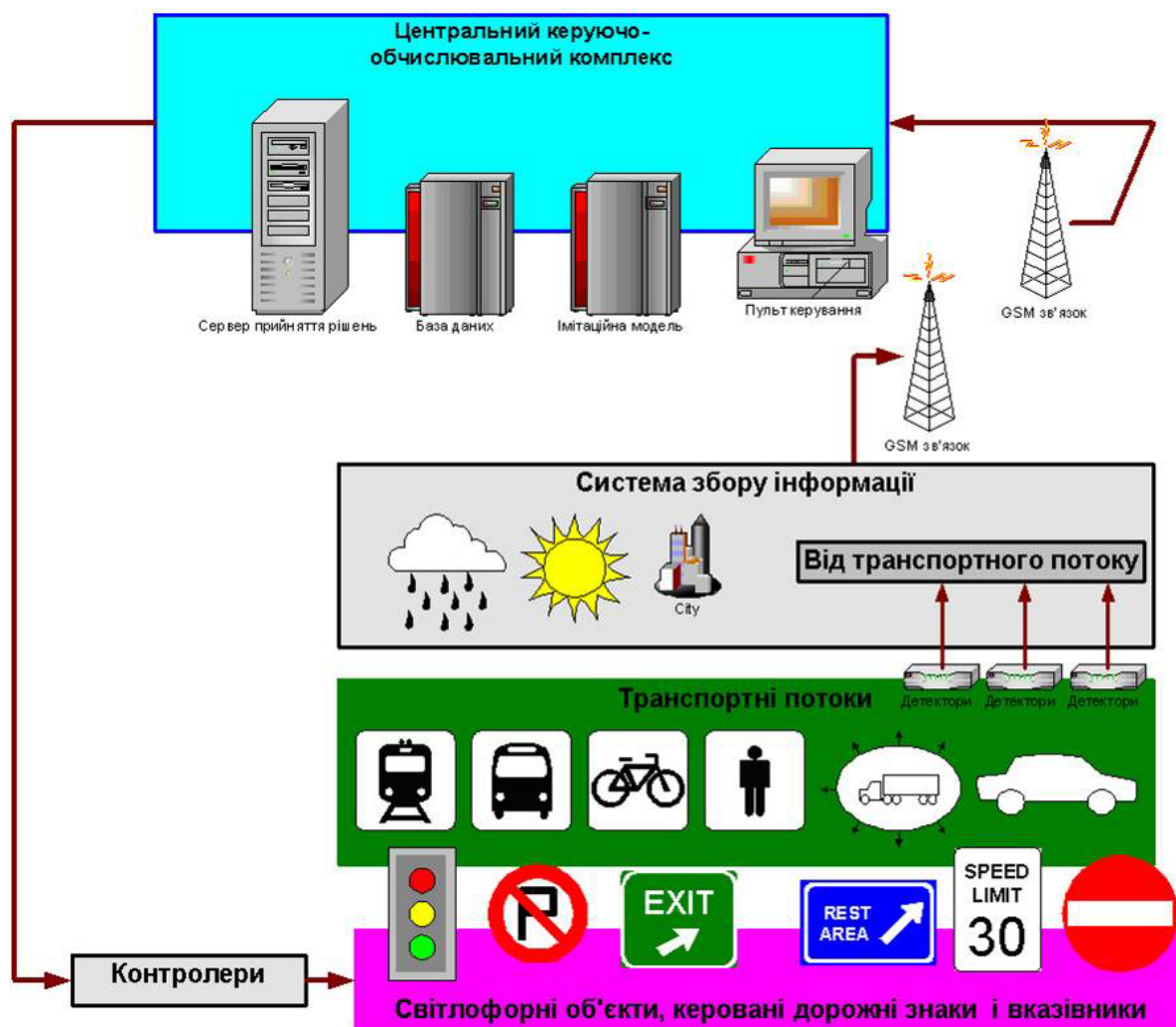


Рис. 1. Принципова схема інтелектуально транспортної системи

Задачі імітаційних моделей такі: моделювання існуючих і прогнозованих транспортних потоків; включення в модель всієї мережі доріг і мережі ліній суспільного транспорту, розробка комплексних транспортних схем; аналіз і оцінка правил й інтенсивності руху; відпрацювання сценаріїв типу "що буде, якщо..."; планування транспортної інфраструктури громадського транспорту; створення платформи для транспортно-інформаційних систем; прогнозування транспортних заторів; оптимізація системи паркування автотранспортних засобів; вибір оптимальної організації руху на перехресті і оцінка пропускної спроможності для кожного варіанту руху; аналіз пропускної спроможності і руху у зоні зупинок з урахуванням пріоритету громадського транспорту; оптимізація роботи сигнальних пристроїв; аналіз "вузьких місць"; порівняння різних варіантів пунктів перетину (круговий рух, регулювання напрямку руху, направляючі сигнальні пристрої і розв'язки); створення правил управління рухом транспортних засобів на автострадах і вулицях.

Для більшої ефективності роботи системи необхідно забезпечити її зв'язок з існуючими геоінформаційними системами масштабу міста. У разі відсутності таких систем необхідно розробляти паралельний проект з їх створення.

ІТС може використовуватися для аналізу ризиків при реконструкції міста (нова забудова, перепланування тощо), даючи незалежні фінансові оцінки пропонованих рішень.

Математична модель опису транспортних потоків. Встановлення закономірностей між різними характеристиками транспортного потоку може бути здійснено методом математичного моделювання та подальшої комп'ютерної симуляції. У моделюванні транспортних потоків розрізняють два основних підходи: макро- і мікроскопічний.

Для побудови MATLAB-програми використовувалась модель, що базується на мікроскопічному підході. Це дало змогу більш детально представити взаємодію автомобілів у транспортному потоці.

Вхідними параметрами моделі є:

- конфігурація робочого поля – задається у вигляді файла bmp-формату, розміром 32×32 піксели;
- матриця розподілу потужностей вихідних потоків – задається у вигляді файла txt-формату;
- кількість тактів моделювання (прийнята рівною 1000);
- параметри наявності (значення змінної `switch_on=1` відповідає наявності, `switch_on=0` – відсутності) і режиму роботи (час перемикання в тактах) світлофорів.

Результатом роботи програми є: оптимальні маршрути руху із точок входу до точок виходу; графік розподілу густини імовірності перебування автомобіля у кожній точці робочого поля; значення середньої густини транспортного потоку; час роботи програми у секундах.

За значенням величини середньої густини транспортного потоку відповідно із завданням користувач може вибирати оптимальне розташування і режими роботи світлофорів, місця паркування та оцінити наслідки проведення ремонтних робіт на дорогах, що призводять до перетину чи звуження транспортних магістралей. Для чого необхідно зробити декілька запусків програми із модифікованими робочими полями.

Структура файлу конфігурації робочого поля. Користувач на основі карти міста (для прикладу взято перехрестя вулиці Личаківської з вулицею І. Мечникова) (рис. 2) формує файл робочого поля.

Фонові області заповнюються білим кольором, області, дороги – чорним кольором. Точки входів позначаються 1 пікселем червоного кольору, точки виходів – 1 піксель синього кольору, світлофори – прямокутниками різних кольорів (маджента або жовтий), що повністю займають перехрестя (рис. 3).



Рис. 2. Ділянка вулиці Личаківської з перехрестям її з вулицею І. Мечникова

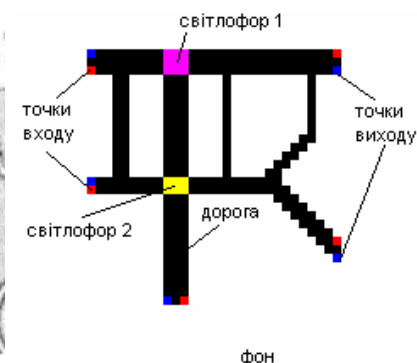


Рис. 3. Приклад робочого поля

Результати роботи програми. На рис. 4, 5 графічно представлено результати комп'ютерного моделювання транспортних потоків для заданого робочого поля і матриці розподілу потужностей вихідних потоків. Аналізуючи результати, представлені на рис. 5, користувач може побачити наявність заторів та кінематичних ударних хвиль у потоці та прийняти рішення про кількість, розташування та режими роботи світлофорів. Перевірити прийняті рішення можна повторним запуском програми та порівнянням величини середнього часу перебування автомобіля на робочому полі, для оптимального варіанту це значення повинно бути *мінімальним*.

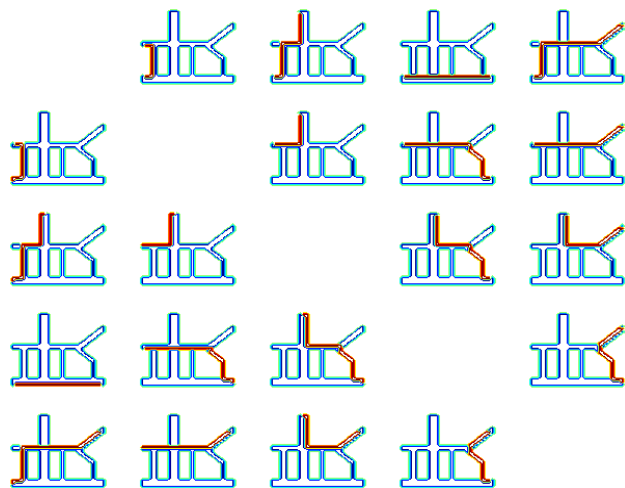


Рис. 4. Приклад розрахунку оптимальних маршрутів руху із точок входу до точок виходу

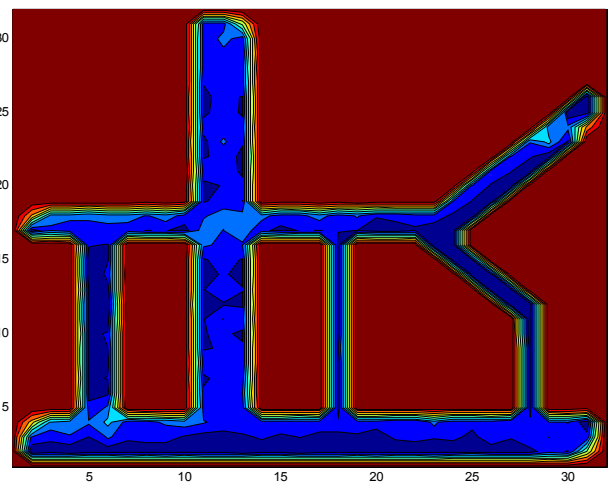


Рис. 5. Приклад графіку розподілу густини імовірності перебування автомобіля на робочому полі

Найперспективнішим напрямком покращання транспортної ситуації на цей час можна вважати розвиток транспортної інфраструктури і вдосконалення організації руху, а також вдосконалення системи експлуатації і екологічного контролю автотransпортних засобів, в тому числі і постійний моніторинг викидів шкідливих речовин у центрі міста. Реалізацією цього напрямку є створення інтелектуальної транспортної системи, яка поєднує новітні технології в області комунікації, комп'ютерних технологій, штучного інтелекту і методів моделювання. Така система дасть змогу також використовувати інформацію про екологічний стан міста для освітньої роботи і пропаганди екологічної культури населення.

Література

1. Дьяконов А.Б., Игнатьев и др. Экологическая безопасность транспортных потоков. – М.: Транспорт, 1989. – 128 с.
2. Брайловский Н.О., Грайновский Б.И. Моделирование транспортных систем – М.: Транспорт, 1978. – 125 с.
3. Kerner B.S., Rehborn H. Experimental Features and characteristics of traffic jams// Physical Review E. – 1996. – Vol. 53, № 2. – R1297-R1300.
4. Сильянов В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения. – М.: Транспорт, 1977. – 303 с.
5. Nagel K. and Schreckenberg M. A cellular automaton model for freeway traffic, J. Physique I 2, 2221 (1992).
6. Маковейчук О.М., Зінько Р.В. Принципи організації анізотропного середовища для клітинкових автоматів// Наук. вісник НЛТУ України: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: НЛТУУ. – 2007, вип. 17.5. – С. 210-213.