

УДК 004.9+504.064.3

С.В. Голуб, П.О. Колос

*Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, Черкаси*

## **ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ КРИЗОВОГО СОЦІОЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ**

*Подані результати досліджень процесу синтезу моделей об'єктів кризового соціоекологічного моніторингу. Розв'язана задача структурної ідентифікації елементів багаторівневої системи перетворення інформації за умов зміни властивостей вхідних даних. Основуючись на отриманих результатах, запропоновано новий метод синтезу моделей як елементів структури інформаційної системи кризового соціоекологічного моніторингу. Експериментально підтверджено ефективність застосування нового методу.*

**Ключові слова:** кризовий моніторинг, синтез моделей, інформаційна система, ієрархічна структура.

### **Вступ**

Природні катаклізми, техногенні аварії та загроза терористичних актів останніх днів вимушують держави світової спільноти звертати увагу на стан своїх систем кризового моніторингу.

Існуюча система державного кризового моніторингу створена з метою спостереження спеціальних показників у цільовій мережі пунктів у реальному масштабі часу за окремими об'єктами, джерелами підвищеного екологічного ризику в окремих регіонах, які визначено як зони надзвичайної екологічної ситуації,

а також у районах аварій із шкідливими екологічними наслідками, щоб забезпечити оперативне реагування на кризові ситуації та прийняття рішень щодо їх ліквідації, створити безпечні умови для населення [1]. Для забезпечення виконання цих функцій необхідно розробити новий тип систем багаторівневого перетворення інформації – інформаційні системи кризового моніторингу (ІСКМ).

**Опис проблеми.** Застосування вже розроблених систем багаторівневого перетворення інформації [2] в технологіях кризового моніторингу вимагає розв'язання ряду нових наукових задач.

Відповідно до [3] інформаційні системи кризового моніторингу повинні забезпечити інформацією процес прийняття рішень з «оповіщення та розроблення оперативних заходів щодо ліквідації їх наслідків та захисту населення, екосистем і власності».

Оскільки забезпечується проведення систематичних, частіших і додаткових спостережень за кількісними та якісними параметрами об'єктів у зонах підвищеного ризику [3], то масив вхідних даних постійно поповнюється та оновлюється.

Задачі перетворення інформації необхідно розв'язувати в умовах різкої зміни властивостей вхідних даних. Концентрація техногенних викидів та випромінювань значно зростає. Об'єкти моніторингу переходять в стани, які раніше були досліджені лише частково. Це означає, що властивості цього об'єкта змінені і адекватність попередньо синтезованих моделей недостатня.

Для синтезу нових моделей необхідно отримати дійсні значення модельованих функцій. В умовах соціо-екологічного моніторингу це види захворювань населення та значення показників захворюваності, що викликані зростанням концентрації техногенних викидів та потужності техногенних випромінювань. Такі показники можуть бути отримані тільки згодом.

Постає задача синтезу моделей об'єктів кризового моніторингу за умов відсутності дійсних значень модельованих функцій.

Кризовий моніторинг вимагає приймати рішення про компенсаційні заходи за короткі проміжки часу, тому інформація вимагається негайно і час відгуку інформаційної системи повинен бути значно скорочений, по відношенню до існуючих автоматизованих систем багаторівневого соціо-екологічного моніторингу [2].

Оскільки структура підсистеми перетворення інформації містить понад 50 моделей, актуальною стає задача зменшення часу перебудови структури при зміні властивостей вхідних даних та швидкого перетворення інформації від вигляду масиву значень показників стану об'єктів до вигляду прогнозу впливовості факторів доквілля на здоров'я населення.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** На даний час структура автоматизованих систем багаторівневого соціо-екологічного моніторингу містить підсистеми перетворення інформації (ППІ), управ-

ління (ПУ) якістю перетворення інформації та підсистему збору та доставки масиву вхідних даних [2].

ППІ реалізовує глобальну функцію системи – багаторівневого перетворення інформації від вигляду масиву значень аналітичних сигналів приладів, що вимірюють концентрацію техногенних забруднювачів та рівні випромінювань до вигляду показників впливовості факторів навколишнього середовища.

Структура ППІ формується у вигляді ієрархічного поєднання моделей об'єктів різного рівня моніторингу. Моделі макrorівня забезпечують перетворення вхідної інформації від вигляду аналітичного сигналу до вигляду результатів вимірювання. На макrorівні відбувається ідентифікація функціональних залежностей показників захворюваності населення від результатів вимірювання концентрації шкідливих речовин та рівня техногенних випромінювань. На метарівні розв'язуються задачі визначення впливовості факторів та прогнозування результатів застосування керуючих впливів.

Моделі кожного рівня перетворення інформації поєднуються в окремі страти з метою формалізації та розв'язання задачі координації їх взаємодії [4].

Управління якістю перетворення інформації відбувається шляхом заміни окремих моделей, за результатами їх періодичного тестування, із наступним корегуванням всієї структури системи [2].

Заміну моделей забезпечує синтезатор із двох-ешелонною структурою (рис. 1), на основі якого реалізовується ПУ.

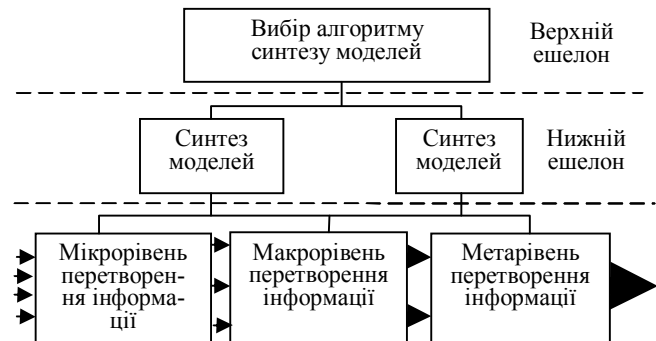


Рис. 1. Підсистема управління якістю перетворення інформації

На нижньому ешелоні підсистеми управління забезпечується синтез моделей об'єктів моніторингу відповідного рівня. Він містить алгоритми, за яким відбувався попередній синтез цих моделей. На верхньому ешелоні забезпечується вибір нового алгоритму синтезу моделей (АСМ) із переліку існуючих.

При визначенні моделі в структурі підсистеми перетворення інформації, яка потребує заміни, її синтез забезпечується засобами нижнього ешелону управління. У випадку, коли властивості масиву вхідних даних значно змінилися і синтезувати адекватну модель за попереднім алгоритмом не вдається, підключаються засоби вибору нового алгоритму синтезу моделей верхнього ешелону ПУ.

В залежності від кількості локальних завдань перетворення інформації в єдину структуру поєднуються від 50 і більше моделей.

**Формулювання мети.** Для використання методології [2] з метою побудови інформаційних систем кризового моніторингу необхідно розв'язати кілька задач, які належать до різних ешелонів управління.

В умовах різкої зміни властивостей масиву вхідних даних та відсутності на даний момент відповідних їм дійсних значень модельованих функцій, необхідно по новому розв'язувати задачу синтезу моделей на нижньому ешелоні підсистеми управління якістю перетворення інформації (рис. 1). Тобто стоїть задача навчання без учителя індуктивних моделей.

На верхньому ешелоні вимагає розв'язку задача зменшення часу вибору алгоритму синтезу моделі, оскільки цей процес є визначальним для зменшення тривалості перебудови структури системи при зміні властивостей вхідних даних.

Метою даної роботи є дослідження методу розв'язання задачі зменшення тривалості перебудови структури системи.

Була сформульована гіпотеза [5], що зменшення часу вибору алгоритму синтезу моделі одночасно із підвищенням їх якості можливо досягнути шляхом застосування стратегії оптимальності. В рамках цієї стратегії вибору алгоритмів запропоновано метод адаптивного синтезу моделей, який передбачає на першому етапі розв'язку задачі ідентифікації функціональних залежностей проводити класифікацію масиву вхідних даних. Запропоновано для кожного із наявних алгоритмів синтезу моделей сформувати класи масивів вхідних даних, для яких моделі, синтезовані за цим алгоритмом, будуть мати оптимальні характеристики якості.

Формальний опис задачі класифікації вхідних даних моделюючих алгоритмів визначається за допомогою множини об'єктів

$$M = \{\omega_i\}; i = \overline{1, V},$$

де  $V$  – загальна кількість структур алгоритмів.

На цій множині задано розбиття на скінчену кількість підмножин (класів, які визначають моделюючі алгоритми для об'єктів множини  $M$ )  $\Omega_k$ ,  $k = \overline{1, m}$ , де  $m$  – кількість підмножин.

$$M = \Omega_1 \cup \Omega_2 \cup \dots \cup \Omega_m. \quad (1)$$

Набір інформації  $I_0(\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_m)$  про класи алгоритмів  $\Omega_k$  ( $k = \overline{1, m}$ ) заданий частково.

Об'єкти задаються значеннями деяких ознак  $x_j$ ,  $j = \overline{1, N}$  інформативних параметрів, які обчислюються з масиву вхідних даних об'єкта моделювання. Сукупність значень ознак  $x_j$  визначає первинний опис (ПО) об'єкта

$$I(\omega) = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}. \quad (2)$$

Значення ознаки  $x_j$  є випадковою величиною з деякою функцією розподілу  $P(x_j)$ .

Опис об'єкта (2) є стандартним, якщо кожний  $x_j(\omega)$  приймає значення з множини допустимих значень.

Задача класифікації за стандартною інформацією полягає в тому, щоб для даного масиву вхідних даних  $\omega$  і набору класів вхідних даних, придатних для синтезу моделей за наявним алгоритмом  $\Omega_k$ ,  $k = \overline{1, m}$  за інформацією  $I_0(\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_m)$  й описом  $I(\omega)$  обчислити значення предикатів  $P(\omega \in \Omega_k)$ ,  $k = \overline{1, m}$ .

Інформація про те, що об'єкт  $\omega$  відноситься до певного класу, подається у вигляді інформаційного вектора

$$\hat{I}(\omega) = \{I_1(\omega), I_2(\omega), \dots, I_m(\omega)\}, \quad (3)$$

де  $I_k(\omega)$  несе інформацію про приналежність об'єкта  $\omega$  до класу  $\Omega_k$ .

Стандартною інформацією  $I_0(\Omega_1, \Omega_2, \dots, \Omega_m)$  є сукупність множин вигляду (2), для яких передбачається, що серед інформаційних векторів немає вектора виду  $(\Delta, \Delta, \dots, \Delta)$ .

Апріорна інформація в задачі класифікації з непересічними класами задається у вигляді двовимірної таблиці первинного опису (ПО) об'єктів класифікації.

### Виклад результатів досліджень

Дослідження проводились з метою розв'язання задачі структурної ідентифікації інформаційних систем кризового моніторингу систем на основі методу адаптивного конструювання алгоритмів синтезу моделей (МАКАСМ) [5]. Метод може бути застосований для забезпечення функціонування верхнього ешелону підсистеми управління якістю перетворення інформації ІКСМ (рис. 1).

При зміні властивостей масиву вхідних даних із множини наявних алгоритмів синтезу моделей вибирається той, який здатний забезпечити синтез найбільш адекватної моделі.

Адаптивність ПУ до зміни властивостей масиву вхідних даних забезпечується його здатністю змінювати алгоритм синтезу моделей шляхом віднесення даного масиву до класу придатних для синтезу іншим алгоритмом. За рахунок застосування процедури класифікації масиву вхідних даних на заміну процедури послідовного перебору існуючих алгоритмів, забезпечується зменшення часу адаптивного синтезу моделі в 5 та більше разів, в залежності від кількості наявних АСМ. Для випадку, коли в структурі підсистеми перетворення інформації поєднано від 50 моделей час на адаптацію структури цієї підсистеми до зміни властивостей об'єктів моніторингу знижується від 1 години до 2,5 хвилин [5]. При цьому вимагає перевірки здатність МАКАСМ зберігати свої характеристики в реальних умовах кризового

моніторингу. З цією метою існуюча база даних автоматизованої системи багаторівневого соціоекологічного моніторингу [2], ПУ якої реалізовано на основі МАКАСМ, була доповнена результатами оперативного моніторингу концентрації техногенних забруднювачів води та повітря в процесі їх аварійних викидів підприємствами Черкаської області.

Досліджувався вплив зміни стану об'єктів довкілля в кризових умовах на захворюваність ендокринної системи населення Черкаської області. Масив вхідних даних за часом їх отримання був розділений на три частини: послідовності А, В, С. Дані послідовностей А та В були отримані в процесі моніторингу стану об'єктів при кризових умовах в минулі періоди часу. Вони використовувались в процесі синтезу моделей для їх навчання, випробування та селекції.

Дані послідовності С були отримані за кризових умов в наступний період часу. Вони в процесі синтезу моделей участі не приймали і були використана для оцінки нового методу.

МАКАСМ реалізовувався за таким алгоритмом.

1. Випробування алгоритмів синтезу моделей на масивах вхідних даних А та В.

2. Формування ознак для класифікації кризових вхідних даних на послідовності С. Ознаки розраховувались без врахування модельованих показників.

3. Класифікація спостережень масиву даних із невідомими значеннями модельованого показника.

4. Розрахунок значення модельованого показника.

5. Визначення характеристик результатів моделювання.

На першому етапі на основі масивів вхідних даних А і В були синтезовані моделі за 5 різними алгоритмами. Після цього для кожної із 5 моделей із масиву вхідних даних були вибрані ті спостереження, для яких результати моделювання виявились найкращими. Таким чином було сформовано 5 класів вхідних даних, придатних для синтезу адекватних моделей за кожним із алгоритмів.

Ознаки формувались у вигляді характеристик зв'язків кожного спостереження послідовності С із спостереженнями кожного із 5 класів масивів даних. Для цього визначались значення СКВ та коефіцієнта лінійної кореляції між спостереженнями та між значеннями показників масивів вхідних даних. Таким чином був сформований масив ознак для послідовностей А, В, С.

Користуючись цими масивами ознак, за допомогою багаторядного алгоритму МГУА [6] були синтезовані моделі для класифікації спостережень масиву кризових вхідних даних. В процесі синтезу моделей були використані масиви ознак для послідовностей А та В. Масив ознак для послідовності С не приймав участі в синтезі класифікаційних моделей та був використаний в якості екзаменаційної послідовності.

Для кожного із класів масиву вхідних даних була синтезована окрема модель, призначена для класифікації окремих спостережень. Випробування цих моделей проводилось на масиві ознак послідовності С. Результати випробувань подані в табл. 1.

Таблиця 1

## Результати випробування класифікаторів

№ спостереження	Масив ознак	Значення образу	Результати моделювання образу	Результати класифікації
1	2	3	4	5
1	1	-10	-11	0
2		-10	-16	0
3		-10	-14	0
4		<b>10</b>	<b>-9</b>	<b>1</b>
5		<b>10</b>	<b>-3</b>	<b>1</b>
6	2	-10	-10	0
7		<b>10</b>	<b>17</b>	<b>2</b>
8		-10	-10	0
9		-10	-10	0
10		-10	-10	0
1	2	3	4	5
11	3	-10	-9	0
12		-10	-10	0
13		-10	-10	0
14		<b>10</b>	<b>56</b>	<b>3</b>
15		<b>10</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
16	4	-10	-67	0
17		-10	-10	0
18		-10	-8	0
19		-10	-1	0
20		<b>10</b>	<b>11</b>	<b>4</b>
21	5	-10	-49	0
22		-10	-10	0
23		-10	-10	0
24		-10	-10	0
25		<b>10</b>	<b>-3</b>	<b>5</b>

Результати, подані в табл. 1, дозволяють стверджувати, що у всіх випадках вдалось визначити розділяючу поверхню, яка дозволила вірно класифікувати спостереження кризового масиву вхідних даних.

В табл. 2 подані результати розрахунку значень модельованих показників масиву вхідних даних, отриманих в кризових умовах. Номер спостереження позначено відповідно табл. 1. В досліджуваних умовах похибка моделювання в точках предметного простору, які на першому етапі ідентифікації функціональної залежності віднесені до відповідного класу даних, що придатні для синтезу якісних моделей за відповідним алгоритмом, не перевищила 4%. Необхідно зазначити деяку надлишковість даного методу, оскільки спостереження за № 1, 2, 16, 22 також мають прийнятну в даних умовах похибку,

але не були зазначені можливими для синтезу якісних моделей.

Таблиця 2  
Результати розрахунку модельованих показників за кризовими моделями

№ спостереження	Клас вхідних даних	Значення модельованого показника, захворювань/ 10 000 осіб	Похибка моделювання, %
1	0	562,1	3,52
2	0	535,7	4,50
3	0	673,6	17,76
4	1	518,4	2,05
5	1	546,3	2,17
6	0	427	17,58
7	2	650,9	2,27
8	0	562,1	40,76
9	0	535,7	23,05
10	0	673,6	8,88
11	0	427	45,45
12	0	562,1	9,06
13	0	535,7	49,91
14	3	861,6	3,80
15	3	563,1	1,43
16	0	650,9	4,41
17	0	562,1	25,59
18	0	535,7	21,16
19	0	673,6	71,44
20	4	546,3	1,76
21	0	650,9	10,37
22	0	562,1	4,53
23	0	535,7	10,46
24	0	673,6	11,53
25	5	568,5	1,16

**Висновок**

Запропоновано метод синтезу моделей, який дозволяє реалізувати багаторівневий соціоекологіч-

ний моніторинг в кризових умовах. Експериментально доведена ефективність цього методу. Похибка моделювання залежності захворювань ендокринної системи населення Черкаської області не перевищила 4%. Отримані результати дозволяють реалізувати інформаційні системи кризового моніторингу на основі методології створення автоматизованих систем багаторівневого перетворення інформації. Вимагають додаткових досліджень особливості використання даного методу для координації міжрівневих взаємодій елементів ієрархічних систем багаторівневого перетворення інформації з метою визначення меж придатності кризових систем.

**Список літератури**

1. Положення про державний моніторинг навколишнього природного середовища. Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 23 вересня 1993 р. № 785.
2. Голуб С.В. Методологія створення автоматизованих систем багаторівневого соціоекологічного моніторингу: автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.13.06 «Інформаційні технології» / Голуб С.В. – К., 2009. – 36 с.
3. «Порядок здійснення державного моніторингу вод» затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 20 липня 1996 р. № 815.
4. Голуб С.В. Координація взаємодій локальних агрегатів в структурі систем багаторівневого перетворення моніторингової інформації / С.В. Голуб // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля. – 2009. – № 6(136). – Частина I. – С. 325-329.
5. Голуб С.В. Застосування стратегії оптимальності при виборі алгоритмів синтезу моделей у системах багаторівневого соціоекологічного моніторингу / С.В. Голуб, П.О. Колос // Математичні машини і системи. – 2010. – № 4. – С. 127-134.
6. Ивахненко А.Г. Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем / А.Г. Ивахненко. – К.: Наук. думка, 1981. – 296 с.

Надійшла до редколегії 21.04.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.М. Рудницький, Черкаський державний технологічний університет, Черкаси.

**ОСОБЕННОСТИ СОЗНАНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ КРИЗИСНОГО СОЦИОЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА**

С.В. Голуб, П.О. Колос

Представлены результаты исследований процесса синтеза моделей объектов кризисного социоекологического мониторинга. Решена задача структурной идентификации элементов многоуровневой системы преобразования информации при условиях изменения свойств входных данных. Основываясь на полученных результатах, предложен новый метод синтеза моделей как элементов структуры информационной системы кризисного социоекологического мониторинга. Экспериментально подтверждена эффективность применения нового метода.

**Ключевые слова:** кризисный мониторинг, синтез моделей, информационная система, иерархическая структура.

**FEATURES OF CONSCIOUSNESS OF THE INFORMATIVE SYSTEMS OF THE CRISIS SOCIOECOLOGICAL MONITORING**

S.V. Golub, P.O. Kolos

Given results of researches of process of synthesis of models of objects of the crisis socioecological monitoring. The untied task of structure authentication of elements of the multilevel system of transformation of information is at the terms of change of properties of detains. Based on the got results the new method of synthesis of models is offered as elements of structure of the informative system of the crisis ecological for sociomonitoring. Efficiency of application of new method is experimentally confirmed.

**Keywords:** crisis monitoring, synthesis of models, informative system, hierarchical structure.