

КЛАСИФІКАЦІЯ ЗАДАЧ ОПТИМІЗАЦІЇ МЕРЕЖ МОНІТОРИНГУ СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

Abstract. The article describes the classification of optimization of wireless sensor networks monitoring air. Identified and analyzed the characteristics of their applications.

Вступ. Зростання технічного потенціалу людства призводить до того, що моніторинг та попередження забруднення атмосферного повітря стали обов'язковою частиною природоохоронної діяльності всіх розвинених держав. В рамках 7-ї Рамкової програми розробляються заходи щодо формування комплексних мереж моніторингу стану атмосферного повітря (МСАП) з використанням інформаційних можливостей наземних і космічних систем спостереження, результатів моделювання переносу атмосферних домішок, координованої роботи станцій спостережень в глобальному масштабі.

Звичайні підходи моніторингу, засновані на газовій хроматографії і пасивні методи відбору проб обмежені з точки зору їх вартості установки, часу і розмірів. Таким чином, мережа МСАП повинна бути просторово гнучкою і виконувати всі необхідні функції щодо спостереження за якістю повітря в досліджуваному районі. Крім того, оптимальні місця встановлення сенсорів такої мережі можуть бути визначені для кожної конкретної ситуації (в тому числі і надзвичайної), що дозволяє отримати точну оцінку якості повітря на досліджуваній території.

Вивчення світового досвіду свідчить про ефективність та перспективність сенсорних мереж як аналізаторів якості повітряного середовища. В Україні така система МСАП допоможе вирішити проблеми, що склалися у цій галузі, покращити технічне оснащення моніторингу та підвищити його оперативність.

В роботах [1 та ін.] для оптимізації мереж МСАП запропоновано детерміновану бінарну нелінійну задачу умовної оптимізації на неопуклій або незв'язній області, що до того ж є задачею динамічного програмування, та розглянуто ряд підходів до оптимізації мереж МСАП, проте класифікації їх математичних постановок з врахуванням можливості розгортання таких мереж на базі сенсорів не проводилась. В даній роботі розглянемо загальну постановку та основні типи задач оптимізації мереж МСАП.

Мережа моніторингу стану атмосферного повітря є єдиним експериментальним засобом оцінки фактичного стану забруднення атмосферного повітря і обґрунтування можливості застосування математичних моделей розрахунку розсіювання домішок в атмосфері. Таким

чином, завданнями мереж МСАП згідно [2, 3] є:

- підвищення ефективності, точності, достовірності, надійності і вірогідності даних спостережень;
- впровадження нових методів багатокомпонентного аналізу домішок в атмосфері й у пилогазоповітряних викидах техногенних джерел;
- досягнення оптимального співвідношення використовуваних у різних містах і населених пунктах методів ручного відбору й аналізу проб повітря і напівавтоматичних методів та підвищення автоматизації процесу вимірювання;
- підвищення оперативності збору, обробки, аналізу, передачі і використання даних;
- спостереження з метою контролю і регулювання рівня забруднення атмосферного повітря;
- встановлення тенденцій і причин зміни рівня забруднення атмосферного повітря.

Існуюча мережа МСАП у силу різних причин не здатна виконати ці вимоги, тому з урахуванням даних комплексного обстеження стану забруднення атмосферного повітря на території промислової зони, населеного пункту, регіону тощо повинна розроблятися програма оптимізації мережі МСАП.

Загальна постановка задачі оптимізації мережі МСАП. В загальному випадку вирішення задачі оптимізації мережі МСАП повинно відповісти на запитання: де і скільки вузлів сенсорів необхідно встановити, щоб отримана мережа МСАП відповідала висунутим до неї вимогам.

Таким чином пропонується наступна *загальна постановка задачі оптимізації мережі МСАП*: на заданій території B , що розбита на квадрати фіксованого розміру, та заданій множині рухомих об'єктів M (тролейбусів, трамваїв, потягів тощо, на яких можливо встановлення вузлів сенсорів) з їх маршрутами територією B розмістити деяку кількість вузлів сенсорів (N_B та N_M відповідно) з врахуванням різного роду обмежень так, щоб утворена таким чином мережі МСАП відповідала одному (F) чи декільком (F_1, F_2, \dots) критеріям оптимальності.

Найчастіше, при цьому робляться наступні припущення:

- 1) всі точки квадратів території B та рухомих об'єктів M є рівноцінними щодо розміщення вузлів сенсорів;
- 2) їх центри використовується в якості розрахункових точок;
- 3) вузли сенсорів однієї мережі МСАП вважаються ідентичними.

Територія, яку повинна охопити мережа МСАП, може істотно змінюватись в розмірах. Як відомо, екологічний моніторинг здійснюється на чотирьох рівнях: 1) локальному - на території окремих об'єктів (підприємств), міст, ділянках ландшафтів; 2) регіональному – в межах адміністративно-територіальних одиниць, на територіях економічних і природних регіонів; 3) національному – на території країни в цілому; 4) глобальному – моніторинг за всією землею кулею. Таким чином задачі

оптимізації мереж МСАП можна розділити за відповідними рівнями. Разом з тим, область оптимізації може бути опуклою або не опуклою (крім того, у випадку оптимізації мережі МСАП для декількох міст одночасно, навіть незв'язною).

Загалом описати територію B можна за допомогою прямокутної матриці $\{b_{ij}\}$ де:

$$b_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо квадрат } (i, j) \text{ належить території } B \\ 0, & \text{в інших випадках} \end{cases},$$

де: $i = \overline{1, n}, j = \overline{1, m}$, $m \times n$ – розмірність матриці $\{b_{ij}\}$ після розбиття досліджуваної території на $m \times n$ квадратів.

Після цього вирішення задачі оптимізації мережі МСАП можна привести до знаходження матриць X^B та X^M , таких що:

$$x_{ij}^B = \begin{cases} 1, & \text{якщо в квадрат } (i, j) \text{ встановлюється сенсорний вузол} \\ 0, & \text{в інших випадках} \end{cases}$$

та

$$x_i^M = \begin{cases} 1, & \text{якщо на } i\text{-тий рухомий об'єкт встановлюється сенсорний вузол} \\ 0, & \text{в інших випадках} \end{cases}$$

Таким чином отримаємо, що загальна кількість (N_Z) встановлених вузлів сенсорів рівна:

$$N_Z = N_B + N_M = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n x_{ij}^B + \sum_{i=1}^{|M|} x_i^M$$

де: $|M|$ – потужність (кількість елементів) множини M .

Таким чином, класифікація задач оптимізації мереж МСАП за характеристиками відповідної території здійснюється за масштабами, опуклістю та зв'язністю області оптимізації.

Критерії оптимальності мережі МСАП можуть бути найрізноманітнішими. Проте найчастіше використовуються:

- 1) економічні (мінімальна вартість мережі, мінімальна сума збитків від неточності отриманої інформації тощо) [4 та ін.];
- 2) статистичні - вимога мінімуму середньої квадратичної помилки відновлення значення концентрації забруднюючої речовини в певній точці простору і в певний момент часу [5 та ін.];
- 3) комплексні (інформаційна корисність, інформативність тощо) [1, 6 та ін.].

Крім того, задача оптимізації мереж МСАП може бути одно- та багатокритеріальною. Таким чином, класифікація задач оптимізації мереж МСАП за критеріями оптимальності здійснюється за їх кількістю і виглядом.

Кількість вузлів сенсорів (N_Z) мережі МСАП може бути:

- 1) точно задана наперед:

$$N_Z = N;$$

- 2) бути менше-рівне заданого числа:
 $N_Z \leq N$;
- 3) бути більше-рівне заданого числа:
 $N_Z \geq N$;
- 4) лежати в певному інтервалі (поєднання випадків 2 і 3);
- 5) невідомою.

де: N – наперед задане число вузлів сенсорів.

У перших чотирьох випадках в математичну постановку задачі просто додаються відповідні обмеження. Щодо п'ятого випадку, коли N є невідомим, то можливі наступні випадки:

1) N визначається до початку вирішення задачі оптимізації мережі МСАП:

$$N = f(g_1^B, g_2^B, \dots, g_p^B)$$

де: g_i^B – деякий параметр (характеристика) території B (наприклад, населення, площа, параметри існуючої мережі, рівень забруднення, метеорологічні параметри тощо); p – кількість таких параметрів; f – деяка функція, що описує залежність між необхідною кількістю (N) вузлів сенсорів та параметрами території B ;

2) N визначається під час вирішення задачі оптимізації мережі МСАП за наявності економічних обмежень щодо вартості побудови та/або функціонування мережі;

3) N визначається під час вирішення задачі оптимізації мережі МСАП за наявності відповідного критерію (наприклад, подальше збільшення N або не призводить, або майже не призводить до підвищення ефективності мережі тощо);

4) N визначається після вирішення задачі оптимізації мережі МСАП, коли для спроектованої мережі виконуються висунуті критерії оптимальності.

Крім того, можуть висуватися вимоги щодо кількості вузлів сенсорів, які розміщуються стаціонарно та на рухомих об'єктах (N_B та N_M відповідно).

Таким чином, класифікація задач оптимізації мереж МСАП за заданістю кількості вузлів сенсорів здійснюється за наявністю чи відсутністю таких даних та видом знаходження N в даному випадку.

Тип мережі МСАП, що проектується (оптимізується), визначається наявністю (відсутністю) вузлів сенсорів, які розміщуються стаціонарно та на рухомих об'єктах відповідно:

1) стаціонарна мережа МСАП:

$$\begin{cases} N_Z = N_B \\ N_M = 0 \end{cases}$$

2) пересувна мережа МСАП:

$$\begin{cases} N_Z = N_M \\ N_B = 0 \end{cases}$$

3) змішана (гібридна) мережа МСАП:

$$\begin{cases} N_Z = N_B + N_M \\ N_M > 0 \\ N_B > 0 \end{cases}$$

Крім того, при розширенні діючої мережі МСАП необхідно враховувати її параметри, можливість перенесення її вузлів тощо.

Таким чином, класифікація задач оптимізації мереж МСАП також здійснюється за типом мережі, наявністю існуючої мережі та її параметрами.

Обмеження в задачі оптимізації мережі МСАП можуть бути відсутніми (тоді маємо задачу безумовної оптимізації), або можуть бути в наявності (тоді маємо задачу умовної оптимізації) наступні обмеження:

- 1) щодо кількості вузлів сенсорів (про що описано вище);
- 2) щодо вартості побудови та/або функціонування мережі;
- 3) щодо мінімально (або максимально) можливої відстані між вузлами;
- 4) щодо точності даних моніторингу та моделювання на їх основі тощо.

Таким чином, задачі оптимізації мереж МСАП за наявністю (відсутністю) обмежень поділяються на задачі умовної та безумовної оптимізації.

Вигляд шуканих величин задач оптимізації мережі МСАП також впливає на їх класифікацію. В даній роботі матриці X^B та X^M (і як наслідок N_Z) пропонується в якості невідомих змінних: тому така задача є детермінованою бінарною. Проте можливі випадки необхідності приведення задач оптимізації мережі МСАП до задач неперервної оптимізації.

Таким чином, задачі оптимізації мереж МСАП за виглядом шуканих величин поділяються на задачі детерміновані та неперервної оптимізації тощо.

Функціональні особливості критеріїв та обмежень. Функція мети, що описує відповідний критерій оптимальності (або їх набір), та обмеження в задачі можуть бути лінійними чи нелінійними, опуклими чи ні тощо. Таким чином задачі оптимізації мереж МСАП поділяються лінійні та нелінійні тощо.

Найбільш складним для вирішення є випадок, коли задача оптимізації мережі МСАП є:

- 1) багатокритеріальною;
- 2) область оптимізації не опукла або незв'язна;
- 3) кількість вузлів сенсорів (N_Z) мережі МСАП апіорі невідома;
- 4) оптимізується змішана (гібридна) мережа МСАП за наявності існуючої мережі, частину якої можна перенести, а частину – ні;
- 5) в задачі присутні декілька обмежень, тобто вона є задачею умовної оптимізації;
- 6) обмеження або критерії є нелінійними, не опуклими і т.д., тобто вона є задачею нелінійного не опуклого програмування тощо.

Висновки. В загальному випадку вирішення задачі оптимізації мережі МСАП повинно відповісти на запитання: де і скільки вузлів сенсорів необхідно встановити, щоб отримана мережа МСАП відповідала висунутим до неї вимогам. Класифікація задач оптимізації мереж МСАП може проводитись за відповідною областю оптимізації, заданістю кількості вузлів сенсорів, типом мережі тощо. Класифікація задач оптимізації мереж МСАП покликана спростити вибір необхідної математичної постановки відповідної задачі оптимізації та знайти методи для її вирішення.

1. *Артемчук В.О.* Математичні та комп'ютерні засоби для вирішення задачі розміщення пунктів спостережень мережі моніторингу стану атмосферного повітря [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : спец. 01.05.02 "Математичне моделювання та обчислювальні методи" / В.О. Артемчук. – К., 2011. – 178 с.
2. Методичні рекомендації з підготовки регіональних та загальнодержавної програм моніторингу довкілля (затверджено Наказом Міністерства екології та природних ресурсів України 24.12.2001 р. N487)
3. *Рибалов О.О.* Основи моніторингу екологічного простору: Навчальний посібник. - Суми: Вид-во СумДУ, 2007. - 240 с.
4. *Гандин Л.С.* Об экономическом подходе к планированию сети метеорологических станций / Гандин Л.С., Каган Р.Л. // Труды ГГО. – 1967. – Вып. 208. – С.120–131.
5. *Дроздов О.А.* Теория интерполяции в стохастическом поле метеорологических элементов и её применение к вопросам метеорологических карт и рационализации сети / Дроздов О.А., Шепелевский А.П. // Труды НИУ. – 1964. – сер. 1. – Вып.13. – С.65–115.
6. *Верлан, В. А.* Оптимизация размещения сети постов мониторинга за загрязнением атмосферы в промышленном городе [Текст] : дис. ... канд. геогр. наук / В.А. Верлан. — О. — 1999. — 167 с.

Поступила 11.02.2013р.

УДК 004.056.5

В.М.Безштанько, Киев

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРИЕМЛЕМОГО ЗНАЧЕНИЯ РИСКА ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ АКТИВОВ ОРГАНИЗАЦИИ

Abstract. We propose approach for determining an acceptable risk value for the information assets of the organization

Актуальность

В процессе построения системы управления безопасностью информации (СУБИ), требованиями стандартов [1-2] на руководство организации возлагается задача установления приемлемого значения риска.

© В.М.Безштанько