

Крайові умови вздовж верхньої та нижньої дуг області інтегрування задаємо з умови $\partial A / \partial r = 0$, а вздовж радіусів $R_1 < r < R_2$, де R_1 ; R_2 – нижній і верхній з них, – з умови сталості магнетного потоку на зубцевому діленні. На внутрішніх границях області інтегрування забезпечується неперервність вектора A . Початкові умови вважаємо відомими з розрахунку попереднього перехідного процесу або задаємо їх нульовими.

Просторову дискретизацію здійснюємо за методом скінченних різниць, а часову – за неявним методом, крім того задача про рухомі зубчасті структури інтегрується зі змінним часовим кроком $\Delta t = \Delta \alpha / \omega (\Delta t)$, причому t підбирається таким чином, щоб уникнути іррегулярних точок на просторовій сітці на межі двох середовищ. Ми розробили відповідні алгоритми та комп'ютерні програми. Результати комп'ютерної реалізації добре узгоджуються з фізикою процесу, а чисельні методи забезпечують стійкість розв'язку.

Наш приклад є своєрідним полігоном для розв'язання проблеми математичної та алгоритмічної реалізації фізичних процесів, які наявні в реальних пристроях. Розв'язання цих проблем є необхідною умовою побудови майбутніх польових математичних моделей і реальних електромеханічних пристроїв.

Розроблена комп'ютерна програма розрахунку електромагнітного поля в рухомих феромагнітних зубчастих структурах, суцільних і ламінованих, на одному зубцевому діленні нерухомої зони може бути використана при побудові польових математичних моделей електромеханічних пристроїв як субпрограма.

Література

1. Чабан В.Г. Математичне моделювання електромеханічних процесів. – Львів, 1997, 340 с.
2. Чабан В.Й., Гушак Р.І. Перехідний електромеханічний процес у диполі рідкого кристала// Математичні методи та фізико-механічні поля. – 1997, № 2, 40. – С. 160-162.
3. Гушак Р., Чабан А., Нечай О., Рабчун Н. Комп'ютація електромагнетного поля в рухомих заструмлених зубчастих структурах// Технічні вісті. – 1998/1(6), 1998/2 (7). – С. 48-50.
4. Чабан В.Й., Гушак Р.І. Колковий О.С. Поведінка векторпотенціалу електромагнітного поля на межі двох середовищ// Технічна електротехніка. – 1997, № 6. – С. 7-9.
5. Чабан В.Й., Дубук В.І. Математичне моделювання електромеханічного стану рідкого кристала// Тези доп. Української конф. "Моделирование и исследование устойчивости систем", Київ. – 1995, 15-19 травня. – С. 120.
6. Чабан В.Й., Гушак Р.І., Ковівчак Я.В. Стимулювання електромагнітного поля зубчастих структур. – 1-st International Modelling School, Krym'96, Rzeszow, 1996. – С. 121-123.

УДК 517.39:519.872.6

Доц. Р.В. Зінько, канд. техн. наук –
НУ "Львівська політехніка"

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРКУВАННЯ У ТРАНСПОРТНІЙ МЕРЕЖІ ВЕЛИКИХ МІСТ

Використання клітинкових автоматів при моделюванні процесів паркування дає змогу визначити доцільність та рівень ефективності запропонованих заходів щодо покращення умов паркування і роботи вулично-дорожньої мережі.

Ключові слова: транспортна мережа, паркування, моделювання, клітинкові автомати.

Research of parking processes in the cities transporting network

The use of cellular automates at the researching of parking processes enables to define expedience and level of efficiency of the offered measures.

Keywords: transporting network, parking, computer modeling, cellular automatas.

Питання керування та оптимізації вулично-дорожнього руху з урахуванням високого рівня автомобілізації, транспортного навантаження для великих міст стають все актуальнішими. Одним з важливих питань, що потребують творчого підходу як з точки зору містобудування, так і з погляду керування вулично-дорожнім рухом є проблема припаркованого транспорту. Автомобілі, що розміщуються будь-де на тротуарах, площах, на окремих ділянках вулично-дорожньої мережі знижують пропускну здатність транспортної системи міста, погіршують умови і безпеку руху, екологічний стан у місті. Проблема паркування автотранспорту є особливо актуальною в центрі міста, який відзначається високою діловою активністю, пов'язаною із значною концентрацією офісів, магазинів, установ, що притягують транспортні та пішохідні потоки. З іншого боку, центр міста належить до старих забудов, які історично не враховували сучасні масштаби автомобілізації і, зокрема, питання паркування транспорту.

Цю актуальну проблему для великих міст та мегаполісів вирішують по-різному. В Римі будують багаторівневі підземні стоянки. В Токію використовують механізовані стоянки, що подібні на гігантські стелажі. В Берліні поряд з великими транспортними вузлами створено спеціальні комплекси, де можна надовго залишити машину.

Але, перш ніж розміщувати паркінги, доцільно змодельовати зміни у вулично-дорожній мережі і переконатися в доцільності та ефективності запропонованих реконструкцій. Одним з варіантів використання існуючих методів моделювання є використання моделювання на основі клітинкових автоматів. Формулювання вихідної моделі Нагеля-Шрекенберга полягає в такому [1]. Нехай x_n і v_n координата і швидкість n -го автомобіля, $dn = x_n + 1 - x_n$ – дистанція до лідируючого автомобіля. Швидкість може набувати одне з $v_{\max} + 1$ допустиме цілочисельне значення $v_n = 0, 1, 2, \dots, v_{\max}$. На кожному кроці $t > t + 1$ стан всіх автомобілів в системі оновлюється за такими правилами:

1. Прискорення. Якщо $v_n < v_{\max}$, то швидкість n -го автомобіля збільшується на одиницю, якщо $v_n = v_{\max}$, то швидкість не змінюється: $v_n > \min(v_n + 1, v_{\max})$.
2. Гальмування. Якщо $dn < v_n$, то швидкість n -го автомобіля зменшується до $dn - 1$: $v_n > \min(v_n, dn - 1)$.
3. Випадкові збурення. Якщо $v_n > 0$, то швидкість n -го автомобіля може бути зменшена на одиницю з ймовірністю p ; швидкість не змінюється, якщо $v_n = 0$: $v_n >> \max(v_n - 1, 0)$.
4. Рух. Кожен автомобіль просувається вперед на кількість комірок, відповідну його новій швидкості після виконання кроків 1-3: $x_n > x_n + v_n$.

Перший крок відображає загальне прагнення всіх водіїв їхати якомога швидше. Другий гарантує відсутність зіткнень з попередніми автомобілями. Елемент стохастичності, що враховує випадковості в поведінці водіїв вноситься на третьому кроці.

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 за 1000); параметри наявності (значення змінної switch_on=1 відповідає наявності, switch_on=0 – відсутності) і режиму роботи (час перимикання в тактах) світлофорів.

Наступним кроком у розвитку концепції клітинкових автоматів моделювання транспортних потоків є використання ансамблю клітинкових автоматів із правилами еволюції, що враховують глобальну інформацію [2]. Використання глобальної інформації дає змогу адекватніше моделювати транспортні потоки. Поряд з тим, все ж за допомогою клітинкових автоматів досить важко змоделювати, наприклад, правосторонній рух транспортних засобів. Тому наступним кроком пропонується для моделювання транспортних потоків використовувати клітинкові автомати спеціальної структури, які діють у модельному Всесвіті, що представляє собою матрицю, кожен елемент якої може перебувати у 4 станах: 0 – заборонено, 1-3 – дозволено [3].

Гнучкість такої моделі дає змогу моделювати різні особливості функціонування вулично-дорожньої мережі, зокрема і процеси паркування.

Для дослідження ділянки транспортної мережі (рис. 1, а) необхідно задати робоче поле (рис. 1, б). Фонові області робочого поля заповнюються білим кольором, області, дороги – чорним. Точки входів позначаються 1 пікселем червоного кольору, точки виходів – 1 піксель синього кольору, світлофори – прямокутниками різних кольорів (маджента або жовтий), що повністю займають перехрестя.

Файл робочого поля і за потреби можна модифікувати за допомогою стандартного графічного редактора Paint. Ім'я файлу повинно задаватись у вигляді тархх.bmp, де хх – номер варіанта мережі, наприклад, тар01.bmp.



Рис. 1. Приклад ділянки вулично-дорожньої мережі а) (чорними лініями наведено вулиці, що формують робоче поле моделі) і відповідного їй робочого поля б):
 1 – місця паркування автомобілів; 2 – запланований паркінг; 3 – місця встановлення світлофорів; 4 – ремонтні роботи; 5 – додаткові об'їзні дороги

Для опису стану вулично-дорожньої мережі використовується файл матриці розподілу потужностей вихідних потоків. Даний файл містить матрицю p , розміром $m \times n$, де кількість рядків m – кількість точок входу, кількість стовпців n – кількість точок виходу транспортного потоку. Елементами матриці є цілі числа в діапазоні 0.100, що розділяються пробілом. Ці числа репрезентують вказані імовірності у відсотках, при чому для кожного i -го рядка матриці повинна виконуватись умова $\sum_i p_{ij} \leq 200$.

Вказаний файл за потреби можна модифікувати за допомогою стандартного графічного редактора Notepad (рис. 2). Ім'я файлу повинно задаватись у вигляді $xx.txt$, де xx – номер варіанта мережі, наприклад, $p01.txt$.

```
0 0 2 100 1
0 0 0 0 0
10 1 0 10 1
100 1 2 0 2
3 3 3 10 0
```

Рис. 2. Приклад задання матриці розподілу потужностей вихідних потоків

Результатом роботи програми є числові масиви, які для зручності представлені графічно (рис. 3).

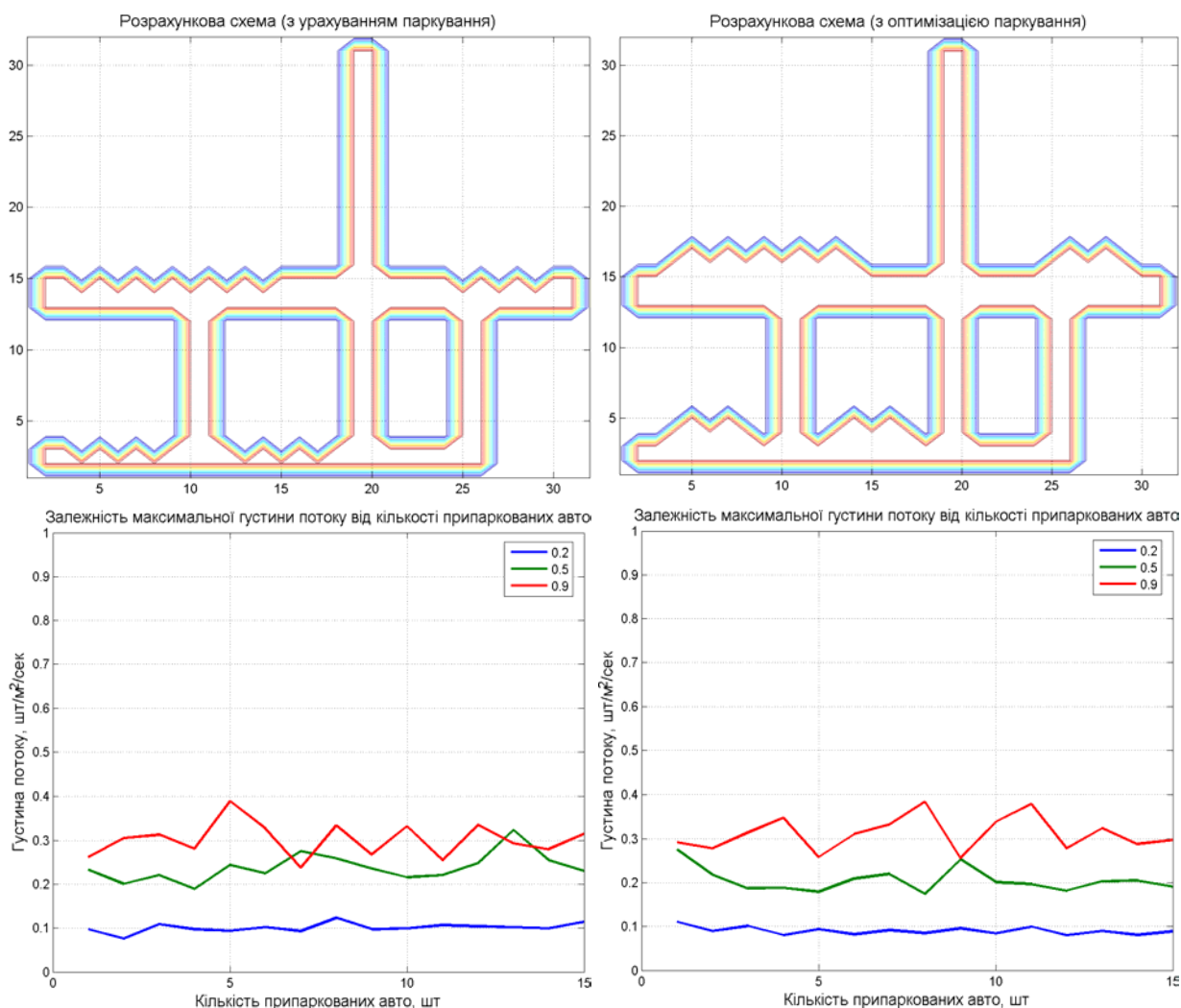


Рис. 3. Графічне представлення результатів моделювання зміни місця паркування автотранспорту

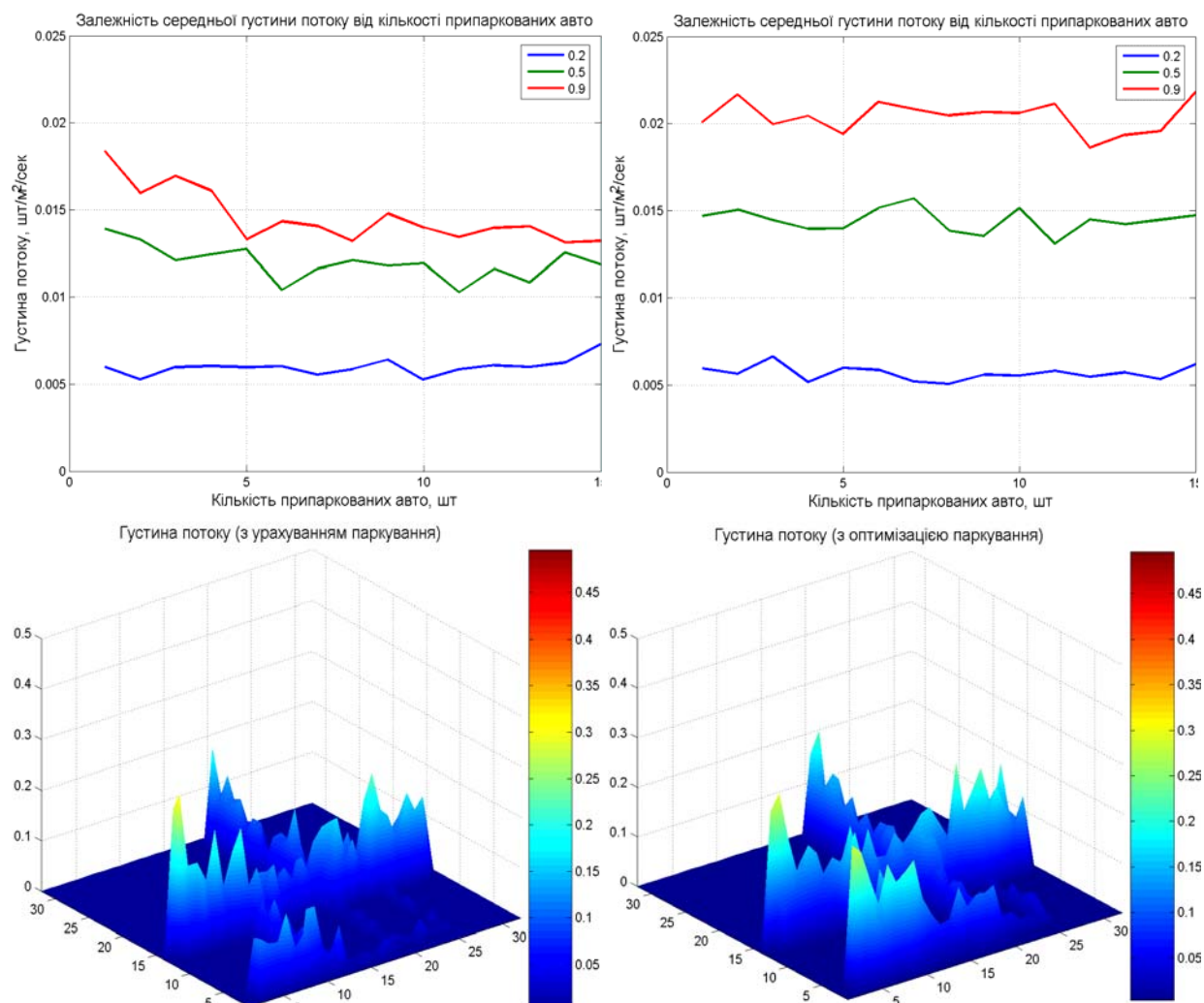


Рис. 3. Графічне представлення результатів моделювання зміни місця паркування автотранспорту (продовження)

Використання комп'ютерного моделювання процесів паркування дасть змогу швидко, ефективно і з урахуванням найрізноманітніших чинників дослідити можливі варіанти покращення. При цьому можна враховувати геометричні розміри місць паркування, характеристики транспортного потоку, особливості вулично-дорожньої мережі.

Літератури

1. Nagel K., Schreckenberg M. A cellular automation model for freeway traffic// J. Phys. in France. – 1992. – Vol. 2. – P. 2221-2229.
2. **Маковейчук О.М.** Моделювання транспортних потоків методами клітинкових автоматів// Наук. вісник НЛТУ України: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: НЛТУУ. – 2007, вип. 17.4. – С. 269-271.
3. **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.