УДК 519.681

П.А. ПОНОМАРЬОВ, НТУ «ХПІ», Харків, Україна
Л.Г. РАСКІН, д-р техн. наук, проф., НТУ «ХПІ», Харків, Україна

Математичне забезпечення задачі керування перевезеннями при ліквідації наслідків техногенних катастроф

Техногенні катастрофи в багатьох випадках супроводжуються викидами в атмосферу небезпечних забруднюючих речовин, які поширюються в приземному просторі під впливом природних факторів. При цьому динаміка рівня забруднення в кожній конкретній точці на місцевості описується нестаціонарним, що розвиваються у часі процесом. Адекватна модель цього процесу має бути врахована при вирішенні задачі управління перевезеннями в умовах зараження місцевості, яка поширяться на ряд підзадач.

Підзадача 1. Побудова математичної моделі розповсюдження в атмосфері хмари забруднюючих речовин. Аналіз багатьох відомих моделей цього процесу призводить до доцільності використання гаусом моделі, яка має вигляд [1]:

$$N(x,y,r,t)=\frac{M}{2\pi kt\sqrt{1-r^2(t)}}\exp\left\{-\frac{1}{2\pi kt\left(1-r(t)\right)^2}\left[\left(x-m_x(t)\right)^2-\right.\right.$$
$$\left.\left.-2r\left(x-m_x(t)\right)\left(y-m_y(t)\right)+\left(y-m_y(t)\right)^2\right]\right\}, \qquad (1)$$

де M - маса викиду, $m_x(t)=m_x^{(0)}+V_x t$, $m_y(t)=m_y^{(0)}+V_y t$, $r(t)=r_0+\mu t|<1$, k - коефіцієнт турбулентної дифузії,

t - час, що минув від моменту викиду, $\left(m_x^{(0)},m_y^{(0)}\right)$ - координати викиду, $\left(V_x,V_y\right)$ - компоненти вектора швидкості вітру.

Підзадача 2. Побудова функції, яка описує динаміку зміни рівня забруднення в конкретній точці на місцевості з координатами (x_0,y_0). Цю функцію часу t легко отримати з (1), зафіксувавши координати точки і параметри процесу [2].

$$f(t)=N(x_0,y_0,r_0,t) \qquad (2)$$

Підзадача 3. Розрахунок накопиченої дози небезпечних речовин при русі по заданому маршруту. С використанням (2) розраховується значення рівня зараження в заданій точці в будь-який момент часу. Нехай маршрут з т. *A* в т. *B* складений з послідовно подоланих ділянок, з'єднаних точками $\left\{(x_1,y_1),(x_2,y_2),...,(x_n,y_n)\right\}$. Для кожної ділянки з урахуванням його довжини, ступеня пошкодження траси, завалів і т.п. визначається тривалість шляху по цій

ділянці [3,4]. Потім відповідно до обраної послідовністю подолання ділянок може бути розрахований набір моментів часу, відповідних закінченню їх проходження $(T_1, T_2, ..., T_n)$ за умови, що рух було розпочато в момент T_0. При цьому для конкретної ділянки $[(x_i, y_i); (x_{i+1}, y_{i+1})]$ за час $[T_i, T_{i+1}]$ отримувана доза зараження обчислюється за наступною наближеною формулою

$$R_{i,i+1} = \int_{T_i}^{T_{i+1}} (a_0 + a_1 t) dt,$$

$$a_0 = \frac{f(x_1, y_1, T_1) \cdot T_2 - f(x, y, T) \cdot T_1}{T_2 - T_1}, a_1 = \frac{f(x_2, y_2, T_2) - f(x_1, y_1, T_1)}{T_2 - T_1} \quad (3)$$

Загальна накопичена доза при подоланні місцевості по заданому маршруту розраховується підсумовуванням доз для окремих ділянок з використанням (3).

Підзадача 4. Рішення завдання маршрутизації. Для заданих наборів пунктів зосередження автотранспорту, призначеного для транспортувань постраждалих, і пунктів їх госпіталізації складається матриця, елемент якої з координатами (k_1, k_2) визначає дозу зараження, одержувану при проходженні шляху від пункту k_1 до пункту k_2 по найбільш безпечного з точки зору зараження маршруту. Розглянуто методику розрахунку елементів цієї матриці. Потім вирішується власне завдання маршрутизації.

Список літератури:

1. *Чернявский, С.А.* Математическая модель процесса распространения в атмосфере газовых загрязнителей при различных погодных условиях. sibac.info/index.php/2009_07_01_10_21

2. Модели рассеивания примеси. ru.wikipedia.org/wiki/модели_рассеивания_примеси

3. *Ильина, Ю.В.* Моделирование процессов распространения вредных примесей в атмосфере. ДонНТУ, – 2013.

4. *Заводник, В.В.* Системный анализ процессов распространения вредных примесей в атмосфере. ISSN 1681-6048 System Research & Information Technologies, – 2004. - № 4.