

2. Мысовских И.П. Интерполяционные кубатурные формулы. – М.: Наука, 1981. – 336 с.
3. Сегерлинд Л. Применение метода конечных элементов. – М.: Мир, 1979. – 392 с.
4. Eisenberg M.A., Malvern L.E. On Finite Elements Integration in Natural Coordinators, Intern. J. for Numerical Methods in Engineering, 1973, Vol. 7, pp. 574-575.

УДК 517.39: 519.872.6

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

## ВИКОРИСТАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ПРИ ОЦІНЦІ ЙМОВІРНОСТІ ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНИХ ПРИГОД

Використання клітинкових автоматів при моделюванні дорожньо-транспортних пригод (ДТП) дає змогу вираховувати ймовірність виникнення пригоди у кожній точці дороги з урахуванням перебування в цій точці автомобіля. При використанні комп'ютерного моделювання на основі принципів клітинкових автоматів можна сформувати віртуальну статистичну базу залежно від найрізноманітніших чинників, що спричиняють ДТП на заданому перехресті.

*Assist. prof. R.V. Zinko – NU "L'vivs'ka Politekhnika"*

### The computer modeling of origin of road accident

The cellular automata for modeling of road accidents enables to calculate the probability of origin of accidents in every point of the road. The stay of a car in this point is taken into account. At the computer modeling on the basis of principles of cellular automata a virtual statistical base is formed. It takes the most various road factors on the set crossing into account.

У різних галузях науки і техніки зростає роль математичних методів дослідження складних систем і процесів їх функціонування. Загальновизнано, що зі всіх керованих процесів, що вивчаються на основі статистичних даних, найскладніші протікають в економічних і соціальних системах, до яких належить система забезпечення безпеки дорожнього руху.

Останнім часом питання забезпечення безпеки дорожнього руху різко загострилася, зросли вимоги до якості аналізу і підготовки пропозицій з прийняття управлінських рішень. Тому для оброблення, аналізу та інтерпретації великих обсягів початкової інформації використовують математичні моделі, що отримуються на основі методів багатовимірної оброблення даних та статистичних даних.

Серед математичних моделей, які формуються на основі оброблення статистичних даних, можна відзначити моделі для прогнозування [1]. Прогнозування в управлінні системою забезпечення безпеки дорожнього руху дає змогу [2]:

- проаналізувати тенденції розвитку стану аварійності і оцінити стан аварійності в майбутньому;
- виявити показники і чинники, що найбільш істотно впливають на стан аварійності;
- кількісно оцінити ступінь цього впливу;
- визначити можливі зміни у структурі аварійності в майбутньому і спрогнозувати основні напрями роботи зі забезпечення безпеки дорожнього руху;
- виявити різні альтернативи дій для досягнення поставленої мети, а також сформувати самі цілі;
- обґрунтувати управлінські рішення щодо оптимального розподілу наявних сил, засобів, фінансових і матеріальних ресурсів.

Останнім часом для більш гнучкого планування міст почали використовувати імітаційне моделювання транспортних потоків. Перспективним напрямком є моделювання на основі принципів клітинкових автоматів [3-6]. Таке моделювання дає змогу задіювати елементи прогнозування при моделюванні різноманітних дорожніх ситуацій. Причиною цьому є генератор випадковості появи наступного автомата в наперед визначених точках входу у досліджуваний елемент дорожньої інфраструктури. У випадку багатократного моделювання нагромаджується певна статистика протікання подій на досліджуваному перехресті. Для реалізації принципів клітинкових автоматів використовували середовище MATLAB.

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 файлу bmp-формату, розміром 32×32 піксели;
- матриця розподілу потужностей вихідних потоків – задається у вигляді файлу txt-формату;
- кількість тактів моделювання (прийнята рівною 1000);
- параметри наявності (значення змінної `switch_on = 1` відповідає наявності, `switch_on = 0` – відсутності) і режиму роботи (тривалість перимикання 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;
- тривалість 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.

Користувач на основі карти міста (для прикладу взято перехрестя міста Львова в районі Винниківського ринку (рис. 1)) формує файл робочого поля (рис. 2).

Фонові області заповнюються білим кольором, області, дороги – чорним кольором. Точки входів позначаються 1 пікселем червоного кольору, точки виходів – 1 пікселем синього кольору, світлофори – прямокутниками різних кольорів (маджента), що повністю займають перехрестя. Зони паркування автомобілів позначаються жовтим кольором, а перспективні місця під розширення для майданчиків паркування – салатовим кольором, місця створення додаткових об'їзних доріг – сірим кольором.

Користувач за потреби може модифікувати робоче поле за допомогою стандартного графічного редактора Paint. Ім'я файлу повинно задаватись у вигляді **mapxx.bmp**, наприклад, **map01.bmp**.



**Рис. 1. Досліджуване перехрестя на карті міста**

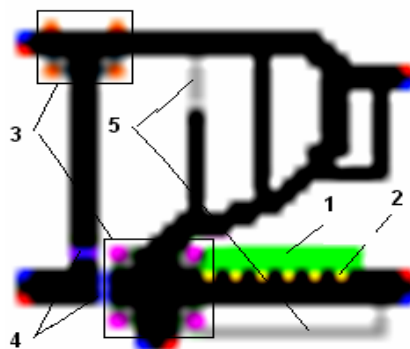


**Рис. 2. Приклад робочого поля:**  
1 – місця паркування автомобілів;  
2 – запланований паркінг; 3 – місця встановлення світлофорів; 4 – ремонтні роботи; 5 – додаткові об'їзні дороги

Цей 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 у діапазоні 0.10, що розділяються пробілом. Ці числа репрезентують вказані імовірності у десятках відсотків, причому для кожного  $i$ -рядка матриці повинна виконуватись умова

$$\sum_j p_{ij} \leq 200.$$

Користувач формує вказаний файл (рис. 3) і за потреби модифікує його за допомогою стандартного графічного редактора Notepad. Ім'я файлу повинно задаватись у вигляді **pxx.txt**, наприклад, **p01.txt**.

|     |     |    |     |    |
|-----|-----|----|-----|----|
| 0   | 5   | 0  | 100 | 10 |
| 0   | 0   | 10 | 10  | 40 |
| 50  | 100 | 0  | 10  | 10 |
| 100 | 0   | 0  | 0   | 2  |
| 0   | 0   | 0  | 0   | 0  |

**Рис. 3. Приклад задання матриці розподілу потужностей вихідних потоків**

Нижче, на рис. 4-6 графічно представлено результати комп'ютерного моделювання транспортних потоків для заданого робочого поля і матриці розподілу потужностей вихідних потоків. Для прикладу взято перехрестя в місті Львові з постійною високою інтенсивністю дорожнього руху в районі Винниківського базару. За мету ставилося дослідження імовірності виникнення ДТП на досліджуваному перехресті. Особливістю роботи програми є те, що ймовірність виникнення пригоди вираховується у кожній точці дороги з урахуванням можливості перебування в цій точці автомобіля.

Вважаємо, що імовірність ДТП залежить від густини транспортного потоку і визначається за нормальним законом розподілу

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2},$$

де  $x = \sqrt{S}$ ;  $S$  – густина потоку;  $\sigma$  – середньоквадратичне відхилення;  $\mu$  – середнє значення.

Початковими даними для розрахунку є внесені у комп'ютерну програму геометричні розміри проїжджої частини перехрестя, існуюча тепер схема

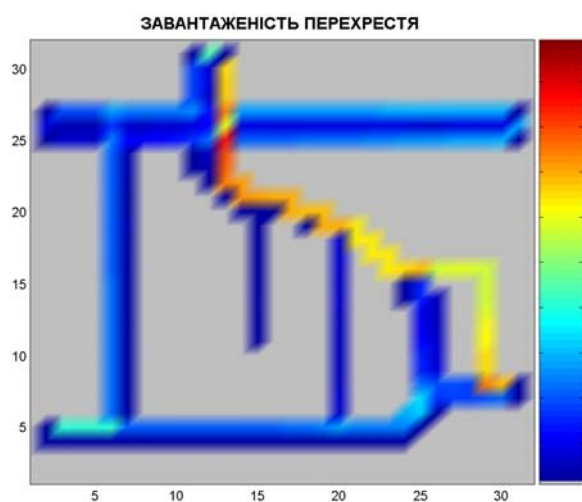


*Рис. 4. Завантаженість перехрестя транспортними потоками*

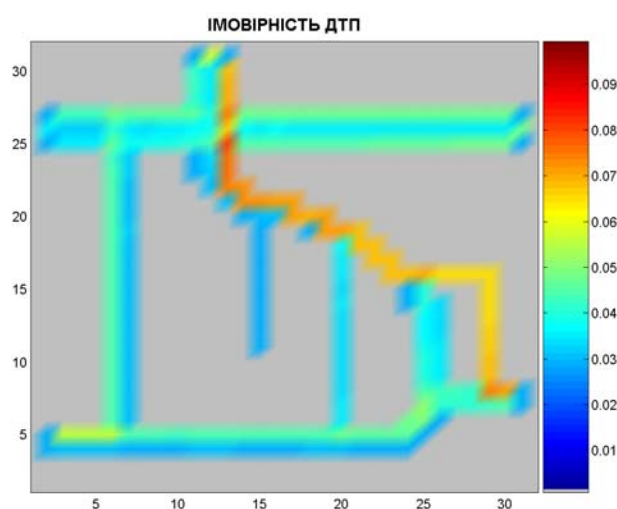
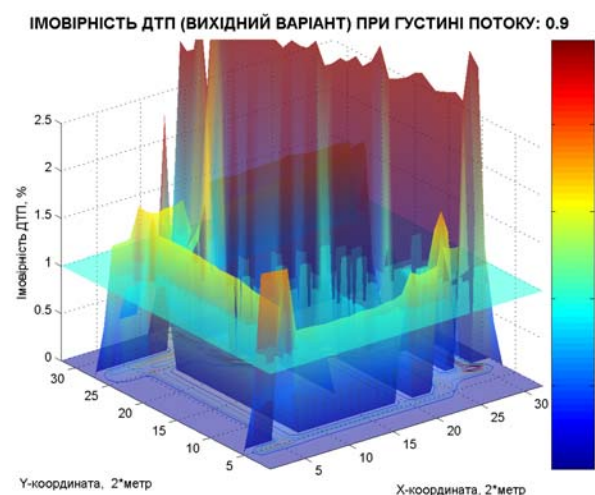
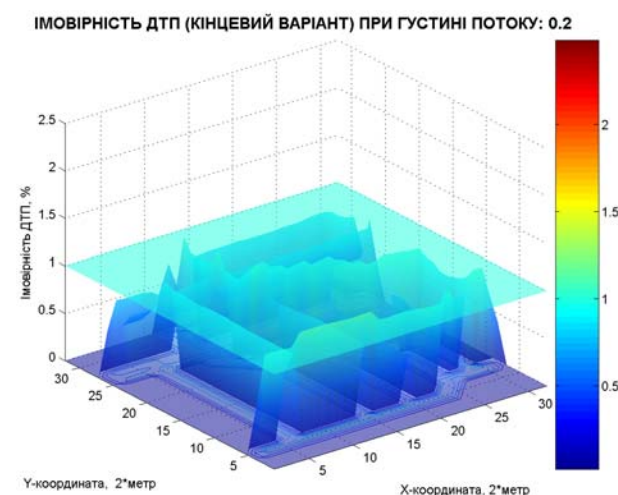


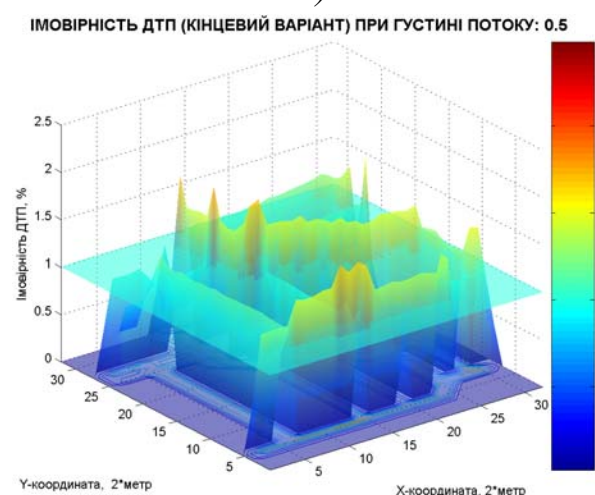
*Рис. 5. Імовірність виникнення ДТП при існуючій схемі перехрестя*



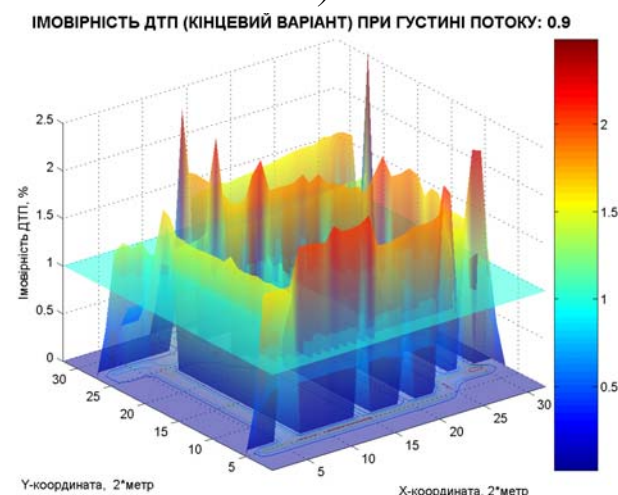
а)



б)



в)



г)

*Рис. 6. Імовірність виникнення ДТП при різних густинах транспортного потоку на перехресті*

руху на перехресті. Вхідними є величини вихідних на перехрестя транспортних потоків. Ці значення вводяться пропорційно від сумарного потоку з урахуванням можливих напрямків руху автомобілів. Кількість автомобілів, що

рухалися через перехрестя, підраховували в час "пік", після чого у пропорціях записували в матрицю, наведену на рис. 3.

Для оцінки запропонованих заходів з організації дорожнього руху використовуються такі критерії, як завантаженість перехрестя транспортним потоком, імовірність виникнення ДТП, гістограма завантаженості перехрестя.

У випадку роботи комп'ютерної програми, під завантаженістю перехрестя розуміють кількість автомобілів на одиницю площі за одиницю часу. Імовірність ДТП – відношення середньої кількості ДТП на до повної кількості автомобілів (на одиницю площі за одиницю часу).

Для наочнішої візуалізації отриманих результатів та полегшення подальшого аналізу всі результати відображаються за допомогою графіків та гістограм.

Використання комп'ютерного моделювання при оцінці ймовірності ДТП дає змогу більш ширше і повніше оцінити картину виникнення таких пригод. Використання клітинкових автоматів при моделюванні ДТП дає змогу вираховувати ймовірність виникнення пригоди у кожній точці дороги з урахуванням перебування в цій точці автомобіля. Існуючі методи після пасивного нагромадження реальної статистичної інформації з певною достовірністю передбачають протікання процесу в майбутньому. При використанні комп'ютерного моделювання на основі принципів клітинкових автоматів можна сформувати віртуальну статистичну базу залежно від найрізноманітніших чинників, що спричиняють ДТП на заданому перехресті. Можна дослідити вагову частку кожного чинника і запропонувати покращення, підтвердивши їх комп'ютерним експериментом.

### Література

1. Хейс Д. Причинный анализ в статистических исследованиях. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 255 с.
2. Волошин Г.Я., Мартынов В.П., Романов А.Г. Анализ дорожно-транспортных происшествий. – М.: Транспорт, 1987. – 240 с.
3. Хейт Ф. Математическая теория транспортных потоков. – М.: Мир, 1966. – 287 с.
4. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими. – М.: Транспорт, 1972. – 424 с.
5. 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.
6. Зінько Р.В., Маковейчук О.М. Принципи формування інтелектуальної транспортної системи// Наук. вісник НЛТУ України: Зб. наук.-техн. праць. – Львів: НЛТУУ. – 2007, вип. 17.6. – С. 280-285.

УДК 66.684

*Проф. В.М. Кисленко, д-р хім. наук; аспір. Н.Л. Максимів –  
НУ "Львівська політехніка"*

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЗАЛЕЖНОСТІ БІОМАСИ ТА ВЕЛИЧИН ХІМІЧНОГО СПОЖИВАННЯ КИСНЮ ВІД КІЛЬКОСТІ МІКРООРГАНІЗМІВ

Запропонована математична модель залежності біомаси та величини хімічного споживання кисню (ХСК) від кількості вегетуючих бактерій при аеробному та ультразвуковому окисненні. Кінетична модель описує зміну кількості клітин в одиниці об'єму біомаси як функцію концентрації біомаси та величини показника ХСК. Експериментальні і теоретичні значення зміни ХСК та біомаси добре збігаються між собою.