

10. Heart rate variability in elite American track-and-field athletes / D.J.Berkoff [et al] // J Strength Cond Res. – 2007. – V.21, №1. – P.227-231.
11. Individual differences in respiratory sinus arrhythmia / S.Ben Lamine [et al] // Am J Physiol Heart Circ Physiol. – 2004. – V.286, №6. – H2305-2312.
12. Kubichek W.G. Impedance cardiography as a noninvasive method of monitoring cardiac function and other parameters of the cardiovascular system / W.G.Kubichek, R.P.Patterson, D.A.Wetsol // Ann. N.Y. Acad. Sci. – 1970. - №2. – P. 724-732.
13. Malliani A. The pattern of sympathovagal balance explored in the frequency domain // News Physiol Sci. – 1999. – V.14. – P.111-117.
14. Pulse pressure variation during different loading conditions in a paediatric animal model / J.Renner [et al] // Acta Anaesthesiol Scand. – 2008.-V.52, №3.–P.374-80.
15. Relation between very high physical activity energy expenditure, heart rate variability and self-estimate of health status in middle-aged individuals / M.Buchheit [et al] // Int J Sports Med. – 2006. – V.27, №9. – P.697-701.
16. Spectral evaluation of aging effects on blood pressure and heart rate variations in healthy subjects / D.Singh [et al] // J Med Eng Technol. – 2006. – V.30, №3. – P.145-150.
17. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability / Standards of Measurements, Physiological Interpretation, and Clinical Use // Circulation. - 1996. - V. 93. - P. 1043-1065.

*Виконана формалізована постановка задачі оптимізації структури системи пожежного моніторингу. Розроблені цільові функції для приміщень із джерелами підвищеної пожежної небезпеки, з нерівномірним пожежним навантаженням та для загального випадку*

*Ключові слова: еволюційне моделювання, цільова функція, моніторинг*

*Выполнена формализованная постановка задачи оптимизации структуры системы пожарного мониторинга. Разработаны целевые функции для помещений с источниками повышенной пожарной опасности, с неравномерной пожарной нагрузкой и для общего случая*

*Ключевые слова: эволюционное моделирование, целевая функция, мониторинг*

*The formalized raising of task of optimization of structure of the system of the fire monitoring is executed. Objective functions are worked out for apartments with the sources of enhanceable fire hazard, with the uneven fire loading and for a general case*

*Key words: evolutionary design, objective function, monitoring*

УДК 004.89:614.842.4

# ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ СИСТЕМЫ ПОЖЕЖНОГО МОНИТОРИНГУ ПРИ ЗМІННОМУ ПОЖЕЖНОМУ НАВАНТАЖЕННЮ ПРИМІЩЕННЯ

**О.М. Землянський**

Доцент

Кафедра автоматичних систем безпеки  
Академія пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля  
вул. Онопрієнка, 8, м. Черкаси, 18034  
Контактний тел: 097-558-06-32  
E-mail: alnzeml@gmail.com

## Вступ

Дана стаття завершує цикл робіт, присвячених проблемі оптимізації систем пожежного моніторингу (СПМ) будівель і споруд. У попередніх публікаціях:

запропоновано при проектуванні СПМ враховувати можливу кількість людських жертв при пожежі, обсяги матеріальних збитків та наслідки супутніх екологічних та техногенних катастроф і розроблені моделі для їх визначення [1];

розроблено принципи і формалізовано задачі розміщення сповіщувачів пожежної сигналізації в умовах невизначеності та запропоновано здійснювати оптимізацію СПМ з використанням елементів теорії нечітких множин [2];

запропоновано моделі, структурна та параметрична ідентифікація яких дозволить визначити оптимальну кількість пожежних сповіщувачів у приміщенні у залежності від прогнозованих наслідків можливої пожежі на основі експертних висновків [3];

розроблено методи оптимізації СПМ, що базуються на еволюційній парадигмі та дозволяють підвищити надійність та оперативність її функціонування [4].

Отримані результати відображають різносторонність розгляду проблеми створення СПМ. Зроблені спроби інтегрального розгляду запропонованих ідей, принципів, моделей, методів та інструментальних засобів. За його межами залишилась задача оптимізації СПМ для приміщень із нерівномірним та змінним пожежним навантаженням.

Очевидно, що така задача має ширшу предметну область і у найпростішому випадку повинна зводитись до оптимізації СПМ приміщень із рівномірним пожежним навантаженням. Зауважимо, що для її розв'язання, виходячи із особливостей розрахунку цільової функції та відсутності інформації про її диференційованість, були застосовані методи еволюційного моделювання [1÷5].

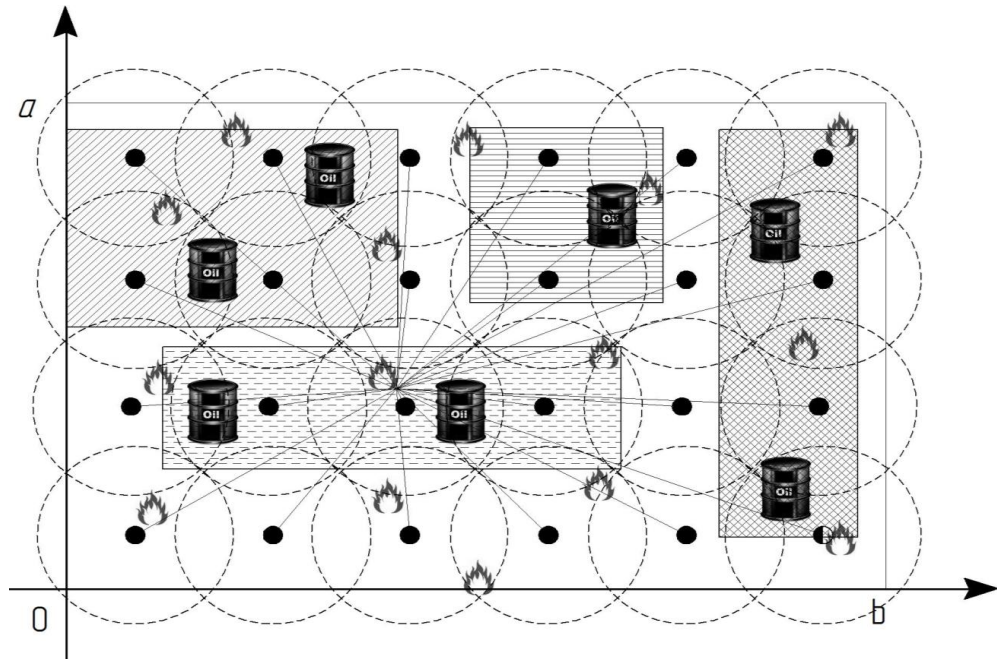


Рис. 1. Структура приміщення із нерівномірним пожежним навантаженням та джерелами пожежної небезпеки

**Постановка задачі**

Розглянемо задачу оптимізації структури СПС для випадку, коли приміщення характеризується нерівномірним, змінним пожежним навантаженням або має джерела підвищеної пожежної небезпеки.

За визначенням останні об'єкти характеризуються підвищеною ймовірністю виникнення пожежі або досягнення їх вогнем може призвести до техногенних або екологічних катастроф [1].

Нехай  $\Xi$  – горизонтальна проекція приміщення, де досліджується можливість оптимізації СПС,  $\Xi = \{(x, y) | x \in [0, a], y \in [0, b]\}$  (рис. 1). Кількість сповіщувачів, які встановлюються в приміщенні, є відомою і становить  $N$  одиниць. Координати розміщення сповіщувача є  $(x_d^j, y_d^j)$ ,  $j = 1, N$ , радіус зони відповідальності пожежного сповіщувача позначимо  $r_d$ . Ймовірність спрацювання сповіщувача у разі пожежі є  $p_c^j$ , найчастіше для  $\forall_j = 1, N: p_c^j = p_c$ . Середній час від початку пожежі до моменту часу спрацювання сповіщувача  $t_c^j$ . Кількість джерел підвищеної небезпеки позначимо  $K$ , ймовірність виникнення пожежі на кожному з них є  $p_k^j, j = 1, K$ .

У роботі [4] показано, що за умови рівномірного пожежного навантаження приміщення цільова функція,

яка визначає оптимальність розміщення сповіщувачів є такою;

$$F(w) = \sum_{i=1}^M \chi(\sum_{j=1}^N \chi(d_{ij} < r) > 0) \cdot \frac{1}{1 - (1-p)^{\sum_{j=1}^N \chi(d_{ij} < r)}} \cdot \min_j d_{ij} + \sum_{i=1}^M \chi(\sum_{j=1}^N \chi(d_{ij} < r) = 0) \cdot \min_j d_{ij} \tag{1}$$

Цільову функцію (1) потрібно мінімізувати. В (1)  $X(*)$  – функція-індикатор,  $p = p_c$ ,  $r = r_d$ ,  $d_{ij}$  – відстанню між  $i$ -ю потенційною точкою виникнення пожежі та  $j$ -м сповіщувачем,  $w$  – структура системи із  $N$  пожежних сповіщувачів, що визначається системою їх координат.

Оскільки цільова функція (1) є поліекстремальною і недиференційованою, то для її мінімізації було запропоновано використати еволюційне моделювання. Конструктивні методи одержання розв'язку задачі  $F(w) \rightarrow \min$  запропоновані в [4]. Очевидно, що ці методи є інваріантними по відношенню до виду цільової функції (1). Водночас (1) побудована для найпростішого випадку, коли приміщення має постійне рівномірне пожежне навантаження та відсутні джерела підвищеної пожежної небезпеки.

Важливою є задача певної «універсалізації» цільової функції (1) для більш загального випадку, куди включаємо:

- наявність джерел підвищеної небезпеки;
- постійне нерівномірне пожежне навантаження;
- змінне нерівномірне пожежне навантаження.

Розглянемо кожен з цих випадків окремо.

У приміщенні з рівномірним пожежним навантаженням є джерела підвищеної небезпеки. У цьому випадку важливо враховувати пріоритетність розміщення пожежних сповіщувачів ближче до таких джерел, водночас намагаючись не залишати без захисту інші ділянки приміщення. Запишемо цільову функцію таким чином

$$\begin{aligned}
 F(w) = & \alpha \cdot \sum_{i=1}^M \chi \left( \sum_{j=1}^N \chi(d_{ij} < r) > 0 \right) \cdot \frac{1}{1 - (1-p)^{\sum_{j=1}^N \chi(d_{ij} < r)}} \cdot \min_j d_{ij} + \\
 & + \beta \cdot \sum_{k=1}^K \chi \left( \sum_{j=1}^N \chi(d_{kj} < r) = 0 \right) \cdot \frac{1}{1 - (1-p)^{\sum_{j=1}^N \chi(d_{kj} < r)}} \cdot \min_j d_{kj} + \\
 & + \gamma \cdot \sum_{i=1}^M \chi \left( \sum_{j=1}^N \chi(d_{ij} < r) = 0 \right) \cdot \min_j d_{ij} + \delta \cdot \sum_{k=1}^K \chi \left( \sum_{j=1}^N \chi(d_{kj} < r) = 0 \right) \cdot \min_j d_{kj},
 \end{aligned} \tag{2}$$

де  $K$  – кількість джерел підвищеної небезпеки,  $\alpha, \beta, \gamma$ , – вагові коефіцієнти відповідних фрагментів цільової функції. Перший доданок цільової функції вказує на мінімальний час спрацювання сповіщувачів від точки виникнення пожежі та на величину, обернену надійності СПС. Другий доданок є аналогічним першому, але уже для пожежі, що зумовлена джерелом підвищеної небезпеки. Третій та четвертий доданки (2) є штрафними функціями у випадку, якщо точка виникнення пожежі або джерело підвищеної небезпеки не знаходиться в зоні відповідальності жодного сповіщувача.

Коефіцієнти  $\alpha, \beta, \gamma$  та  $\delta$ , що входять в (2), легко знайти, використовуючи метод аналізу ієрархій Т. Сааті [6]. Для пошуку мінімуму (2), як і в [4] застосовуються генетичний алгоритм та еволюційні стратегії. Відмінність від раніше розглянутого випадку полягає у тому, що необхідно формувати ще одну матрицю відстаней  $D^K = \{d_{kj} | k = \overline{1, K}, j = \overline{1, N}\}$ , елементи якої є відстанями від

$k$ -го джерела пожежної небезпеки до  $j$ -го сповіщувача. Зауважимо, що в нашій задачі такі джерела є стаціонарними. Потенційними розв'язками є координати точок розміщення сповіщувачів (їх фіксована кількість), а точки виникнення пожежі мають рівномірний розподіл в області  $\Xi$ .

**Приміщення має постійне нерівномірне пожежне навантаження**

До таких приміщень належать склади із визначеними місцями для зберігання певних товарів, бібліотеки, житлові приміщення тощо. Припустимо, що  $\Xi = \Xi_1 \cup \Xi_2 \cup \dots \cup \Xi_n$ , де  $\Xi_i$  – ділянка приміщення, що

характеризується рівнем пожежного навантаження  $\eta_i, i = \overline{1, n}, \bigcap_{i=1}^n \Xi_i = \emptyset$ . Очевидно, що ділянки  $\Xi_i$  легко

зобразити графічно, здійснити координатну прив'язку та вважати, що  $\Xi_i = \{(x, y) | x \in [a_1^i, a_2^i], y \in [b_1^i, b_2^i]\}$ .

Границі ділянок  $\Xi_i, i = \overline{1, n}$  є елементами матриці  $G$ .

Важливою, складною, слабо структурованою та важкоформалізованою є задача визначення рівня пожежного навантаження. Пропонуємо для цього використати такі параметри, як  $Z_1$  – тип матеріалу, який визначає пожежне навантаження,  $Z_2$  – його об'єм на  $1 \text{ см}^2$ ,  $Z_3$  – нормальна швидкість горіння,  $Z_4$  – швидкість вигорання,  $Z_5$  – токсичність продуктів горіння,  $\xi$  – невраховані параметри (повний перелік див. [7]). Очевидно, що тоді  $\eta^i = h(Z_1^i, Z_2^i, Z_3^i, Z_4^i, Z_5^i, \xi^i), i = \overline{1, n}$ .

Зауважимо, що тоді потужність та елементний склад кожного  $\xi_i$  встановлюється у конкретному випадку. Для подальших досліджень було б бажано мати ідентифіковану залежність (3). Але, враховуючи унікальність кожного приміщення, стверджуємо, що одержання (3) в аналітичному вигляді є надто трудомістким процесом.

Очевидно, що мінімізувати трудомісткість та одночасно об'єктивізувати обчислення рівня пожежного навантаження можна, використовуючи нечіткі продукційні правила з нечітким логічним висновком Мамдані [3]:

Якщо  $z_1 \in Z_1 \ \& \ z_2 \in Z_2 \ \& \dots \ \& \ z_5 \in Z_5 \ \& \dots$ , то  $\eta \in Q$ , (4)

де  $Z_1, Z_2$  є табличними даними,  $Z_3, Z_4, Z_5, \dots$  – нечіткі множини з відповідними функціями належності, одержаними на основі інтервальних табличних даних, реальної ситуації та досвіду експертів,  $Q$  – нечітка множина, відповідна функція належності має областю значень відрізок  $[0,1]$ . Кількість правил типу (4) визначається, виходячи із кількості експертів та ділянок із різним пожежним навантаженням. Ідентифікація системи рівнянь типу (4) дозволить визначити рівень пожежного навантаження будь-якої ділянки приміщення.

Вважаючи, що рівень пожежного навантаження  $\eta_i$  ділянки приміщення  $\Xi_i, i = \overline{1, n}$  відомий, переходимо до

формування цільової функції. Надаючи рівню пожежного навантаження  $\eta_i$  змісту вагового коефіцієнта, що визначає важливість надійності системи пожежного моніторингу та часу її спрацювання, одержимо таку цільову функцію:

$$\begin{aligned}
 F(w) = & \sum_{i=1}^n \eta_i \cdot \\
 & \cdot \sum_{i=1}^M \chi \left( \sum_{j=1}^N \chi(d_{ij} < r) > 0 \ \& \ (T_i \in \Xi_i) \right) \cdot \frac{1}{1 - (1-p)^{\sum_{j=1}^N \chi((d_{ij} < r) \ \& \ (T_i \in \Xi_i))}} \cdot \min_j d_{ij} + \\
 & + \sum_{i=1}^n \eta_i \cdot \sum_{i=1}^M \chi \left( \sum_{j=1}^N \chi((d_{ij} < r) \ \& \ (T_i \in \Xi_i)) = 0 \right) \cdot \min_j d_{ij},
 \end{aligned} \tag{5}$$

де  $T_i = (x_t^i, y_t^i)$  – точка виникнення пожежі.

**Приміщення має змінне пожежне навантаження**

У загальному випадку факт змінного пожежного навантаження приміщення означає, що  $\forall (x, y) \in \Xi, \eta_{x,y} \in [0,1], \eta_{x,y} = \eta_{x,y}(t)$ . Розв'язання задачі

визначення оптимальної структури розміщення пожежних сповіщувачів для такого загального розуміння змінного пожежного навантаження, очевидно, рівносильне розв'язанню цієї ж задачі для випадку рівномірного пожежного навантаження. У практичних задачах змінне пожежне навантаження розуміють таким чином. Область  $\Xi$  складається з  $n$  ділянок  $\Xi_i, i = \overline{1, n}$

кожна з яких у момент часу має пожежне навантаження  $\eta^i(t)$ . Зміна значень  $\eta^i(t)$  відбувається в результаті виконання зовнішніх умов, за певним законом або у визначені моменти часу. Тоді змінне пожежне навантаження можна представити так:

$$1. \quad \eta^i(t) = \begin{cases} \eta_1^i(t), & \text{if } g(\Xi_i) \in W_1, \\ \eta_2^i(t), & \text{if } g(\Xi_i) \in W_2, \\ \eta_p^i(t), & \text{if } g(\Xi_i) \in W_p, \end{cases} \quad (6)$$

де  $g(x)$  – певна функція, яка вказує на те, що значення деяких параметрів, які визначають пожежне навантаження, належать області  $W_j, j=1, p$ .

$$2. \quad \eta^i(t) = f(t, \eta^i(t-1), j = \overline{1, n}). \quad (7)$$

Залежність (7) дозволяє встановити рівень пожежного навантаження ділянки  $\Xi_i$  у залежності від зміни

пожежного навантаження ділянок  $\Xi_i, i = \overline{1, n}$  у попередній момент часу

$$3. \quad \eta^i(t) = \begin{cases} \eta_1^i(t), & \text{if } t \in [t^1, t^2], \\ \eta_2^i(t), & \text{if } t \in [t^2, t^3], \\ \eta_p^i(t), & \text{if } t \in [t^p, t^{p+1}], \end{cases} \quad (8)$$

де  $t \in \{t_1, t_2, \dots, t_p, \dots\}$  – дискретизований час. Модель

(8) раціонально використовувати у випадку запланованих детермінованих змін пожежного навантаження приміщення у визначений час.

Залежності (6)-(8) є кусково-неперервними функціями. Враховуючи те, що сповіщувачі встановлюються стаціонарно, в задачі оптимізації їх структури повинні враховуватись часткові значення рівня пожежного навантаження, а також час, протягом якого вони є незмінними. Цільова функція у такому випадку є такою:

$$F(w) = \frac{1}{p} \sum_{w=1}^p \sum_{l=1}^n \eta_l(S_w) \sum_{i=1}^M \chi \left( \sum_{j=1}^N \chi(d_{ij} < r) > 0 \& (T_i \in \Xi_i) \right) \times \\ \times \frac{1}{1 - (1-p)^{\sum_{j=1}^N \chi((d_{ij} < r) \& (T_i \in \Xi_i))}} \cdot \min_j d_{ij} + \\ + \frac{1}{p} \sum_{w=1}^p \sum_{l=1}^n \eta_l(S_w) \sum_{i=1}^M \chi \left( \sum_{j=1}^N \chi(d_{ij} < r) = 0 \& (T_i \in \Xi_i) \right) \cdot \min_j d_{ij}, \quad (9)$$

де  $S_w$  визначається у відповідності до (6)-(8).

Інтегральну цільову функцію для випадку змінного пожежного навантаження та наявних джерел підвищеної небезпеки запишемо таким чином:

$$F(w) = \frac{\alpha}{p} \sum_{w=1}^p \sum_{l=1}^n \eta_l(S_w) \sum_{i=1}^M \chi \left( \sum_{j=1}^N \chi(d_{ij} < r) > 0 \& (T_i \in \Xi_i) \right) \times \\ \times \frac{1}{1 - (1-p)^{\sum_{j=1}^N \chi((d_{ij} < r) \& (T_i \in \Xi_i))}} \cdot \min_j d_{ij} + \\ + \frac{\beta}{p} \sum_{w=1}^p \sum_{l=1}^n \eta_l(S_w) \sum_{k=1}^K \chi \left( \sum_{j=1}^N \chi(d_{kj} < r) > 0 \& (T_k \in \Xi_i) \right) \times \\ \times \frac{1}{1 - (1-p)^{\sum_{j=1}^N \chi((d_{kj} < r) \& (T_k \in \Xi_i))}} \cdot \min_j d_{kj} + \\ + \frac{\gamma}{p} \sum_{w=1}^p \sum_{l=1}^n \eta_l(S_w) \sum_{i=1}^M \chi \left( \sum_{j=1}^N \chi(d_{ij} < r) = 0 \& (T_i \in \Xi_i) \right) \cdot \min_j d_{ij} + \\ + \frac{\delta}{p} \sum_{w=1}^p \sum_{l=1}^n \eta_l(S_w) \sum_{k=1}^K \chi \left( \sum_{j=1}^N \chi(d_{kj} < r) = 0 \& (T_k \in \Xi_i) \right) \cdot \min_j d_{kj}. \quad (10)$$

Еволюційний метод визначення оптимальної структури пожежних сповіщувачів. Задача оптимізації структури системи пожежних сповіщувачів полягає у пошуку  $\min F(w)$ ,

де  $w = (x_d^1, y_d^1, x_d^2, y_d^2, \dots, x_d^N, y_d^N)$  – координати точок

розміщення пожежних сповіщувачів.

Метод визначення оптимальної структури пожежних сповіщувачів, в основу якого покладено генетичний алгоритм та сформована цільова функція (10), має такі кроки:

Крок 1. Виконати ініціалізацію. Задати значення  $a, b, N, K, p_k^1, \dots, p_k^k, H$  (кількість елементів у вибірковій

сукупності),  $M$ .

Крок 2. Задати координати точок розміщення джерел підвищеної небезпеки  $\{u_1, u_2, \dots, u_K\}$ ,  $u_i = (x_K^{i1}, y_K^{i1}, x_K^{i2}, y_K^{i2}, \dots, x_K^{iK}, y_K^{iK})$ .

Крок 3. Задати координати точок потенційного виникнення пожежі  $\{(x^1, y^1), (x^2, y^2), \dots, (x^M, y^M)\}$

Крок 4. Задати кількість  $n$  та границі областей  $\Xi_i$ .

Крок 5. Використовуючи експертний аналіз, знайти значення

Коефіцієнтів  $\alpha, \beta, \gamma$  та  $\delta$ .

Крок 6. Згенерувати популяцію потенційних розв'язків  $\{w_1, w_2, \dots, w_N\}$ ,  $w_i = (x_d^{i1}, y_d^{i1}, x_d^{i2}, y_d^{i2}, \dots, x_d^{iN}, y_d^{iN})$

Крок 7. Розрахувати значення матриць відстаней  $D$  і  $DK$ .

Крок 8. Для кожного потенційного розв'язку знайти значення цільової функції.  $F(w_i), i=1, N$

Крок 9. Використовуючи процедури генетичного алгоритму, здійснити рекомбінації і мутації та сформувати проміжну популяцію із  $N$  елементів.

Крок 10. З кращих елементів початкової та проміжної популяції сформувати популяцію наступного покоління.

Крок 11. Якщо не виконана умова зупинки (критерії наведені в [4]), то перейти на крок 7.

Крок 12. Закінчення алгоритму. Виведення оптимальної структури  $w$ .

Оптимальна структура може бути знайдена і з використанням еволюційних стратегій. Відповідний метод матиме кроки подібні до кроків методу, наведеного вище, та еволюційної стратегії, розробленої для визна-



чення оптимальної структури системи сповіщувачів для випадку рівномірного пожежного навантаження приміщення [4].

### Висновки

Проблема оптимізації структури системи пожежного моніторингу, складовою якої і є система пожежної сигналізації, є надзвичайно важливою з огляду на динаміку кількості загиблих і травмованих на пожежах, а також з урахуванням існуючого дефіциту ресурсів та фінансів. Розроблені цільові функції

відповідають практичним випадкам із наявністю у будівлях та спорудах джерел підвищеної небезпеки та нерівномірного пожежного навантаження приміщень. Виходячи із характеру отриманих залежностей, їх поліекстремальності на недиференційованості, запропоновано оптимізацію цільових функцій здійснювати на базі еволюційних методів. Особливістю розробленої технології є використання експертних висновків та відповідних методів їх аналізу. Результатом її реалізації є координати розміщення пожежних сповіщувачів, що дозволить підвищити надійність системи пожежної сигналізації та мінімізувати час її спрацювання у випадку пожежі.

### Література:

1. Землянський А. Н. Неопределенность и причинно-следственный принцип оптимизации систем пожарного мониторинга / А. Н. Землянський, В. В. Литвинов, В. Е. Снитюк // Математичні машини і системи. – 2011. – № 1. – С. 34-40.
2. Землянський А.Н. Проектирование систем пожарного мониторинга в условиях неопределенности / А.Н. Землянський, Н.П. Каверина, В.Е. Снитюк // Искусственный интеллект. – 2010. - № 4. – С. 483-488.
3. Землянський О. М. Оптимізація структури систем пожежного моніторингу на основі експертних висновків / О. М. Землянський, В. Е. Снитюк // Управління розвитком складних систем. – 2011. – № 2. – С. 10-15.
4. Снитюк В.Є. Еволюційна оптимізація системи пожежного моніторингу в умовах рівномірної пожежної навантаженості приміщення / В.Є. Снитюк, О.М. Землянський // Вісник ЧДТУ. – 2011. – №2. – С. ...
5. Снитюк В.Є. Прогнозування. Моделі, методи, алгоритми. – К.: Маклаут, 2008. – 364 с.
6. Саати Т. Аналитическое планирование. Организация систем./ Т. Саати, К. Керис. – М.: Радио и связь, 1991. – 224 с.
7. Корольченко А.Я. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. Справочник: в 2-х ч. – 2-е изд., перераб. и доп. / А.Я. Корольченко, Д.А. Корольченко. – М.: Асс. «Пожнаука», 2004. – Ч.1. – 713 с.

*У даній статті показано, що аналіз виробничих шкідливостей і небезпек являє собою складний комплекс різних за часом, інтенсивності, місця розташування і часу впливу виробничих факторів, які розглядаються у відриві один від одного*

*Ключові слова: виробництво, охорона праці, шкідливі і небезпечні чинники*

*В данной статье показано, что анализ производственных вредностей и опасностей представляет собой сложный комплекс различных по времени, интенсивности, месту расположения и времени воздействия производственных факторов, которые рассматриваются в отрыве один от другого*

*Ключевые слова: производство, охрана труда, вредные и опасные факторы*

*In this article, was shown that analysis of industrial harms and hazards is a complex of various combinations of times, intensities, locations and times of exposure to the industrial factors, which are treated separately from each other*

*Key words: production, labour protection, harmful and dangerous factors*

УДК 658.382.3

## ВИРТУАЛЬНИЙ ПРОИЗВОДСТВЕННИЙ УЧАСТОК, ИНТЕГРИРОВАННИЙ ПО ВРЕДНЫМ И ОПАСНЫМ ФАКТОРАМ

**В. В. Березуцкий**

доктор технических наук  
доцент, профессор НТУ «ХПИ»

заведующий кафедрой «Охрана труда и окружающей среды»\*

Телефон служебный: 707-66-65, 707-64-65

E-mail: qwer@kpi.kharkov.ua

**Радван Арафа Биссиуни**

стажер-преподаватель

\*Телефон служебный: 707-64-65

E-mail: arafa\_b\_radwan@yahoo.com

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»  
ул.Фрунзе 21, Харьков, 61002