

*Соболь О.М., канд. техн. наук, докторант, УЦЗУ*

## **ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ КІЛЬКОСТІ ПОСТІВ КОНТРОЛЮ З УРАХУВАННЯМ ПОРОГУ СПРАЦЬОВУВАННЯ ТА ПОХИБКИ ВИМІРЮВАННЯ ДАТЧИКІВ**

(представлено д-ром техн. наук Комяк В.М.)

В роботі наведено метод раціонального розбиття заданої території на райони функціонування постів контролю з урахуванням порогу спрацьовування та похибки вимірювання датчиків

**Постановка проблеми.** На теперішній час велике значення для захисту населення від негативного впливу надзвичайних ситуацій різного характеру має моніторинг довкілля. Так, наприклад, навіть при нормальній роботі АЕС [1] до навколишнього середовища потрапляють газо-аерозольні та рідинні відходи під час організованих та неорганізованих викидів до атмосфери та водоймищ, при цьому тривалість та потужність викиду радіоактивних забруднень може значно змінюватися, а поля забруднень характеризуються значною довжиною. Все це призводить до зниження точності розрахункового моніторингу. Тому, разом із розрахунковими та прогностичними методами паралельний розвиток почали отримувати ідеї вимірювального моніторингу [2], які разом з методами короткострокового прогнозування використовуються як основа для оцінки стану навколишнього середовища [1].

Таким чином, існує проблема удосконалення системи збору, передачі й обробки інформації. Актуальність даної проблеми підтверджується тим, що в Національній доповіді про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2006 році зазначено: проблемним є функціонування морально і фізично застарілої державної системи моніторингу довкілля. До основних недоліків існуючої системи моніторингу слід віднести:

- недостатню кількість постів спостережень;
- відсутність обґрунтованості їх розміщення;
- нерегулярність вимірювань;
- обмеженість складу вимірюваної екологічної інформації;
- неоперативність її отримання.

Однією із задач, розв'язання якої сприятиме вирішенню зазначеної проблеми, є задача раціонального розбиття територій на райони функціонування постів контролю.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Норми радіаційної безпеки України викладено в [3]. В роботі [4] наведено методику обробки інформації, що надходить від нерегулярної сітки датчиків. При цьому для відтворення поля забруднення по даних від датчиків використовується регулярна сітка, в зв'язку з чим похибка отриманої інформації від постів контролю збільшується (за рахунок перетворення нерегулярної сітки до регулярної). Таким чином, задачу раціонального розміщення постів контролю доцільно розв'язувати методами регулярного розбиття точкових множин на підмножини, що не перетинаються. В роботі [5] наведено методи раціонального розбиття неперервних точкових множин, але ці методи неможливо застосувати для розв'язання зазначеної задачі.

**Постановка завдання та його вирішення.** Розглянемо постановку задачі раціонального розбиття територій на райони функціонування постів контролю.

Нехай задано множину розбиття  $S_0$ , яка може бути однозв'язною, багатозв'язною та незв'язною. Існує стаціонарне точкове джерело забруднення, причому поле забруднення описується неперервною на заданій множині функцією. У якості вхідної інформації також розглядається наступна:

1. Технічні характеристики датчиків:

- поріг спрацьовування датчика,  $p$ ;
- похибка вимірів,  $\varepsilon_m$ .

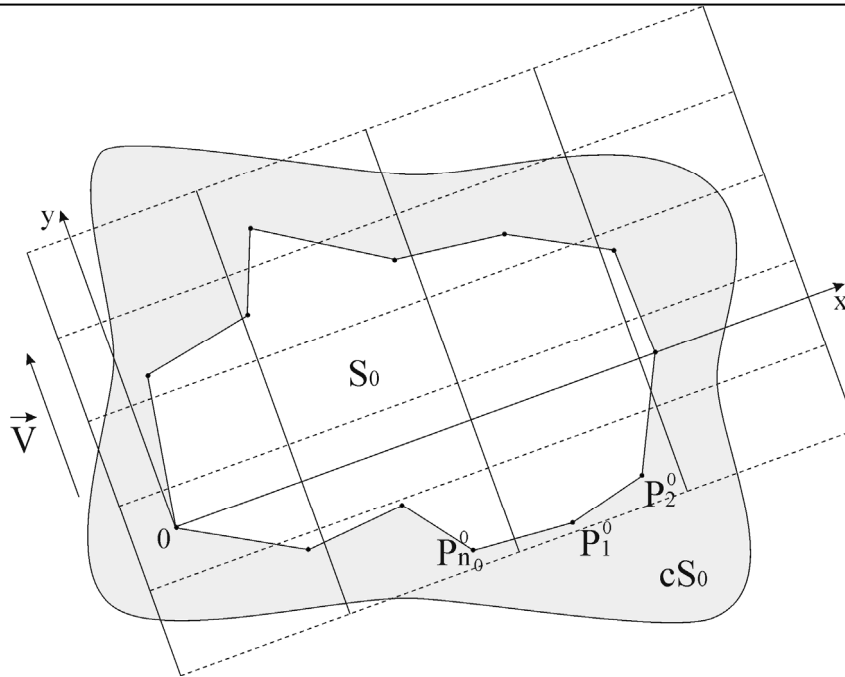
2. Напрямок вітру  $\vec{V}$ . Використовуючи метеорологічну статистику можна визначити математичне очікування напрямку вітру для кожної конкретної місцевості [6].

Таким чином, необхідно побудувати регулярну сітку датчиків моніторингу довкілля, яка адекватно відтворювала б задане поле забруднення, що необхідно для прийняття відповідних управлінських рішень.

Математична модель раціонального розбиття точкових множин на підмножини, що не перетинаються, наведена в роботі [7].

Розглянемо метод розв'язання поставленої задачі.

Перш за все, здійснимо поворот глобальної системи координат таким чином, щоб вісь ординат була спрямована паралельно напрямку вітру (рис. 1).



**Рис. 1 – Розбиття заданої множини ортогональною регулярною сіткою з урахуванням напрямку вітру**

Надалі розбиття заданої множини (території)  $S_0$  здійснюється ортогональною регулярною сіткою так, як це наведено на рис. 1. Причинами того, що в даному випадку необхідне саме регулярне розбиття території на райони функціонування постів контролю, є наступні:

- зменшення обчислювальної похибки за рахунок того, що не потрібна перебудова нерегулярної сітки датчиків для відтворення полів забруднення [4];
- швидкість та простота обчислень, що необхідно для оперативної обробки інформації.

В зв'язку з тим, що результати вимірів датчиків, які розташовані в вузлах регулярної ортогональної сітки, мають значну похибку  $\varepsilon_m \approx 15 - 20\%$ , то для відтворення поля забруднення використовується лінійна інтерполяція в межах кожної комірки регулярної сітки (рис. 2). Інакше кажучи, використання інтерполяційних багаточленів високого степеня для інтерполяції поля забруднення є недоцільним, в зв'язку із значним зростанням трудомісткості без забезпечення адекватної точності [4].

Що стосується обмежень даної задачі розбиття щодо порогу спрацьовування та похибки вимірів датчиків, то для їх виконання необхідно наступне:

---

Визначення раціональної кількості постів контролю з урахуванням порогу спрацьовування та похибки вимірювання датчиків

1. Врахування порогу спрацьовування датчика,  $p$ . Якщо величина, що характеризує поле забруднення  $d_i$  (рис. 2) в  $i$ -му вузлі регулярної сітки ( $i = 1, 2, \dots$ ), з урахуванням заданої похибки вимірів  $\varepsilon_m$ , не перевищує порогу спрацьовування датчика ( $d_i \cdot (1 \pm \varepsilon_m) \leq p$ ), то при відтворенні поля забруднення вважається, що  $d_i = 0$ , тобто датчик не фіксує забруднення.

2. Врахування похибки вимірів датчиків  $\varepsilon_m$ . В точках перетину діагоналей комірок ортогональної регулярної сітки  $T^j$ ,  $j = 1, 2, \dots$ , необхідно визначити наступний інтервал  $[d^j - \varepsilon_m d^j, d^j + \varepsilon_m d^j]$ , причому  $d^j$  - величина, що характеризує поле забруднення в  $j$ -тій точці. Якщо величини поля забруднення  $d^j$  (отримані шляхом інтерполяції значень вимірів від датчиків, що розташовані у вузлах сітки) в точках  $T^j$ ,  $j = 1, 2, \dots$ , (рис. 2) належать інтервалу  $[d^j - \varepsilon_m d^j, d^j + \varepsilon_m d^j]$ , то вважаємо, що поточна ортогональна регулярна сітка є припустимою.

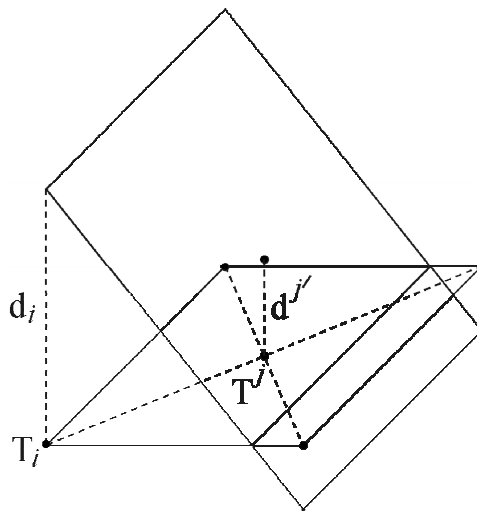


Рис. 2 – Відтворення поля забруднення в межах комірки регулярної сітки

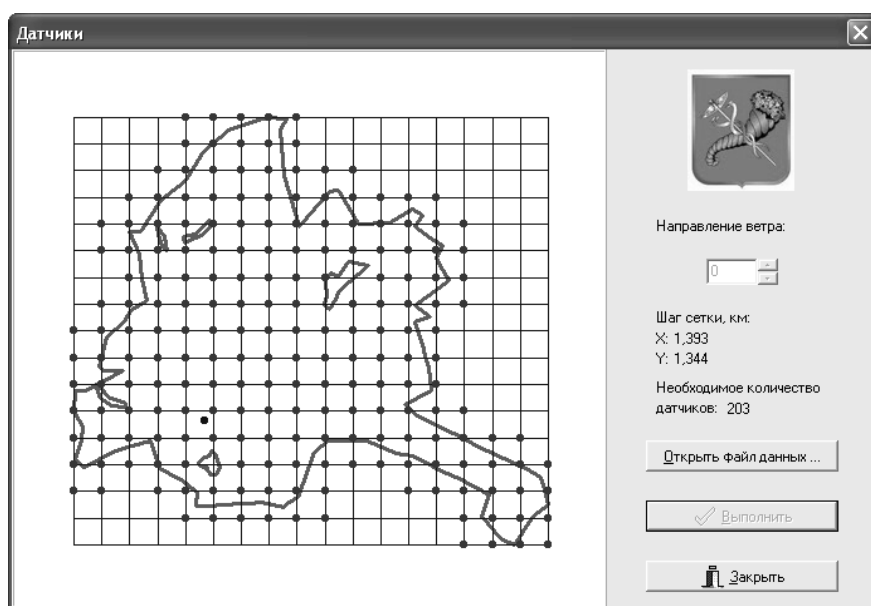
Що стосується вірогідності виходу із строю датчиків моніторингу довкілля, то:

а) вірогідність виходу із строю лише 1-го датчика в певній комірці регулярної ортогональної сітки враховується автоматично, тобто для відтворення поля забруднення в межах однієї комірки використовується лінійна інтерполяція, для здійснення якої необхідні результати вимірів лише від 3-х датчиків, що розташовані у

вузлах комірки. Інакше кажучи, дана ситуація не впливає на відтворення поля забруднення;

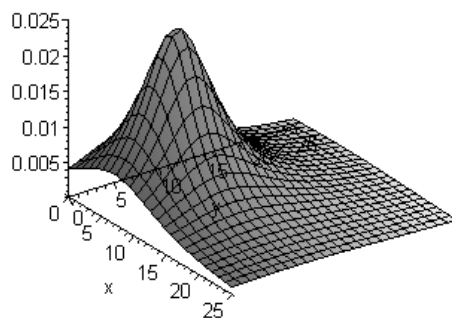
б) вірогідність виходу із строю 2-х, 3-х та 4-х датчиків в одній комірці ортогональної регулярної сітки призводить до необхідності перебудови нерегулярної ділянки сітки до регулярної (під час опрацювання результатів вимірів) так, як це наведено в роботі [4]. Інакше кажучи, дана ситуація призводить до підвищення трудомісткості обробки даних, що надходять від постів контролю.

На рис. 3 наведено результати роботи програмного забезпечення, що створене на основі розробленого методу розв'язання задачі визначення раціональної кількості постів контролю.



**Рис. 3 – Результат розв'язання задачі визначення раціональної кількості постів контролю**

Функція, що описує поле забруднення, має наступний вигляд



**Рис. 4 – Поле забруднення**

Визначення раціональної кількості постів контролю з урахуванням порогу спрацювання та похибки вимірювання датчиків

На рис. 5 та 6 наведено побудову полів забруднення по даних від датчиків, що розташовані у вузлах регулярної сітки, як без урахування (рис. 5), так і з урахуванням (рис. 6) порогу спрацювання та похибки вимірів датчиків.

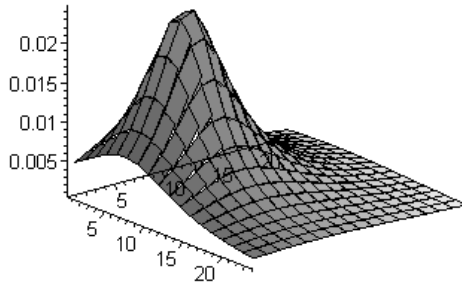


Рис. 5

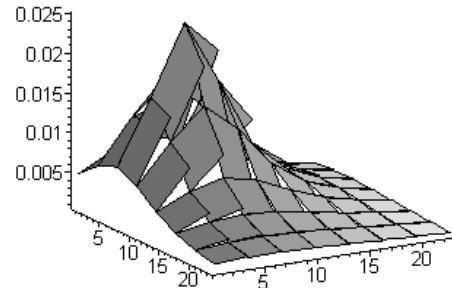


Рис. 6

Порівняння поверхонь на рис. 4-6 дозволяє зробити висновок про адекватність розробленого методу розв'язання та отриманих результатів.

Після побудови ортогональної регулярної сітки постів контролю, необхідно визначити місця їх розташування. Наведемо приклад побудови областей припустимих розміщень постів контролю. Для цього розглянемо суміжні комірки ортогональної регулярної сітки постів контролю (рис. 7).

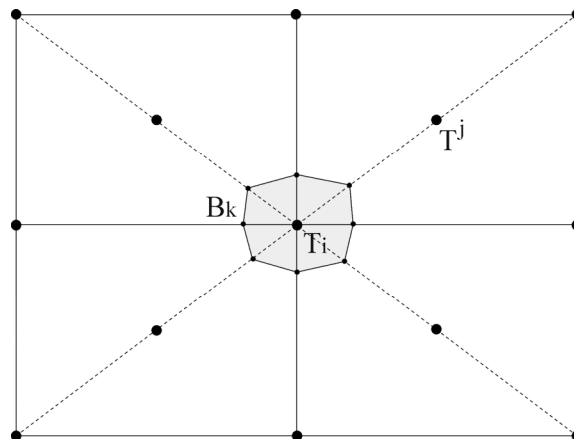


Рис. 7 – Побудова області припустимих розміщень поста контролю

Для побудови області припустимих розміщень постів контролю розглянемо прямі, що утворюють ортогональну регулярну сітку, яким належить точка  $T_i$ ,  $i = 1, 2, \dots$ , та прямі, що проходять че-

рез точку  $T_i$  та точки  $T^j$ ,  $j = 1, 2, \dots$ , в суміжних комірках сітки. На даних прямих визначаються точки  $B_k$ ,  $k = 1, \dots, 8$ , так, щоб при розміщенні поста контролю в будь-якій з точок  $B_k$  похибка відтворення поля забруднення не перевищувала  $\varepsilon_m$ . Інакше кажучи, області припустимих розміщень постів контролю мають забезпечувати потрапляння величин поля забруднення  $d^j$  (отриманих шляхом інтерполяції значень вимірів від датчиків, що розташовані в областях припустимих розміщень) в точках  $T^j$ ,  $j = 1, 2, \dots$ , в інтервал  $[d^j - \varepsilon_m d^j, d^j + \varepsilon_m d^j]$ .

**Висновки.** В даній роботі наведено моделювання раціонального розбиття територій на райони функціонування постів контролю. Створене програмне забезпечення на основі метода розв'язання задачі визначення раціональної кількості постів контролю дозволяє відтворювати поля забруднення по даних від датчиків. Побудова полів забруднення дозволяє оперативно приймати відповідні управлінські рішення, наприклад, рішення стосовно евакуації населення.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Автоматизированная система контроля радиационной обстановки (АСКРО) Хмельницкой АЭС: эскизный проект. Пояснительная записка ААНС. 466 452. 012 П1. – Харьков: СФ ИНЭК, 1998. – 128 с.
2. Методология комплексного мониторинга на территории расположения АЭС / Арлинская А.М., Барбашев С.В., Доброта Т.И. и др. – Радиационная безопасность и защита АЭС: Сб. статей. – Вып. 11. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – С. 168-176.
3. Норми радіаційної безпеки України (НРБУ-97). Державні гігієнічні нормативи: Видання перероблене та доповнене у відповідності із Законом України «Про захист людини від впливу іонізуючих випромінювань» від 14.01.1998. – К.: МОЗ України, 1998. – 125 с.
4. Коба К.М. Моделі і методи розв'язання задач маршрутизації при ліквідації наслідків техногенних аварій: Автореф. ... дис. канд. техн. наук: 01.05.02. – Харків, 2005. – 19 с.

5. Киселева Е.М., Шор Н.З. Непрерывные задачи оптимального разбиения множеств: теория, алгоритмы приложения: Монография. – К.: Наукова думка, 2005. – 564 с.
6. СНиП 2.01.01-82 Строительная климатология и геофизика. - М.: Стройиздат, 1983.-136 с.
7. В.М. Комяк, О.М. Соболев. Математична модель задачі розбивання множини на підмножини з урахуванням обмежень у вигляді рівностей та нерівностей // Вестник Херсонского национального технического университета. Вып. 2(22). – Херсон: ХНТУ. – 2005. – с. 152-156.

## УДК 331.101

*Стрелец В.М., канд. техн. наук, доц., УГЗУ,  
Бородич П.Ю., преп., УГЗУ,  
Беридзе С.С., курсант, УГЗУ*

### **ОСОБЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ТИПОВЫХ ОПЕРАЦИЙ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ПРОВЕДЕНИЕ АВАРИЙНО- СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ НА СТАНЦИЯХ МЕТРОПОЛИТЕНА** (представлено д-ром техн. наук Лариным А.Н.)

Особенностью распределения времени выполнения типовых операций при проведении аварийно-спасательных работ на станциях метрополитена является то, что с 10%-ным уровнем значимости они могут быть описаны с помощью  $\beta$ -распределения, имеющего параметры  $\alpha=2,111$  и  $\beta=2,995$

**Постановка проблемы.** Для разработки и принятия обоснованных решений штаб ликвидации чрезвычайной ситуации в метрополитене должен знать особенности выполнения типовых операций, присущих проведению аварийно-спасательных работ. Кроме того, их знание необходимо для повышения эффективности специализированной подготовки спасателей.

**Анализ последних исследований и публикаций.** С комплексных позиций процесс АСР как процесс функционирования сложной человеко-машинной системы рассматривались в [1,2]. Там отмечено, что для объективной оценки такого процесса необходимо проанализировать большое количество взаимозависимых