

відношенням параметрів: $\tau_{OB} / T_{OB} \geq 0,08$, та чим більша величина транспортного запізнення τ_{OB} , тим більший стабілізаційний ефект у порівнянні з класичним ПІ-регулятором можна отримати.

Список літератури: 1. Glattfelder A.H. Control systems with input and output constraints / Glattfelder A.H., Shaufelberger W. – London.: Springer, 2003. – 499 p. 2. Ковриго Ю.М. Врахування обмежень для підвищення якості функціонування систем регулювання енергоблоків ТЕС і АЕС/ Ю.М. Ковриго, Б.В. Фоменко// Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. 3. Daniel E. Rivera. Internal Model Control: A Comprehensive View / Daniel E. Rivera – Department of Chemical, Bio and Materials Engineering College of Engineering and Applied Sciences Arizona State University, Tempe, Arizona, 1999. — 20 pp. 4. Мовчан А.П.. Идентификация объектов управления в адаптивных системах управления / Мовчан А.П., Мысак В.Ф., Степанец А.В. // - Сучасні наукові дослідження – 2006: матеріали II міжнародної науково-практичної конференції. - Д.: Наука і освіта, 2006. – с. 60-63. Коновалов, М.А. Проблемы автоматизации инерционных теплоэнергетических объектов. ISBN 978-966-651-734-3. / М.А. Коновалов. — Киев, «Феникс», 2009г. — 309 с.

Поступила в редколлегию 01.12.2010

УДК 504.064.3:574

Г.О. СТАТЮХА, докт. техн. наук, профессор, завідувач кафедри, НТУУ "КПІ", м. Київ

Т.В. БОЙКО, канд. техн. наук, доцент, НТУУ "КПІ", м. Київ

Ю.О. БЕЗНОСИК, канд. техн. наук, доцент, НТУУ "КПІ", м. Київ

Л.М. БУГАЄВА, канд. техн. наук, доцент, НТУУ "КПІ", м. Київ

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДІВ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ В ПРОЕКТУВАННІ МЕРЕЖ МОНІТОРИНГУ СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

У статті вирішується проблема оптимального розміщення постів спостереження, що забезпечує одержання максимуму інформації при мінімумі витрат на встаткування й експлуатацію моніторингової мережі атмосферного повітря

Ключові слова: моніторингова мережа, оптимізація, атмосферне повітря

В статье решается проблема оптимального размещения постов наблюдения, которые обеспечивают получение максимум информации при минимуме затрат на установку и эксплуатацию мониторинговой сети атмосферного воздуха

Ключевые слова: мониторинговая сеть, оптимизация, атмосферный воздух

The paper solves the problem of optimal placement of observation stations providing the maximum information under minimum costs for installation and operation of air monitoring network

Keywords: monitoring network, optimization, air

1. Вступ

Наявні у великих містах нашої країни моніторингові станції найчастіше надають неповну або перекожену інформацію про стан повітряного басейну. Створені раніше моніторингові мережі вимагають модернізації, тому що неефективно виконують свої функції в силу ряду причин: фізична зношеність, неоптимальне розташування внаслідок структури, що

змінилася, транспортних потоків, місця розташування найбільш значимих стаціонарних забруднювачів повітря.

Таким чином, вимагає рішення проблема оптимального розміщення постів спостереження, що забезпечує одержання максимуму інформації при мінімумі витрат на встаткування й експлуатацію моніторингової мережі.

Перспективним при проектуванні мережі постів спостереження є застосування апарата математичного програмування. Цей підхід включає, у загальному випадку, виділення сукупності значимих критеріїв ефективності моніторингової мережі, складання на їхній основі завдання оптимізації й рішення цього завдання з наступною інтерпретацією результатів. Одним з перших додатків згаданого підходу є робота [1], у якій була запропонована процедура оптимізації розміщення постів моніторингової мережі в рамках деякого умовного підприємства. Надалі запропоновані ідеї були розвинені й застосовані для аналізу діяльності реально існуючих підприємств й екологічної ситуації в промислових районах. Проводилися дослідження з використання згаданого підходу як для установки постів по специфічних забруднювачах, так і постів загального контролю [2]. В роботах [3, 4] даний підхід був застосований для побудови моніторингової мережі для контролю за станом водних ресурсів.

Використано підхід до проектування мережі моніторингу стану атмосферного повітря на основі апарата математичного програмування. Пропонований підхід дозволяє узгоджено розміщати моніторингові пости й тим самим скоротити витрати на реструктуризацію й удосконалення наявної мережі.

2. Процедура проектування моніторингової мережі

Визначення конфігурації моніторингової мережі може бути виконане в такій послідовності:

1. Розбивка досліджуваного району на ділянки.
2. Формулювання критеріїв оптимізації.
3. Рішення завдання оптимізації.

2.1 Розбивка досліджуваного району на ділянки

Першим етапом проектування моніторингової мережі є розбивка досліджуваної території на ділянки. Найпоширеніший підхід до розбивки досліджуваної області - використання адміністративного розподілу (наприклад, розбивка м. Києва по районах). Такий підхід виявляється зручним для витягу інформації у вітчизняних умовах. Крім того, мається на увазі, що впровадження моніторингової мережі (відповідно до створеного за результатами розрахунків проектом) приймаються до виконання органом влади деякої територіальної одиниці.

Істотний недолік розподілу по адміністративно-територіальному ознаці - нерегулярність розбивки, внаслідок чого нерівномірної виявляється інформація про досліджувану область у цілому.

Альтернативним є регулярна розбивка. У цьому випадку на досліджувану територію накладається координатна сітка, тобто досліджувана територія розбивається на однакові ділянки-квадрати. Кількість ділянок (крок

координатної сітки) визначається в першу чергу, кількістю постів, які планується встановити. У граничному випадку кожний з ділянок розбивки може містити пост спостереження. У випадку наявності достовірної інформації з кожного з ділянок даний підхід забезпечує більше точні результати, ніж згаданий вище адміністративно-територіальний підхід. На практиці інформацію з кожного з ділянок одержують шляхом математичного моделювання, інтерполяції наявних даних.

2.2 Формулювання критеріїв оптимізації

При ухваленні рішення на вибір тієї або іншої мережі моніторингу доводиться враховувати цілий ряд вимог. Умовно ці вимоги можна розділити на три групи: екологічні, економічні й соціальні. Помітимо, що всупереч вимогам визнаної сьогодні концепції стійкого розвитку суспільства, при проектуванні моніторингової мережі соціальні критерії часто упускаються з уваги.

Відповідно до завдань проектування можна виділити ряд критеріїв, що визначають якість функціонування моніторингової мережі. В [5] було запропоновано використати такі критерії:

- здатність розпізнати перевищення припустимої концентрації забруднювача;
- максимальна величина вимірюваної концентрація забруднювача;
- вимірювана середня концентрація забруднювача;
- вимірюваний розмах концентрацій, що перевищують припустиму;
- кількість контрольованих забруднювачів;
- кількість стаціонарних (промислових) джерел викидів на обслуговує території;
- захищеність уразливих об'єктів - шкіл, лікарень і т.д.

У результаті інтенсивного індустріального розвитку дослідниками в роботі [6] були введені наступні додаткові критерії:

- число населення на території;
- установка постів у регіони, де концентрація забруднювача максимальна;
- установка постів у регіонах, де передбачається інтенсивний економічний ріст.

Дані критерії для використання необхідно сформулювати математично.

Визначившись, які із критеріїв доцільно враховувати в досліджуваному випадку, записують математичний опис для кожного із критеріїв на кожній з ділянок розбивки. Так, критерій кількості населення, що обслуговує, може бути записаний у вигляді:

$$\max Z_1 = \sum_{p=1}^N N_p Y_p, \quad (1)$$

де N_p – число населення, що обслуговує на p - тій ділянці, Y_{pj} – відповідає наявності поста на p - тій ділянці.

Здатність розпізнати максимальну дозу забруднювача може бути описана наступним виразом:

$$\max Z_2 = \sum_{p=1}^N C_{ip} Y_p, \quad (2)$$

де C_{ip} – концентрація i -го забруднювача, що реєструється на p -тій ділянці.

Здатність мережі розпізнати перевищення припустимої концентрації забруднювача на даній ділянці може бути описана наступним виразом:

$$\max Z_3 = \sum_{p=1}^N D_{pi} Y_p, \quad (3)$$

де D_{pi} – перевищення концентрації i -го забруднювача, що реєструється постом на p -тій ділянці.

2.3 Завдання оптимізації для проектування моніторингової мережі

Завдання проектування моніторингової мережі при цьому зведеться до визначення числа й типу постів, установлених на кожній ділянці розбивки. Поставлена мета досягається шляхом побудови й рішення завдання оптимізації, що складає із цільової функції й системи обмежень.

Цільова функція завдання оптимізації складається на основі математичних формулювань сімейства критеріїв, наприклад, на основі залежностей (1 - 3). У загальному виді цільова функція може бути записана як:

$$Z = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_n\}, \quad (4)$$

Система обмежень:

$$\begin{aligned} SY_j^{MAX} &\geq SY_j, \\ \forall k, l: D(Y_{j,k}, Y_{j,l}) &< D_j^{MIN}, \end{aligned} \quad (5)$$

де SY_j^{MAX} , SY_j – відповідно максимальна й поточна кількість моніторингових постів типу j ; $D(Y_{j,k}, Y_{j,l})$, D_j^{MIN} – відповідно поточна й мінімальна відстань між моніторинговими постами типу j при $k, l < SY_j$.

Розташуванню поста типу p у квадранті j буде відповідати ненульове значенням індексованої змінної.

2.4 Рішення завдання оптимізації

Описана вище задача (4 - 5) є завданням багатокритеріальної оптимізації й вимагають спеціальних методів рішення. Власне кажучи багатокритеріальна задача відрізняється від звичайного задачі оптимізації тільки наявністю декількох цільових функцій замість однієї.

Як правило, при рішенні багатокритеріальної задачі всі критерії, крім одного, обраного домінуючої, включаються в систему обмежень, після чого оптимізація проводиться за домінуючим критерієм. Очевидно, що такий підхід до рішення практичних завдань значно знижує ефективність прийнятих рішень, тому що забезпечує екстремальне значення лише одного із критеріїв.

З метою усунення проблеми критеріїв з різною розмірністю може бути використана нормалізація критеріїв, одним зі способів якої є відомість критеріїв до безрозмірних величин відповідно до формули:

$$Z_c = \frac{Z_{\max} - Z}{Z_{\max} - Z_{\min}}, \quad (6)$$

де Z_{max} й Z_{min} – відповідно максимальне й мінімальне значення критерію, Z й Z_c – відповідно натуральне й нормалізоване значення критерію.

Оптимальне рішення, обране на основі багатокритеріального підходу, незалежно від принципу оптимальності, що обирає, завжди повинне належати області компромісів. Інакше воно може бути поліпшене й, отже, не є оптимальним. Таким чином, область компромісів є область потенційно оптимальних компромісів. У літературі [7] описані наступні методи такої оптимізації:

- принцип справедливого компромісу;
- принцип слабкої оптимальності по Парето;
- принцип наближення по всіх локальних критеріях до ідеального рішення;
- метод квазіоптимізації локальних критеріїв (метод послідовних поступок);
- метод згортання векторного критерію в суперкритерій.

При рішенні завдання побудови моніторингової мережі авторами цієї роботи використався метод згортання векторного критерію в суперкритерій, тому що цей метод може бути досить легко вирішений за допомогою сучасних пакетів оптимізації.

Відповідно до методу згортання векторного критерію в суперкритерій розраховується узагальнений - суперкритерій:

$$\Phi = \sum_{i=1}^N w_i F_i, \quad (7)$$

де F_i – незалежні критерії; w_i – вагові коефіцієнти.

У наведеному нижче прикладі коефіцієнти розраховувалися на підставі опитування експертів.

2.5 Приклади побудови моніторингової мережі

Ставилося завдання попереднього проектування моніторингової мережі для оцінки стану повітряного басейну для міста Києва. У якості вихідних даних узяті результати вимірів Центральної геофізичної обсерваторії. Безліч забруднювачів у даному ілюстративному прикладі включає концентрації в повітрі SO_2 , зважених часток (TSP), а також щільність населення.

Хотілося б відзначити той факт, що одним із ключових параметрів, що впливають на здоров'я населення, є присутність у повітрі аерозольних часток різного розміру. У цей час діють стандарти Американського агентства по захисту навколишнього середовища (EPA) й європейського стандарту ISO 7708, які визначили дві границі відділення респірабельної фракції від загальної маси аерозолю. Умовно ці границі носять назви PM_{10} і $PM_{2,5}$ (вивчаються частки розміром 10 мкм й 2,5 мкм відповідно).

В Україні на даний момент відсутні систематичні спостереження за забрудненням повітря частками PM_{10} й $PM_{2,5}$, передбачений тільки контроль за змістом у повітрі твердих часток. До складу твердих часток входять, поряд з більшими частками, фракції PM_{10} й $PM_{2,5}$. У випадку, якщо спостереження по PM_{10} й $PM_{2,5}$ недоступні, то можна використати концентрації TSP . Тому в

даній роботі були використані результати виміру *TSP* для проектування моніторингових мереж.

Використано адміністративний поділ міста Києва (десять районів).

Як критерії оптимальності були взяті критерій максимального захисту населення й критерій максимальної концентрації забруднювача. Вихідні дані для розрахунку представлені в табл. 1.

Таблиця 1

Номер	Ділянка (район)	Населення, чіл.	Концентрації	
			SO ₂	<i>TSP</i>
1	Голосіївський	200000	0,0131	0,7300
2	Деснянський	320000	0,0145	0,0802
3	Дніпровський	360000	0,0210	0,0475
4	Оболонський	290000	0,0227	0,0529
5	Печерський	170000	0,0130	0,0633
6	Подільський	210000	0,0025	0,1760
7	Святошинський	360000	0,0163	0,1082
8	Соломенський	280000	0,0003	0,0434
9	Шевченківський	200000	0,0061	0,0412
10	Дарницький	250000	0,0212	0,6060

Отримані дані були використані для формулювання завдання оптимізації. Цільова функція має вигляд:

$$Z = w_I Z_I + w_{SO} Z_{SO_2} + w_{TSP} Z_{TSP}$$

Рішення отриманої моделі було знайдено й використанням реалізації методу *SBB*, доступного в рамках проекту *NEOS Server* [8]. Результати оптимізації представлені в табл. 2.

Таблиця 2

Результати рішення задачі оптимізації

номер	Ділянка (район)	Кількість постів
1	Голосіївський	3
2	Деснянський	2
3	Дніпровський	2
4	Оболонський	1
5	Печерський	2
6	Подільський	3
7	Святошинський	1
8	Соломенський	2
9	Шевченківський	1
10	Дарницький	2

Дана конфігурація досить значно відрізняється від поточної схеми розташування постів, що може свідчити про не оптимальність їхнього розміщення.

3. Висновки

Точність результатів розрахунку може бути підвищена шляхом обліку більшої кількості даних вимірів стану атмосфери, застосування методів оцінки концентрацій на основі математичного моделювання, розширення сімейства використовуваних критеріїв. Знання джерел забруднення і їхній облік у моделях може поліпшити здатність моделей прогнозувати розвиток явища. Перераховані питання входять у коло подальших досліджень.

Робота виконана за фінансової підтримки Державного комітету України з питань науки, інновацій та інформатизації (грант Ф25.6/054).

Список літератури: 1. Arbeloa F.J.S., Caseiras C.P., Andres P.M.L. Air quality monitoring: optimization of a network around a hypothetical potash plant in open countryside//Atmos Environ 1993. – v. 27A. № 5. – p. 729–738. 2. Croxford B., Penn A. Siting considerations for urban pollution monitors. //Atmos Environ.- v. 32. - № 6. - 1998. - p. 1049-1057. 3. Su-Young Park , Jung Hyun Choi , Sookyun Wang , Seok Soon Park. Design of a water quality monitoring network in a large river system using the genetic algorithm// Ecological modelling.-2006. – v. 2. № 199. – p. 289–297. 4. Chen C.H., Liu W.L., Liaw S.L., Yu C.H. Development of a dynamic strategy planning theory and system for sustainable river basin land use management. // Sci. Total Environ. – v. 346/1. – № 3.- 2005. – pp. 17–37. 5. Shei M.R., Kao J.J. The multiple objective analysis of an industrial park air quality monitoring network // Proceedings of fourteenth air pollution control conference.-Taipei, ROC.-1997.-pp 162-166. 6. Tseng C.C., Chang N.B. Assessing relocation strategies of urban air quality monitoring stations by GA-based compromise programming // Environ Int. – v. 4. – № 26. -pp. 523–541. 7. Штойер Р. Багатокритеріальна оптимізація: теорія, обчислення, додатки. - М.: Наука, 1982. - 558 с. 8. Michael C. Ferris, Michael P. Mesnier, Jorge J. More NEOS and Condor: Solving optimization problems over the Internet: User's guide for Solver.-1998. - 40 с.

Поступила в редколлегию 01.12.2010

УДК 004.04:681.518

Г.О. РАЙКО, канд. техн. наук, викладач, ХНТУ, м. Херсон
С.Г. ЧОРНИЙ, канд. техн. наук, викладач, ХНТУ, м. Херсон
Н.О. КОЗУБ, канд. техн. наук, викладач, ХНТУ, м. Херсон

ЗАЛУЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ОПТИМІЗАЦІЇ КОДУ, ЯК КОМПОНЕНТИ ПРИ ФУНКЦІОНУВАННІ СКЛАДНИХ ВІДКРИТИХ СИСТЕМ

Розглянуто аспекти застосування процесу рефакторингу та оптимізації коду при проектуванні складних відкритих систем. Розглянуто окремі фактори, які слід враховувати при прогнозуванні та управлінні стабільним розвитком регіону.

Ключові слова: рефакторинг, складна система, фактори, регіон.

Рассмотрены аспекты применения процесса рефакторинга и оптимизации кода при проектировании сложных открытых систем. Рассмотрены отдельные факторы, которые необходимо учитывать при прогнозировании и управлении стабильным развитием региона.

Ключевые слова: рефакторинг, сложная система, факторы, регион.