

УДК 004.94

В.Ю. Дендаренко

*Академія пожежної безпеки ім. Героїв Чорнобиля МНС України*

## **ФОРМУВАННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНИХ ЗВ'ЯЗКІВ В СТРУКТУРІ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ БАГАТОРІВНЕВОГО МОНІТОРИНГУ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ**

*З метою підвищення адекватності моделей об'єктів моніторингу пожежної безпеки запропоновано збільшувати кількість інформативних показників в масиві вхідних даних за рахунок використання вихідних сигналів агрегатів одного рівня. На основі отриманих результатів запропоновано новий метод адаптивного формування структури інформаційної системи моніторингу пожежної безпеки. Отримано експериментальне підтвердження гіпотези про інформативність вихідних сигналів агрегатів одного рівня при синтезі моделей об'єктів моніторингу пожежної безпеки.*

**Ключові слова:** моделі, перетворення інформації, ієрархія, горизонтальні зв'язки, моніторинг, пожежна безпека.

### **Вступ**

Основним завданням проектування інформаційної системи моніторингу пожежної безпеки є підвищення ефективності профілактики пожеж без значних витрат та без необхідності значної перебудови існуючої державної системи пожежного нагляду. Пропонується удосконалити процес обробки та перетворення інформації за рахунок використання нової технології багаторівневого моніторингу. З цією метою проектується інформаційна система моніторингу пожежної безпеки (ІСМПБ), процес перетворення інформації якої реалізовано у вигляді послідовного використання моделей об'єктів моніторингу. Ієрархічне поєднання цих моделей дозволяє розв'язувати послідовність локальних задач, які утворились в результаті декомпозиції складної глобальної задачі перетворення інформації, розв'язати яку поки що неможливо наявним науково-методичним апаратом.

Основним структурним елементом ІСМПБ є модель об'єкта моніторингу. Вхідними даними для синтезу моделі служать результати діяльності територіальних органів державного пожежного нагляду за дотриманням на території України вимог пожежної безпеки. Враховуючи те, що для їх отримання використовуються методики, що не адаптовані до нової технології обробки даних, виникає протиріччя між вимогами до інформативності масиву вхідних даних, отриманих за неадаптованими методиками та недостатніми можливостями синтезатора моделей автоматизованих систем багаторівневого моніторингу до перетворення цих даних. В цій роботі проводяться дослідження процесів підвищення інформативності масиву вхідних даних в рамках автоматизованої системи багаторівневого моніторингу пожежної безпеки.

**Постановка проблеми.** Одним із способів усунення зазначеного протиріччя є підвищення

інформативності масиву вхідних даних шляхом збільшення кількості інформативних параметрів. У випадку, коли перелік контрольованих показників фіксований і змінити цей перелік можливо тільки шляхом внесення змін до нормативних документів, оперативне використання нових показників в масиві вхідних застосувати не вдається. Тому додаткові інформативні параметри необхідно синтезувати на основі нормативних показників, що вже ввійшли в масив вхідних даних.

**Метою цієї роботи** є визначення методу синтезу додаткових інформативних показників, які дозволяють розв'язати локальні задачі підвищення адекватності синтезу моделей, забезпечуючи при цьому вирішення глобальної задачі системи — забезпечити інформацією процес формування ефективних заходів із профілактики пожеж. Задача буде вважатись розв'язаною, якщо використання додаткових показників у вхідному масиві даних дозволяє покращити характеристики адекватності синтезованих моделей. Додатковою вимогою, яка накладається на метод синтезу показників є можливість його реалізації в процесі формування структури автоматизованої системи багаторівневого перетворення інформації, яка реалізовує технологію багаторівневого моніторингу пожежної безпеки.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Додаткові показники синтезуються на основі використання апріорної інформації [1], яка надається експертами, шляхом лінійного перетворення існуючих показників [2], шляхом нелінійного перетворення існуючих показників [3] або шляхом довільного поєднання кількох нелінійних алгоритмів перетворення цих показників. Загальновідомою проблемою є інтерпретація нових показників. Оскільки синтез додаткових показників відбувається на основі всіх даних вхідного масиву, актуальним є видалення сумішених [4] первинних даних.

### Постановка завдання

На основі вже існуючого масиву вхідних даних необхідно синтезувати додаткові показники, що містять в собі інформацію про властивості об'єкта моніторингу:

$$g_j(x) = g_j(x_1, x_2, \dots, x_n). \quad (1)$$

Додаткова інформація використовується в процесі розв'язання задачі координації елементів багаторівневої ієрархічної структури інформаційної системи:

$$(\exists \gamma) (\exists x) [P(x, D_i(\gamma)), \&P(Z(x), D_n)], \quad (2)$$

де  $\gamma$  – стратегія координації локальних задач перетворення інформації;  $x$  – вхідні дані;  $D_i(\gamma)$  – множина локальних задач перетворення інформації, які вирішуються відповідно до стратегії  $\gamma$ ;  $Z(x)$  – глобальна функція перетворення інформації;  $D_n$  – глобальна задача системи.

Глобальною задачею системи пожежного нагляду  $D_n$  є забезпечення процесу прийняття рішень відомостями про реакцію об'єктів моніторингу на застосування керуючих впливів. Рішення буде прийматись в умовах визначеності, коли відомі наслідки реалізації кожного із  $n$  заходів із профілактики пожеж.

Глобальна функція перетворення інформації  $Z(x)$  реалізується шляхом формування багаторівневої структури автоматизованої системи моніторингу пожежної безпеки.

Локальною задачею перетворення інформації  $D_i(\gamma)$  є побудова функціональної залежності  $i$ -ї характеристики пожеж від характеристик причин, що їх викликають.

Координація локальних задач — це спосіб формування зв'язків між елементами нижнього рівня – показниками масиву вхідних даних.

Стратегія координації локальних задач перетворення інформації  $\gamma$  це метод висхідного синтезу елементів структури системи — моделей об'єктів моніторингу відповідного рівня. Підвищення адекватності цих моделей досягається за рахунок використання додатково синтезованих показників станів об'єкта для вхідного масиву даних:

$$\gamma = \gamma(g_j(x), x_i). \quad (3)$$

Задача зводиться до створення методу формування додаткових інформативних показників для масиву вхідних даних, на основі якого синтезуються моделі, з метою більш ефективного розв'язання задачі координації структури інформаційної системи багаторівневого перетворення інформації за методом висхідного синтезу її елементів.

### Гіпотеза

На рис. 1. подана функціональна схема перетворення інформації системи багаторівневого моніторингу пожежної безпеки. Вона містить три рівні пере-

творення інформації, які в структурі системи реалізовані у вигляді страт. Кожна страта об'єднує моделі об'єктів моніторингу певного рівня. На вхід страти 1 подається множина  $X$  показників стану пожежної безпеки об'єктів моніторингу, зокрема характеристики причин пожеж та загорянь. На вхід страти 2 подаються множина  $Y$  показників пожеж. На вхід страти 3 подаються множина  $Z$  показників впливовості факторів, що характеризуються показниками  $X$ . Елементами кожної страти є моделі, за допомогою яких множина вхідних показників відображається на множину вихідних показників цих страт.

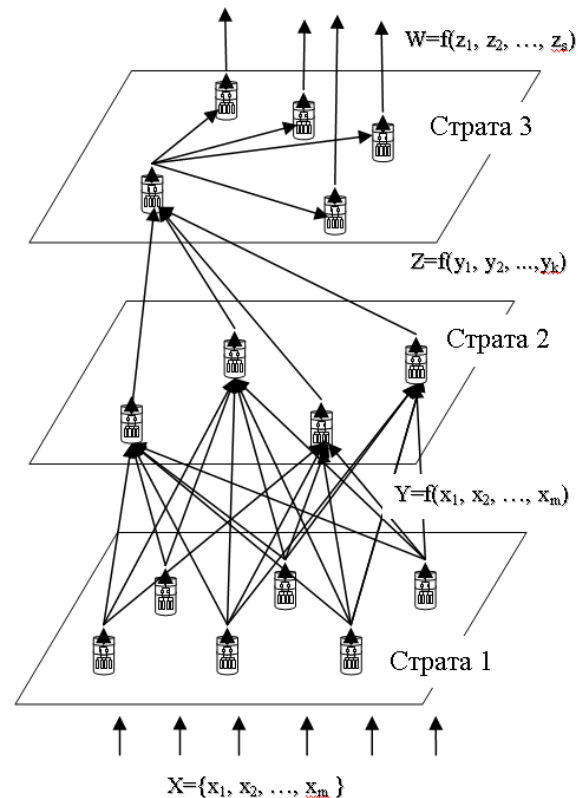


Рис. 1. Функціональна схема багаторівневого перетворення інформації

Вихідні сигнали агрегатів нижньої страти подаються на вхід агрегатів вищої страти, утворюючи таким чином вертикальну багаторівневу структуру.

Відповідно методу висхідного синтезу елементів [6] формування та координація цієї структури відбувається шляхом синтезу моделей вищої страти на основі вихідних сигналів моделей нижніх страт. В умовах значної зашумленості результатів моніторингу пожежної безпеки інформативність масиву вхідних даних часто виявляється недостатньою для синтезу моделей нормативної якості для вищих страт.

Була висунута гіпотеза про те, що підвищити інформативність масиву вхідних даних для синтезу структурних елементів підсистеми перетворення інформації можливо за рахунок використання результатів моделювання об'єктів одного рівня моніторингу.

### Результати досліджень

Для перевірки даної гіпотези був проведений модельний експеримент. Метою експерименту було визначити та порівняти адекватність моделей, синтезованих за масивом вхідних даних із використанням додаткових показників, отриманих в результаті використання моделей однієї страти, та без додаткових показників. Досліджувались елементи страти 1 відповідно рис. 1.

Для проведення досліджень була програмно реалізована функціональна схема перетворення інформації з горизонтальними зв'язками елементів, подана на рис. 2. Для синтезу елементів структури даної страти використовувався багаторядний алгоритм МГУА [6].

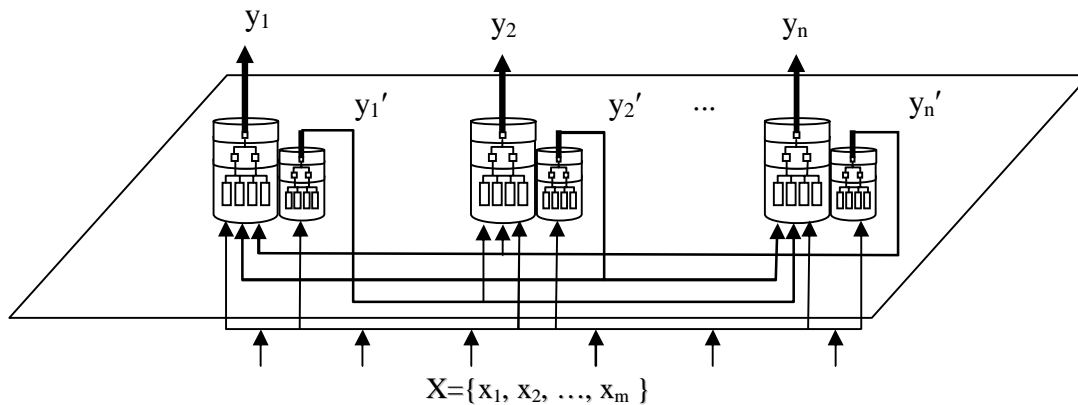


Рис. 2. Страта з горизонтальними зв'язками елементів

Вхідний масив даних, за яким синтезувались елементи даної страти, містив показники стану об'єктів моніторингу пожежної безпеки протягом періоду з 2001 до 2009 років відповідно табл. 1.

Таблиця 1

Характеристики вхідного масиву даних об'єктів моніторингу пожежної безпеки

Характеристика	Змінна
1. Час, рік	$x_1$
2. Місце	$x_2$
3. Підпали, випадків	$x_3$
4. Несправність виробничого обладнання, випадків	$x_4$
5. Порушення правил улаштування та експлуатації електроустановок, випадків	$x_5$
6. Порушення правил улаштування та експлуатації печей, випадків	$x_6$
7. Необережне поводження з вогнем, випадків	$x_7$
8. Збитки прямі, тис. грн.	$y_1$
9. Збитки побічні, тис. грн.	$y_2$
10. Травмовано, осіб	$y_3$
11. Пошкоджено будівель, одиниць	$y_4$

Таким чином досліджувана страта містила 4 моделі, що реалізовували функціональні залежності відображення:

Вихідними сигналами кожного із елементів страти є результати функціонального перетворення масиву вхідних даних у значення модельованих показників, яке реалізовується кожною із синтезованих моделей.

Вихідний сигнал кожної моделі, синтезованої за масивом вхідних даних без додаткових показників, подається на вхід інших моделей даної страти. Таким чином формуються додаткові показники масиву вхідних даних для синтезу кожної моделі  $Y' = \{y_1', y_2', \dots, y_{m-1}'\}$ , на основі яких відбувається повторний синтез даної функціональної залежності. Після цього вихідні сигнали нових моделей, синтезованих за вхідними даними із додатковими показниками  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$ , передаються до вхідного масиву даних вищої страти.

$$X \rightarrow Y, X = \{x_1, x_2, \dots, x_7\}, Y = \{y_1, y_2, y_3, y_4\}. \quad (4)$$

За функцію якості моделей використаний критерій регулярності  $R_y$  [6] у вигляді середнього квадратичного відхилення результатів моделювання від дійсних значень модельованих показників експертної послідовності масиву вхідних даних, які не використовувались в процесі синтезу моделі.

Для порівняння якості моделей, синтезованих за масивом вхідних даних із використанням додаткових показників та без них розраховувався градієнт критерію регулярності за формулою (5):

$$G_{R_y} = \left( \frac{R_{y'} - R_y}{R_{y'}} \right) \cdot 100\%, \quad (5)$$

де  $R_{y'}$  – критерій регулярності результатів моделювання за вхідними даними без додаткових показників;  $R_y$  – критерій регулярності результатів моделювання за вхідними даними із додатковими показниками.

На рис. 3 подані результати досліджень.

Вони дозволяють стверджувати, що застосування додаткових показників, в основному, дозволяє зменшити значення критерію регулярності на (2 – 64)%.

Тенденція до зниження градієнта критерію регулярності, наприклад в моделях 2004 року, може свідчити про зниження достовірності вхідних даних.

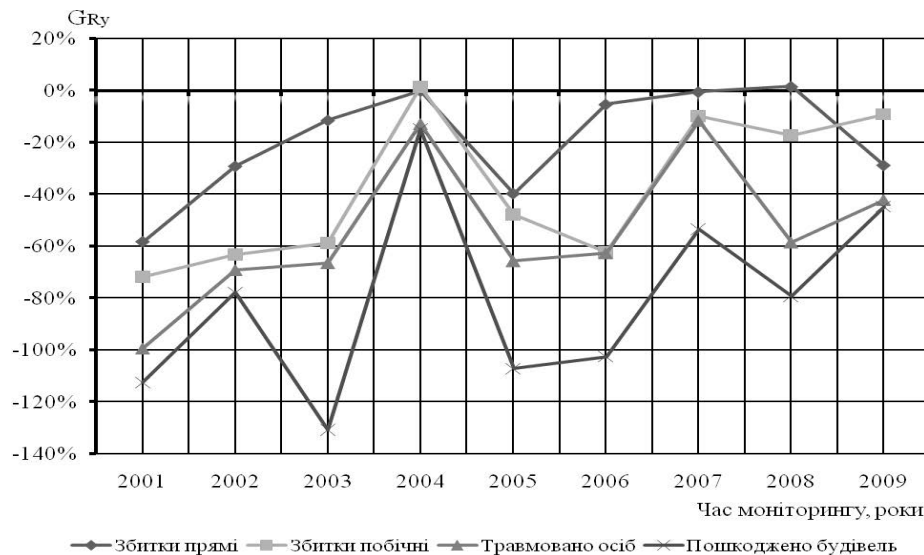


Рис. 3. Градієнт критерію регулярності результатів моделювання при використанні додаткових показників

## Висновки

Запропоновано новий метод координації елементів багаторівневих систем перетворення інформації. На відміну від існуючих, вперше в подібних системах використані горизонтальні ієрархічні зв'язки при реалізації ієрархічної структури підсистеми перетворення інформації. Використання вихідних сигналів при формуванні масиву вхідних даних для елементів однієї страти дозволяє збільшити кількість інформативних параметрів, що дозволяє підвищити адекватність моделей. Результати експерименту дозволяють зробити висновок про підвищення ефективності координації елементів структури ієрархічної багаторівневої системи моніторингу пожежної безпеки за рахунок удосконалення методу формування зв'язків між цим елементами. Ефект емерджентності проявляється у вигляді зниження значення критерію регулярності вихідних сигналів в діапазоні від 2% до 64%.

Наступні дослідження доцільно проводити в напрямку виявлення та усунення причин зниження градієнта критерію регулярності.

## Список літератури

1. Патрик Э. Основы теории распознавания образов / Э. Патрик. – М.: Сов. радио. – 1980. – 408 с.
2. Лапач С.Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel / С.Н. Лапач, А.В. Чубенко, П.Н. Бабиц. – К.: МОРИОН, 2001. – 408 с.
3. Загоруйко Н.Г., Ёлкина В.Н., Лбов Г.С. Алгоритмы обнаружения эмпирических закономерностей. Новосибирск: Наука, 1985. – 110 с.
4. Голуб С.В. Формування критерію відбору інформативних параметрів об'єктів моделювання в інформаційних системах багаторівневого моніторингу / С.В. Голуб // Математичні машини і системи. – 2007. – № 3-4. – С. 218-226.
5. 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). – Ч. 1. – С. 325-329.
6. Ивахненко А.Г. Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем / А.Г. Ивахненко. – К.: Наук. думка, 1981. – 296 с.

Надійшла до редколегії 22.11.2010

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

## ФОРМИРОВАНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СВЯЗЕЙ В СТРУКТУРЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ МНОГОУРОВНЕВОГО МОНИТОРИНГА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

В.Ю. Дендаренко

Для повышения адекватности моделей объектов мониторинга пожарной безопасности предложено увеличить количество информативных показателей в массиве входных данных за счет использования выходных сигналов агрегатов одного уровня. Предложен новый метод адаптивного формирования структуры информационной системы мониторинга пожарной безопасности. Экспериментально подтверждена гипотеза об информативности выходных сигналов агрегатов одного уровня при синтезе моделей объектов мониторинга пожарной безопасности.

**Ключевые слова:** модели, преобразование информации, горизонтальные связи, мониторинг, пожарная безопасность.

## FORMING OF HORIZONTAL CONNECTIONS IN THE STRUCTURE OF THE INFORMATIVE SYSTEM OF THE MULTILEVEL MONITORING OF FIRE SAFETY

V.U. Dendarenko

For the increase of adequacy of models of objects of monitoring of fire safety it is suggested to increase the amount of informing indexes in the array of entrance data due to the use of output signals of aggregates of one level. The new method of the adaptive forming of structure of the informative system of monitoring of fire safety is offered. A hypothesis is experimentally confirmed about informing of output signals of aggregates of one level at the synthesis of models of objects of monitoring of fire safety.

**Keywords:** models, transformation of information, hierarchy, horizontal connections, monitoring, fire safety.