

11. РД 52.04.253-90 «Методика прогнозування масштабів зараження сильнодіючими ядовитими речовинами при аваріях (разрушеннях) на хімічно небезпечних об'єктах і транспорті».
12. Смирнов С.А.. Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций мирного и военного времени. Учебное пособие. Звенигород – 2006. – С. 295.
13. Стандарт МЭК «Техника анализа надежности систем. Метод анализа вида и последствий отказов». Публикация 812 (1985 г.). Москва – 1987. – С. 23.
14. Хенли Е. Дж., Кумамото Х. Надежность технических систем и оценка риска. Пер. с англ. Под ред. В.С. Сыромятникова. Москва. Машиностроение. 1984 г. – С. 528.

УДК 614. 84

Тарасенко О.А., канд. техн. наук, докторант, УЦЗУ

МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВИХІДНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБЛАСТЕЙ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

(представлено д-ром техн. наук Кривцовою В.І.)

Запропоновано нові математичні моделі для опису границь картографованих об'єктів та їх властивостей, що задані в межах границь. Моделі можуть застосовуватися при створенні географічних інформаційних систем для подолання наслідків НС

Постановка проблеми. При моделюванні динаміки областей ряду надзвичайних ситуацій (НС) необхідно враховувати вплив деяких техногенних та природних факторів: топографію місцевості, розміщення та геометрію споруд, вітер, просторовий розподіл рослинності, її пірологічні властивості тощо [1]. Кількісні значення цих чинників є функцією просторових змінних, що задані на областях зі складною геометрією. В загальному випадку має місце декілька складних геометричних областей, на кожній з яких задано свою функціональну залежність. Наприклад, такі властивості рослинного матеріалу, як вологість, запас і т.д., що безпосередньо впливають на розповсюдження лісової пожежі, залежать від рельєфу місцевості і обмежені границями лісового виділу [2-3].

В цих межах значення природних характеристик мають неперервний розподіл, в зв'язку з чим швидкість і напрям точки границі області пожежі неперервно змінюється, що призводить до відповідної зміни форми крайки і обумовлює складність моделювання її динаміки [4]. Наявність в зоні НС об'єктів, що мають контрастні властивості, - наприклад, ліс та воднева поверхня, вимагають адекватного опису цих властивостей у відповідних їм геометричних межах.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Існують декілька підходів в моделюванні природних чинників на прямокутній картографованій області Ω . Один з них задає значення природного чинника у вигляді функції двох змінних $F_{\Omega}(x; y)$, що задана на всій області Ω . В цьому випадку геометрична границя чинника співпадає з границею карти. Прикладом таких моделей може слугувати [5]. Даний спосіб не підходить для опису реальної оперативної обстановки і може слугувати лише для побудовання моделей впливу того чи іншого чинника на динаміку області пожежі.

Інший спосіб - ґраткований, - більш адекватно описує природні чинники, - задає стале (середнє) значення фактору на кожній регулярній клітинці і використовується в деяких геоінформаційних системах (ГІС) і моделях [6-8]. В цьому випадку опис геометричних границь того чи іншого об'єкта задається наближено в залежності від щільності просторової ґратки, а перехід від однієї клітинки до сусідньої призводить до стрибка значення чинника.

В сучасних ГІС застосовується більш складний алгоритм триангуляції [9-10], що дозволяє задавати значення чинника на трикутних нерегулярних ґратах. При цьому забезпечується неперервність значення чинника в межах його області, але оскільки при цьому застосовується лінійна апроксимація чинника, то не забезпечується гладкість отриманої поверхні. Даний прийом застосовується, перш за все, для моделювання рельєфу місцевості.

Серед існуючих моделей відсутні такі, що надають можливість функціонально задавати значення чинника в межах його границь.

Постановка завдання та його вирішення. Необхідно створити математичну модель області Ω на якій задано чинники $F_{\Omega^i}(x; y)$, ($i = 1 \dots I$), кожний з яких задано на області Ω^i , такий що

$\bigcup_{i=1}^I \Omega^i(x, y) \bigcup_{i=1}^I \tilde{\Omega}^i(x, y) = \Omega$. Необхідно, щоб в межах границі $\tilde{\Omega}^i$ області Ω^i чинник $F_{\Omega^i}(x; y)$ був неперервним разом зі своєю похідною.

Основний матеріал дослідження. Границі об'єктів або областей утворюють полігони – неопуклі, в загальному випадку, багатокутники (можливо криволінійні), що визначаються координатами вершин.

Опис границь можна здійснити декількома способами. Найбільш поширений – у вигляді замкненої ломаної (тобто лінійними сплайнами). При цьому порушується гладкість границі в вершинах ломаної. Уникнути цього недоліку можна застосувавши поліноміальну (кубічну) сплайн-інтерполяцію. В обох випадках задання границі полігону у неявному або параметричному вигляді є більш зручним, ніж у явному.

Розглянемо спочатку опис границь полігонів (на прикладі лісових виділів (рис. 1)) в вигляді ломаної лінії (рис. 2).

Основою моделі реального об'єкту є векторизована карта проєкцій I полігонів на площину XOY у вигляді масиву A вершин, що занумеровані в додатному напрямку обходу для кожного з виділів

$$A = \begin{bmatrix} [[x_1^1, y_1^1], [x_2^1, y_2^1], \dots, [x_{J(1)-1}^1, y_{J(1)-1}^1], [x_{J(1)}^1, y_{J(1)}^1]] \\ [[x_1^2, y_1^2], [x_2^2, y_2^2], \dots, [x_{J(2)-1}^2, y_{J(2)-1}^2], [x_{J(2)}^2, y_{J(2)}^2]] \\ \dots \quad \dots \quad \dots \quad \dots \\ [[x_1^I, y_1^I], [x_2^I, y_2^I], \dots, [x_{J(I)-1}^I, y_{J(I)-1}^I], [x_{J(I)}^I, y_{J(I)}^I]] \end{bmatrix}, \quad (1)$$

де I - кількість виділів; $[x_j^i, y_j^i]$ - j -а вершина ($j = 1 \dots J(i)$) границі i -ого виділу ($i = 1 \dots I$); $J(i)$ - кількість вершин на границі i -ого виділу. Зауважимо, що в силу замкненості границі виділу перша і остання точки для кожного виділу повинні співпадати, тобто $[x_1^i, y_1^i] = [x_{J(i)}^i, y_{J(i)}^i] \forall i = 1 \dots I$.

Позначимо i -ий полігон - виділ як Ω^i , а його границю як $\tilde{\Omega}^i$ ($i = 1 \dots I$).

Задамо кожну з прямих, на якій лежить j -ий відрізок ломаної – границі i -ого полігону у вигляді нормального орієнтованого рівняння прямої [11]

$$f_j^i(x, y) \equiv \frac{1}{\sqrt{(x_{j+1}^i - x_j^i)^2 + (y_{j+1}^i - y_j^i)^2}} \begin{vmatrix} x & y & 1 \\ x_j^i & y_j^i & 1 \\ x_{j+1}^i & y_{j+1}^i & 1 \end{vmatrix} = 0. \quad (2)$$



Рис. 1 - Карта лісових горючих матеріалів

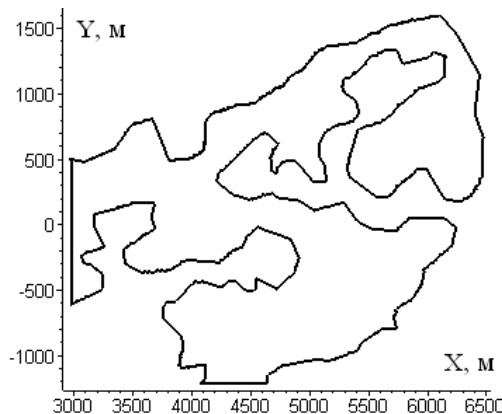


Рис. 2 – Границя і-ого полігону

Тоді використання R-операцій [11] $a \vee b \equiv (a + b + |a - b|)/2$; $a \wedge b \equiv (a + b - |a - b|)/2$ дозволяє задавати границі $\tilde{\Omega}^i$ довільного неопуклого полігону.

В цьому випадку легко зв'язати множину внутрішніх точок Ω^i , як

$$\tilde{\Omega}^i(x, y) < 0. \quad (3)$$

Задамо двомісний предикат

$$\eta_{\Omega^i}(x; y) = \begin{cases} 1, & \text{якщо } \tilde{\Omega}^i(x, y) \leq 0; \\ 0, & \text{якщо } \tilde{\Omega}^i(x, y) > 0. \end{cases} \quad (4)$$

Утворюючи вираз

$$F_{\Omega^i}(x, y) = F^i(x, y) \cdot \eta_{\Omega^i}(x, y), \quad (5)$$

для довільної функції $F^i(x, y)$, що задана на всій області Ω , отримаємо можливість задавати дану функцію на області Ω^i .

В випадку завдання I полігонів Ω^i на області Ω , з $F_{\Omega^i}(x, y)$ чинником на кожному з них, функція вигляду

$$F_{\Omega}(x, y) = \sum_{i=1}^I F^i(x, y) \cdot \eta_{\Omega^i}(x, y) \quad (6)$$

дозволяє однозначно задати чинник на всій області Ω .

Недоліком цього методу є громіздкість завдання границі полігону за допомогою R-операцій.

Більш економним є метод, що ґрунтується на положенні, що довільний промінь перетинає границі багатокутника парну кількість разів, якщо його початок міститься зовні багатокутника, та непарну, якщо всередині [12] (рис. 3).

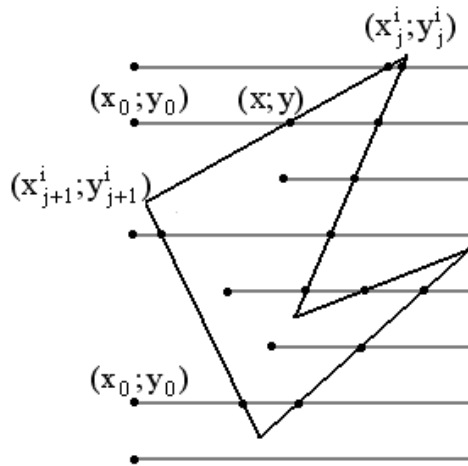


Рис. 3 – Взаєморозташування променя і багатокутника

Оберемо для визначеності горизонтальний промінь з початком в точці $(x_0; y_0) \in \Omega$. Рівняння j -ої сторони i -ого багатокутника, що поєднує вершини $(x_j^i; y_j^i)$ і $(x_{j+1}^i; y_{j+1}^i)$ ($j = 1 \dots J(i)$, $i = 1 \dots I$) задамо рівнянням (2). Точка $(x; y)$ перетину проміню і цієї сторони має координати $(x = f_j^i(x, y_0); y = y_0)$. Перетин матиме місце в випадку виконання умов

$$\begin{cases} \min(x_j^i, x_{j+1}^i) < x \leq \max(x_j^i, x_{j+1}^i); \\ x < x_0; \\ \min(y_j^i, y_{j+1}^i) < y_0 \leq \max(y_j^i, y_{j+1}^i). \end{cases} \quad (7)$$

Введемо індикатор перетину в вигляді

$$m_j^i(x_0; y_0) = \begin{cases} 1, & \text{якщо виконано (7);} \\ 0, & \text{якщо не виконано (7).} \end{cases} \quad (8)$$

Тоді величина

$$M^i(x_0; y_0) = \sum_{j=1}^{J(i)-1} m_j^i(x_0; y_0) \quad (9)$$

визначає кількість перетинів променя з початком в поточній точці $(x_0; y_0)$ всіх границь i -ого багатокутника.

Введемо ще один предикат

$$\mu_{\Omega^i}(x_0; y_0) = \begin{cases} 1, & M^i(x_0; y_0) = 2k + 1; \\ 0, & M^i(x_0; y_0) = 2k, \end{cases} \quad k \in \mathbb{N}. \quad (10)$$

Змінимо позначення в (10) $x_0 \rightarrow x; y_0 \rightarrow y$ та підставляючи в (4)-(5) замість $\eta_{\Omega^i}(x; y)$ вираз $\mu_{\Omega^i}(x; y)$, розв'яжемо поставлену задачу ще одним способом.

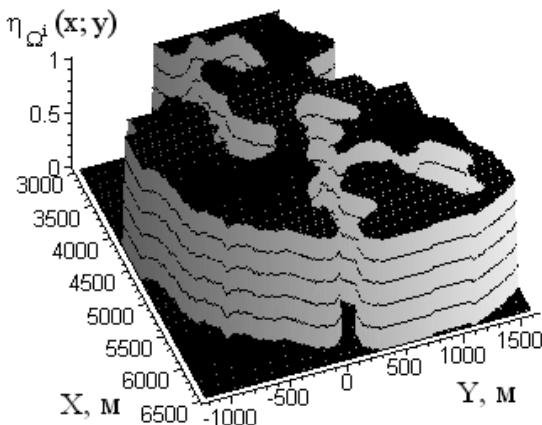


Рис. 4 - Графік виразу (4)

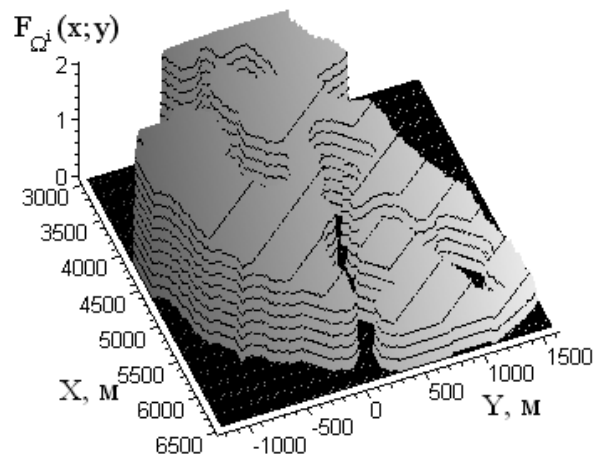


Рис. 5 – Графік виразу (5)

Окрім завдання границь полігону в неявному вигляді, в деяких випадках зручно задавати їх параметрично

$$\tilde{\Omega}^i(t) = \begin{cases} X^i = X^i(t) \\ Y^i = Y^i(t) \end{cases}, \quad (11)$$

де $t \in [t_1; t_{J(i)}]$ - параметр. Функції $X^i(t)$ і $Y^i(t)$ задаються у вигляді сплайнів, при цьому в якості параметра можна використовувати номер точки j . Тоді

$$\tilde{\Omega}^i(t) = \begin{cases} \tilde{\Omega}_1^i(t), & 1 \leq t < 2; \\ \dots & \\ \tilde{\Omega}_{J(i)-1}^i(t), & J(i) - 1 \leq t < J(i); \end{cases} \quad (12)$$

Вираз для кожного зі сплайнів може бути як лінійним, так і поліноміальним.

В випадку лінійного завдання (11), маємо

$$\tilde{\Omega}_j^i(t) = \begin{cases} X_j^i(t) = x_j^i + (t - j)(x_{j+1}^i - x_j^i); \\ Y_j^i(t) = y_j^i + (t - j)(y_{j+1}^i - y_j^i). \end{cases} \quad (13)$$

Вираз (13) задає опис границь полігона у вигляді замкненої ломаної лінії.

Забезпечити гладку границю полігону можна в випадку поліноміального (кубічного) завдання кожного зі сплайнів [13]. В цьому випадку

$$\tilde{\Omega}_j^i(t) = \begin{cases} X_j^i(t) = x_j^i + \sum_{k=1}^3 C_{xj}^{ik} (t - j)^k; \\ Y_j^i(t) = y_j^i + \sum_{k=1}^3 C_{yj}^{ik} (t - j)^k, \end{cases} \quad (14)$$

де коефіцієнти C_{xj}^{ik} і C_{yj}^{ik} ($i = 1 \dots I$; $j = 1 \dots J(i)$; $k = 1, 2, 3$) знаходяться з рішення системи лінійних рівнянь нерозривності сплайн-функції, її першої і другої похідних в вузлах інтерполяції [14]

$$\begin{cases} X_j^{i(k)}(j+1) = X_{j+1}^{i(k)}(j+1); \\ Y_j^{i(k)}(j+1) = Y_{j+1}^{i(k)}(j+1), \end{cases} \quad j = 1 \dots J(i) - 2; \quad k = 0; 1; 2 \quad (15)$$

доповненої умовами періодичної зшивки в крайніх точках

$$\begin{cases} X_{J(i)-1}^{i(k)}(J(i)) = X_1^{i(k)}(n_1); \\ Y_{J(i)-1}^{i(k)}(J(i)) = Y_1^{i(k)}(n_1), \end{cases} \quad k = 0, 1, 2, \quad (16)$$

де (k) – k -а похідна.

В сукупності (14) – (16) утворюють $6 \times (J(i) - 1)$ лінійних рівнянь відносно такої ж кількості невідомих коефіцієнтів. Відповідно, дана система має єдине рішення і, таким чином, границя i -го полігону може бути задана двома матрицями коефіцієнтів $\|C_{xj}^{ik}\|$ и $\|C_{yj}^{ik}\|$, де $j = 1 \dots J(i) - 1$; $k = 1, 2, 3$.

Для функціонального завдання значення чинника в межах параметрично заданих границь полігону необхідно задати внутрішню область полігону. В цьому випадку альтернативою виразу (5) є вираз, що засновано на інтегралі Коші [14]

$$\begin{aligned} \oint_{\tilde{\Omega}^i(t)} \frac{1}{z - z_0} dz &= \oint_{\tilde{\Omega}^i(t)} \frac{d(x + iy)}{x - x_0 + i(y - y_0)} = \\ &= \left| \begin{array}{l} x = X(t); x_0 = x \\ y = Y(t); y_0 = y \end{array} \right| = \int_1^J \frac{X'(t) + iY'(t)}{X(t) - x + i(Y(t) - y)} dt = \\ &= \sum_{j=1}^{J-1} \int_j^{j+1} \frac{X'_j(t) + iY'_j(t)}{X_j(t) - x + i(Y_j(t) - y)} dt = \begin{cases} 0, & (x; y) \notin \tilde{\Omega}^i(t); \\ 2\pi i, & (x; y) \in \tilde{\Omega}^i(t). \end{cases} \end{aligned}$$

Тоді конструкція вигляду

$$\frac{F^i(x; y)}{2\pi i} \sum_{j=1}^J \int_j^{j+1} \frac{X'_j(t) + iY'_j(t)}{X_j(t) - x + i(Y_j(t) - y)} dt = \begin{cases} 0, & (x; y) \notin \tilde{\Omega}^i(t); \\ F^i(x; y), & (x; y) \in \tilde{\Omega}^i(t). \end{cases} \quad (17)$$

забезпечує ще один розв'язок поставленої задачі.

До переваг параметричного завдання границь полігону слід віднести можливість отримання не тільки проєкцій, але й ліній в просторі, - наприклад, при зображенні тривимірних полігонів на поверхні рельєфу $Z(x, y)$ - динамічних областей ландшафтних пожеж. Також, на відміну від явного способу завдання, параметричне забезпечує можливість опису контурів будь якої складності.

Висновки. Запропоновано нові способи завдання границь об'єктів та властивостей об'єктів в цих границях. Наведені моделі в подальшому можуть будувати застосовані для створення ГІС-прогнозу динаміки областей НС.

ЛІТЕРАТУРА

1. Подрезов Ю.В., Шахраманьян М.А. Методологические основы прогнозирования динамики чрезвычайных лесопожарных ситуаций. – М.: ВНИИ ГОЧС, 2001. – 266 с.
2. Абрамов Ю.А., Тарасенко А.А. Формирование априорной информации для систем ликвидации последствий чрезвычайной ситуации // Проблемы надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. УЦЗ України. Вип. 6. – Харків: УЦЗУ, 2007.- С. 11-22.
3. Yang J. Spatially Explicit and Stochastic Forest Landscape Model of Fire Disturbance and Succession. PhD dissertation. University of Missouri – Columbia, 2005. - 140 p.
4. Дорпер Г.А., Курбатский Н.П. Математические модели лесных пожаров: Основные понятия, классификация, требования. Прогнозирование лесных пожаров. Красноярск: ИЛИД СО АН СССР, 1978. - С. 5-25.
5. Калиновский А.Я., Созник А.П. Модель распространения ландшафтного пожара с учетом изменения влажности горючего материала. Научный вестник строительства: Сб. науч. тр. – Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2005. – Вип. 31. – С. 291-295.
6. Finney M. "FARSITE: Fire Area Simulator-Model Development and Evaluation". Res. Pap. RMRS-RP-4. Ogden. UT: U.S. Department of Agriculture. Forest Service. Rocky Mountain Research Station, 1998. - 47 p.
7. Дорпер Г.А. Математические модели динамики лесных пожаров. – М.: Лесная промышленность, 1979. – 161с.
8. Воробьев О.Ю., Валендик Э.Н. Вероятное множественное моделирование распространения лесных пожаров. Новосибирск: Наука, СО АН СССР, 1978. – 160 с.
9. Варфоломеев И.В., Ермакова И.Г., Савельев А.С. Алгоритмы и структуры данных геоинформационных систем. Красноярск: КГТУ, 2003. - 34 с.
10. Скворцов А.В., Костюк Ю.Л. Применение триангуляции для решения задач вычислительной геометрии // Геоинформатика:

- Теория и практика. Вып. 1. Томск: Изд-во Том. ун-та, 1998. С. 127-138.
11. Рвачев В.Л. Теория R-функций и некоторые ее приложения. – Киев: Наукова думка, 1982. – 552 с.
 12. Препарата Ф., Шеймос М. Вычислительная геометрия: Введение. М.: Мир, 1989, 478 с
 13. Алберг Дж., Нильсон Э., Уолш Дж. Теория сплайнов и ее приложения. – М.: Мир, 1972. – 316 с.
 14. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. – М.: Наука, 1981. – 718 с.

nuczu.edu.ua

УДК 614. 8

*Тесленко А.А., канд. физ.-мат. наук, доц., УГЗУ,
Михайлюк А.П., канд. хим. наук, проф., УГЗУ,
Олейник В.В., канд. техн. наук, нач. каф., УГЗУ*

К ВОПРОСУ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ВЫБРОСА ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ПРИ АВАРИЯХ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТАХ

(представлено д-ром хим. наук Калугиным В.Д.)

Предпринята попытка использовать возможности имитационного моделирования для прогнозирования последствий выброса опасных химических веществ при авариях на промышленных объектах

Постановка проблемы. На Украине и, в особенности, в восточной ее части сконцентрированы крупные промышленные предприятия, на территории которых содержатся значительные запасы химически опасных веществ (ХОВ). Кроме этого высокая плотность населения приводит к тому, что склады опасных веществ и другие объекты с их наличием часто находятся в непосредственной близости от жилых построек. Все это обуславливает возрастание угрозы жизни и здоровью населения, проживающему вблизи от этих предприятий. В связи с этим при оценке риска техногенных аварий важное значение имеет оценка величины последствий аварий и ущерба наносимого ими окружающей среде.