

МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ МЕТОДАМИ КЛІТИНКОВИХ АВТОМАТІВ

Запропоновано для моделювання транспортних потоків використання ансамблю клітинкових автоматів із правилами еволюції, що враховують глобальну інформацію. Результати комп'ютерного моделювання показали ефективність і адекватність запропонованого підходу.

Eng. O.M. Makoveychuk – "BIT" Ltd.

Traffic flow simulation via cellular automata

An ensemble of the cellular automata (CA) for traffic flow simulation was proposed. Evolution rules for CA also consider the global information. Computer simulation shows efficiency and adequacy of the proposed method.

Вступ

Основні теорії транспортних потоків, як макроскопічні (гідродинамічна модель Лайтхілла-Уїзера, модель Гріншїлдса-Грінберга, модель черги Дангазо), так і мікроскопічні (модель "слідкування за лідером", клітинкові автомати) проаналізовано у книжці [1] та оглядових роботах [2, 3]. Класичні, клітинкові автомати (КА) введено в роботі Дж. фон Неймана [4], активні розробки почалися з робіт Вольфрама [5]. Основні концепції КА наведено в [6], систематичний огляд використання КА для аналізу динамічних систем – [7], використання КА для моделювання дорожнього руху – в роботах [8, 9].

Опис моделі

У даній роботі пропонується для моделювання транспортних потоків міста використовувати КА спеціальної структури, що діють у модельному Всесвіті. Стан модельного Всесвіту визначається заданням робочого поля U та законів еволюції.

У нашому випадку модельний Всесвіт представляє собою матрицю, кожен елемент якої може перебувати у 2 станах: 0 – вільно, 1 – зайнято. Найпростіший КА задається як

$$c = \{x, f\},$$

де: x – вектор поточних координат; f – вектор координат точки мети.

Для моделювання транспортних потоків використовується ансамбль КА, що задається у вигляді списку L . До початкових умов належать: конфігурація робочого поля U (граничні умови); множина точок входу (джерел) $\{s\}$; множина точок виходу (стоків) $\{f\}$; матриця ймовірностей переходу $\langle s_m | f_n \rangle$; загальна інтенсивність потоку J .

Закони еволюції модельного Всесвіту:

- 1) З імовірністю $\varphi_{mn} = J \cdot \langle s_m | f_n \rangle$ у незайнятих точках входу створюється новий екземпляр КА і додається до списку, а відповідна точка помічається як зайнята:

$$\forall x \in \{s\}, U(x) = 0 \Rightarrow$$

$$Prob \left(\begin{matrix} \{s_m, f_n\} \uparrow L \\ U(x) = 1 \end{matrix} \right) = \varphi_{mn};$$

- 2) КА, що досягнув заданої точки виходу, вилючається із списку, а відповідна точка помічається як вільна:

$$L = L \downarrow \{x, x\}, U(x) = 0;$$

- 3) КА рухається в найближчу (на відстані 1) незайняту точку оптимального маршруту сполучення $w(x \rightarrow f)$ (за умови, що такий існує), при цьому початкова точка помічається як вільна, а кінцева – як зайнята:

$$w = w(x \rightarrow f), \|w\| > 0, x' = w(1),$$

$$U(x') = 0 \Rightarrow \begin{pmatrix} U(x) = 0 \\ U(x') = 1 \\ x' = x \end{pmatrix};$$

(оптимальним вважається *найкоротший 4-зв'язний маршрут*, його можна знайти за допомогою хвильового алгоритму [10]).

Використовуючи описану модель, можна прораховувати величину і динаміку транспортних потоків і для нестационарних конфігурацій.

Результати моделювання

Моделювання проводилося засобами MATLAB 7.0.1 [10]. Результати представлено на рисунку. Цікавою є наявність *кінематичних хвиль* в районі перехрестя (що вказує на адекватність моделі), видно також нерівномірність потоку поблизу узбіч дороги.

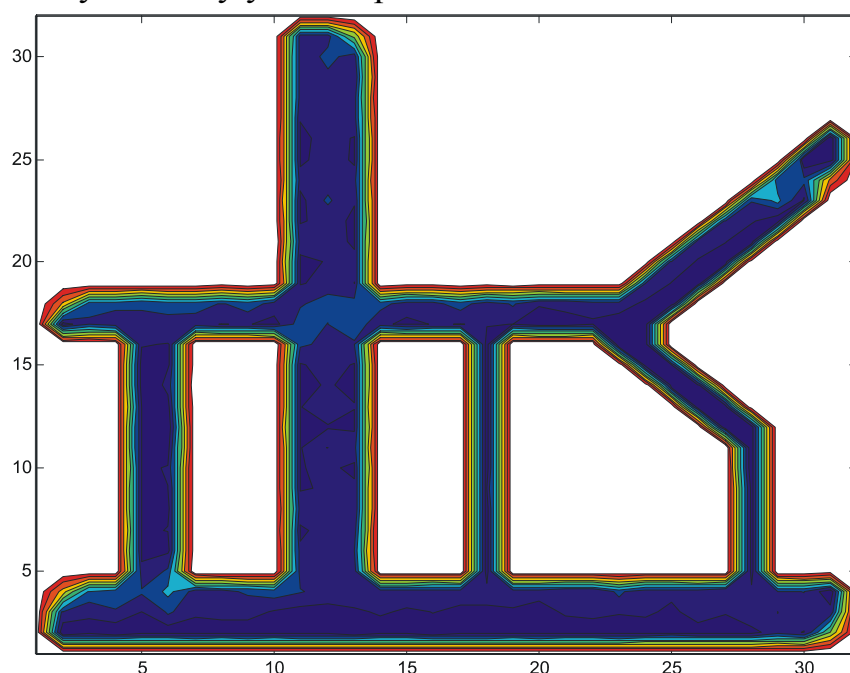


*Рис.
Розрахункова густина
транспортного
потoku*

Висновки

У даній роботі вперше запропоновано спеціальну структуру ансамблю КА і законів їх еволюції для моделювання транспортного руху. Основною

особливістю пропонованої моделі є врахування *глобальної* інформації (на стадії пошуку оптимального маршруту) на відміну від стандартних *локальних* правил.

Результати комп'ютерного моделювання показують, що дана модель, незважаючи на її простоту, дає змогу адекватно описувати динаміку транспортних потоків міста.

У подальшому доцільно врахувати двосторонність руху, розмітку, додаткові елементи керування рухом, такі як світлофори тощо.

Література

1. Хейт Ф. Математическая теория транспортных потоков. – М.: Мир, 1966. – 286 с.
 2. Семенов В.В. Смена парадигмы в теории транспортных потоков// Препринт. – Ин-та прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. – 2006, № 46. – 64 с.
 3. Семенов В.В. Математическое моделирование транспортных потоков мегаполиса// Препринт. – Ин-та прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. – 2004, № 34. – 72 с.
 4. Neumann, von J. Theory of Self-Reproducing Automata (Urbana: University of Illinois Press, 1966).
 5. Wolfram S. Rev. Mod. Phys. 55 601 (1983).
 6. Тоффли Т., Марголус Н. Машины клеточных автоматов: Пер. с англ. – М.: Мир, 1991. – 280 с.
 7. Ванг В.К. Исследование динамических систем методами клеточного автомата// УФН, т.169, № 5. – С. 481-505.
 8. Nagel K. and Schreckenberg M., A cellular automaton model for freeway traffic, J. Physique I 2, 2221 (1992).
 9. Barlovic R., Santen L., Schadschneider A. and Schreckenberg M., Metastable states in cellular automata for traffic flow, Eur. Phys. J. B 5, 793 (1998).
 10. Zhan, F.B. and Noon, C.E. 1998. Shortest Path Algorithms: An Evaluation Using Real Road Networks. Transportation Science 32, 1 (Jan. 1998), 65-73.
 11. www.matlab.com
-