

УДК 004.9:502/504(043.3)

С.В. Голуб<sup>1</sup>, І.В. Бурляй<sup>2</sup><sup>1</sup> Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, Черкаси<sup>2</sup> Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, Черкаси

## ЗАСТОСУВАННЯ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ПРИ ФОРМУВАННІ МОДЕЛЕЙ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ БАГАТОРІВНЕВОГО МОНІТОРИНГУ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ

З метою підвищення якості моделей об'єктів моніторингу шляхом збільшення однорідності точок спостереження в первинному описі пропонується застосувати процес їх кластеризації. Кожен кластер пропонується використати в якості окремого масиву вхідних даних (МВД) при формуванні моделей об'єктів моніторингу пожежної безпеки. Отримано експериментальне підтвердження гіпотези про можливість доцільності кластеризації за результатами моделювання в процесі формування моделей різномірних об'єктів та процесів пожежогасіння. Доведено, що при первинній обробці результатів моніторингу процесів пожежогасіння різномірних об'єктів застосування кластеризації дозволяє сформувати якісні моделі для різномірних об'єктів.

**Ключові слова:** кластеризація, первинний опис, масив вхідних даних, матриця, кластер, модель.

### Вступ

Прийняття управлінського рішення керівником гасіння пожежі (КГП) передбачає формальний вибір стратегії пожежогасіння на основі наявних даних які характеризують умови виникнення пожежі та специфіку конкретного об'єкту, де ця пожежа виникла (рис. 1). Вибір стратегії пожежогасіння, як правило, здійснюється експертним шляхом, на основі теоретичних знань, практичних навичок і досвіду КГП.

Теоретичні знання пожежниками набуваються під час базової професійної та службової підготовки. Базова підготовка є загальною для усіх пожежників і отримується в центрах професійної підготовки, вищих відомчих навчальних закладах. Службова підготовка повинна враховувати особливості підготовки пожежників під конкретні умови діяльності і проводиться за місцем служби.

Організацію службової підготовки формалізовано в нормативних документах [3], що не дозволяє в повному обсязі проводити підготовку особового складу з врахуванням необхідної спеціалізації. Отже, постає проблема відсутності інформаційної технології у складі системи багаторівневого моніторингу пожежної безпеки, яка покликана розв'язувати актуальну практичну задачу спеціалізації підготовки рятувальників відповідно до оперативно-тактичних характеристик районів обслуговування пожежно-рятувальних підрозділів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** На сьогодні моделі інформаційних систем багаторівневого моніторингу пожежної безпеки формуються за методами математичного аналізу, теорії імовірності, математичної статистики тощо.

За результатами аналізу останніх досліджень в галузі інформаційного забезпечення діяльності по-

жежно-рятувальних підрозділів можна виділити основні напрямки наукових пошуків:

1. Інформаційне забезпечення задач оперативного управління пожежними підрозділами [4] та підтримка прийняття рішень при пожежогасінні об'єктів [5, 6].

2. Моделюванню об'єктів моніторингу пожежної безпеки [7, 8].

3. Удосконалення методології розробки автоматизованих систем навчання і контролю знань та аспекти створення комп'ютерних систем професійної підготовки в розрізі забезпечення діяльності оперативно-рятувальних підрозділів [9, 10].

4. Застосування інформаційних технологій з метою аналізу дієвості пожежно-профілактичних заходів дозволяє впливати на стан пожежної безпеки різних об'єктів [11, 12].

Таким чином, питання використання нових інформаційних технологій з метою підвищення ефективності прийняття управлінських рішень з профілізації підготовки пожежно-рятувальних підрозділів, а також підтримки прийняття рішень КГП та координації робіт з гасіння великих пожеж є нерозкритим в наукових дослідженнях та постає актуальною науково-практичною задачею. Розробка теоретичних положень та практична реалізація інформаційної системи багаторівневого моніторингу пожежної безпеки дозволить збільшити ефективність використання накопиченого досвіду ліквідації пожеж, який міститься в картках гасіння пожежі [13].

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Описані [4 – 10] методи працюють із використанням даних з високим ступенем достовірності, який неможливо досягнути при формуванні масивів первинного опису (ПО) результатів моніторингу процесів пожежогасіння [14, 15].

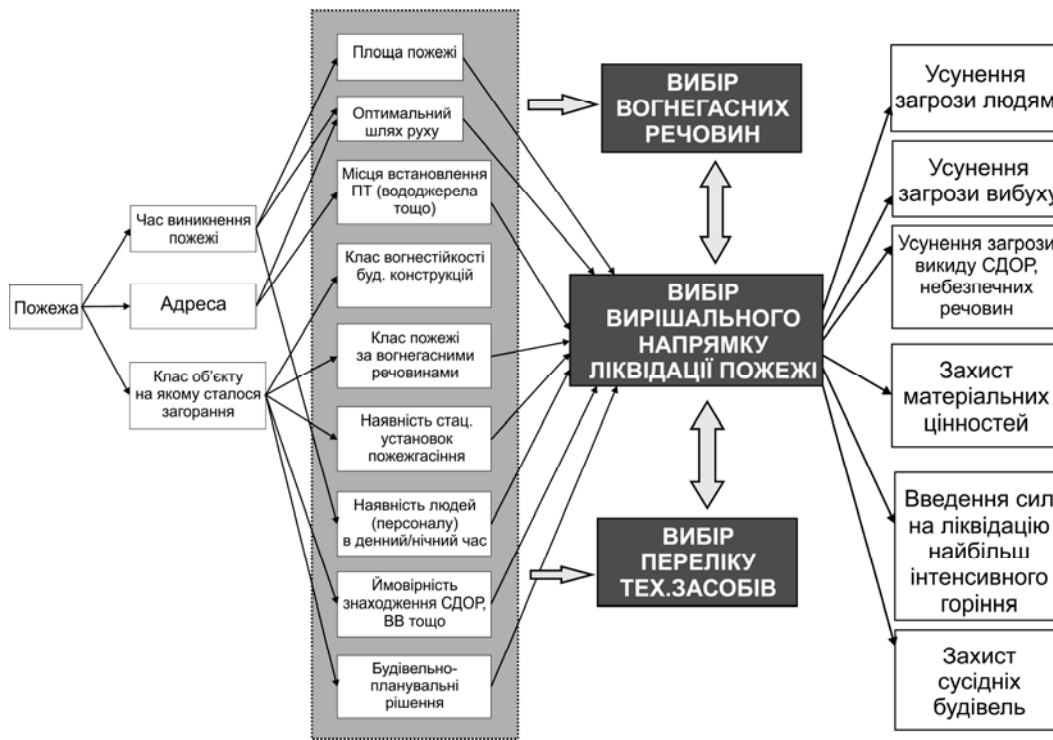


Рис. 1. Вихідні дані необхідні КПП для вибору стратегії гасіння пожежі [1, 2]

ПО, сформований за описами оперативних дій пожежно-рятувальних підрозділів, характеризується недостатньою інформативністю та високою «зашумленістю», що обумовлюється такими причинами як:

1. Часткова відсутність даних.
2. Допущення помилок під час складання карток обліку пожеж.

Унеможливлення виникнення вказаних причин «зашумлення» даних вимагає витрати додаткового часу, і не виключає суб'єктивних факторів, пов'язаних із підготовкою даних людиною.

Отже, аспект застосування вказаних даних (з низькою інформативністю) в інформаційній системі багаторівневого моніторингу пожежної безпеки не відпрацьовано в достатньому обсязі, що пояснює високу актуальність робіт у вказаному напрямку.

**Гіпотеза.** Підвищення якості моделей об'єктів моніторингу можливо шляхом підвищення однорідності точок спостереження в ПО. Для групування однорідних точок спостереження, сформованих за інформацією з карток обліку пожеж, пропонується застосувати процес їх кластеризації. Після цього кожен кластер пропонується використати в якості окремого масиву вхідних даних (МВД) при формуванні моделей об'єктів моніторингу пожежної безпеки. Отримана множина багатопараметричних моделей описує властивості різномірних об'єктів та процесів пожежного моніторингу.

З метою перевірки гіпотези був проведений модельний експеримент.

**Математична постановка задачі.** Існує ПО у вигляді матриці (1), отриманий як результат спостережень за об'єктами та процесами пожежогасіння:

$$\begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} & y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} & y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{k1} & x_{k2} & \dots & x_{kn} & y_{k1} & y_{k2} & \dots & y_{km} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

де  $x_{ij}$  –  $j$ -та характеристика стану підрозділів та об'єкта  $i$ -го спостереження процесу пожежогасіння,  $y_{ij}$  –  $j$ -та характеристика втрат ресурсів  $i$ -го спостереження процесу пожежогасіння,  $k$  – кількість спостережень;  $n$  – кількість характеристик процесу  $i$  підрозділів пожежогасіння та його результатів,  $m$  – кількість характеристик втрат ресурсів та інших результатів пожежогасіння.

Кожний рядок матриці відображає окрему точку спостереження в багатовимірному просторі показників  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_k\}$  та  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$  МВД. Наперед відомо, що існує перелік точок спостереження, що поєднують в собі чисельні характеристики показників множини  $X$ , на результати  $Y$  яких значимо впливали одні і ті ж фактори:

$$Y = f(X, W), \sum_{j=1}^n w_j = 1, \quad (2)$$

де  $W = \{w_1, w_2, \dots, w_n\}$  – вектор вагових коефіцієнтів моделі (оцінок впливовості кожного з факторів  $x_i$ , що ввійшли до структури цієї моделі). Оцінки впливовості факторів отримують в результаті дослідження моделей, що характеризуються точністю, адекватністю та стійкістю, на чутливість.

В якості характеристики стану втрат з причини надзвичайної ситуації в даній роботі використовується час гасіння пожежі. Необхідно створити метод кластеризації точок спостережень, що дозволяє отримати послідовність масивів вхідних даних:

$$\begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} & y_1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & y_2 \\ x_{z1} & x_{z2} & \dots & x_{zn} & y_z \end{pmatrix}, \quad (3)$$

що вміщує послідовність точок спостережень  $(X_i, y_j)$ ,  $i=1, \dots, l$ , де  $l$  – кількість точок спостереження в кожному кластері,  $X_i = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{in}\}$  – вектор характеристик стану підрозділів в об'єкті  $i$ -ї точки спостереження процесу пожежогасіння,  $y_j$  –  $j$ -та характеристика втрат ресурсів в результаті пожежі для даної точки спостереження, який дозволяє розв'язати задачу ідентифікації функціональної залежності  $y_j = f(X_i)$ , де  $y_j$  – час пожежогасіння, за умови одержання найякісніших моделей для кожного кластеру окремо.

Показником якості моделей є умова мінімуму середньої похибки моделювання залежної змінної  $y_j$ :

$$\bar{\delta} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \frac{|y_i - y_i^*|}{y_i} \cdot 100\% \rightarrow \min, \quad (4)$$

де  $y_i^*$  – модельовані значення характеристики втрат,  $k$  – кількість спостережень.

### Виклад основного матеріалу

**Показники ПО.** Результати моніторингу подаються у вигляді первинного опису, що містить 657 точок спостережень отриманих впродовж 2012 року за результатами оперативної діяльності підрозділів Головного управління міністерства з надзвичайних ситуацій України (ГУ МНС) у Запорізькій області. З них 640 спостережень використовуються в якості

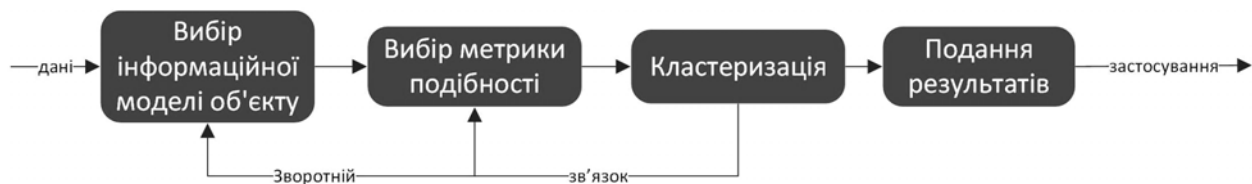


Рис. 2. Загальна схема кластеризації [16]

Кластеризація проводилась методами ізотонічного, ізоморфного розбиття [17, 18], та новим методом кластеризації за результатами моделювання [19].

Результатом використання ізотонічного розбиття в групи поєднуються однорідними за значеннями показників точки спостереження.

На першому етапі кластеризації точок спостережень за методом ізотонічного розбиття проводилось нормування значень показників ПО [17]:

$$V_{ij} = x_{ij} / \sum_{i=1}^n x_{ij}, \quad (5)$$

де  $x_{ij}$  – значення  $j$ -ї ознаки  $i$ -ї точки спостереження.

Далі кожній точці спостереження ставилось у відповідність число, розраховане відповідно виразу:

$$w_i = \sum_{j=1}^m V_{ij}, \quad (6)$$

де  $m$  – кількість ознак в ПО.

Після цього розраховувалась відстань між точками спостереження за виразом:

навчальної вибірки, 17 спостережень використовуються в якості тестової вибірки.

Характеристики спостережень за типом об'єктів, які ввійшли до МВД, приведено в табл. 1.

Таблиця 1

Типи об'єктів, що утворюють первинний опис

Назва об'єкта пожежі	Кількість спостережень в ПО
Житловий будинок	602
Гуртожиток	1
Садовий будинок	48
Вагончик для житла	4
Будинок барачного типу	2

З табл. 1 видно, що всі спостереження ПО відносяться до споруд житлового сектора. Таким чином, ПО сформовано для спостережень, які є близькими за формальними ознаками організації процесу пожежогасіння. Для вказаних спостережень, підготовка пожежно-рятувальних підрозділів має бути профілізованою за результатами дослідження ПО з визначення показників впливовості факторів на результати пожежогасіння.

В табл. 2 подано перелік показників ПО.

### Дослідження первинного опису

В процесі досліджень ПО використовувалась послідовність типових методів кластеризації із оцінкою їх результатів за похибкою результатів моделювання. Типова схема розв'язання задачі кластеризації подана на рис. 2:

$$d_{ij} = |w_i - w_j|, \quad (7)$$

Нормування значень показників ПО на першому етапі ізоморфного розбиття забезпечується заміною кожного значення показників МВД за формулою [18]:

$$Z_{ij} = \frac{x_{ij} / \sum_{i=1}^n x_{ij}}{x_{ij} / \sum_{j=1}^m x_{ij}}, \quad (8)$$

де  $x_{ij}$  – значення  $j$ -ї ознаки  $i$ -ї точки спостереження.

Відстань між спостереженнями розраховується за формулою:

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{j=1}^m (Z_{ij} - Z_{kj})^2}. \quad (9)$$

В кожному із наведених методів використовуються спільні процедури побудови дендритів із визначенням їх пов'язаності та розрахунку критичної відстані між кластерами [17].

Таблиця 2

Перелік показників, що містяться в первинному описі

Позначення поля	Зміст поля	Змінна
КІЛЬК ПОВ	Поверховість будівлі	X <sub>1</sub>
ПОВЕРХ	Поверх, на якому виникла пожежа	X <sub>2</sub>
НАЯВН УПА	Наявність або відсутність УПА	X <sub>3</sub>
НАЯВН СПОСТ	Наявність або відсутність системи централізованого спостереження	X <sub>4</sub>
МОМ НАСТ2	Момент настання смерті 2	X <sub>5</sub>
МОМ НАСТ3	Момент настання смерті 3	X <sub>6</sub>
МОМ НАСТ4	Момент настання смерті 4	X <sub>7</sub>
МОМ НАСТ5	Момент настання смерті 5	X <sub>8</sub>
ДАТА ПОВІД	Дата повідомлення про пожежу	X <sub>9</sub>
ЧАС ПОВІД	Час повідомлення	X <sub>10</sub>
ЧАС ПРИБ	Час прибуття першого підрозділу аварійно-рятувальної служби	X <sub>11</sub>
УМОВ СПР1	Код умови, що сприяла поширенню пожежі 1	X <sub>12</sub>
УМОВ СПР2	Код умови, що сприяла поширенню пожежі 2	X <sub>13</sub>
УМОВ СПР3	Код умови, що сприяла поширенню пожежі 3	X <sub>14</sub>
УМОВ СПР4	Код умови, що сприяла поширенню пожежі 4	X <sub>15</sub>
УМОВ УСКЛ1	Код умови, що ускладнювала гасіння пожежі 1	X <sub>16</sub>
УМОВ УСКЛ2	Код умови, що ускладнювала гасіння пожежі 2	X <sub>17</sub>
УМОВ УСКЛ3	Код умови, що ускладнювала гасіння пожежі 3	X <sub>18</sub>
УМОВ УСКЛ4	Код умови, що ускладнювала гасіння пожежі 4	X <sub>19</sub>
УЧАСН1	Код учасника гасіння пожежі 1	X <sub>20</sub>
УЧАСН2	Код учасника гасіння пожежі 2	X <sub>21</sub>
УЧАСН3	Код учасника гасіння пожежі 3	X <sub>22</sub>
КІЛЬК УЧ1	Кількість учасників гасіння пожежі 1	X <sub>23</sub>
КІЛЬК УЧ2	Кількість учасників гасіння пожежі 2	X <sub>24</sub>
КІЛЬК УЧ3	Кількість учасників гасіння пожежі 3	X <sub>25</sub>
ТЕХН1	Код техніки 1	X <sub>26</sub>
ТЕХН2	Код техніки 2	X <sub>27</sub>
ТЕХН3	Код техніки 3	X <sub>28</sub>
КІЛЬК ТЕХН1	Кількість техніки 1	X <sub>29</sub>
КІЛЬК ТЕХН2	Кількість техніки 2	X <sub>30</sub>
КІЛЬК ТЕХН3	Кількість техніки 3	X <sub>31</sub>
СТВ1	Код стволів 1	X <sub>32</sub>
СТВ2	Код стволів 2	X <sub>33</sub>
КІЛЬК СТВ1	Кількість стволів 1	X <sub>34</sub>
ВОГН ЗАС1	Код вогнегасних засобів 1	X <sub>35</sub>
ВОГН ЗАС2	Код вогнегасних засобів 2	X <sub>36</sub>
ПЕРВ ЗАС1	Код первинних засобів пожежогасіння 1	X <sub>37</sub>
ПЕРВ ЗАС2	Код первинних засобів пожежогасіння 2	X <sub>38</sub>
ДЖЕР1	Код джерела водопостачання 1	X <sub>39</sub>
КГП1	Код першого керівника гасіння пожежі	X <sub>40</sub>
КГП2	Код останнього керівника гасіння пожежі	X <sub>41</sub>
ВИК ГДЗС	Код використання ГДЗС	X <sub>42</sub>
КІЛЬК ЛАНОК	Кількість ланок ГДЗС	X <sub>43</sub>
ЧАС ГДЗС	Загальний час роботи ланок ГДЗС	X <sub>44</sub>

Розбиття на кластери проводилося відповідно до методу «Шарів». Для визначення приналежності окремої точки спостереження до даного кластеру розраховують критичний радіус за формулою:

$$r = \max_i \min_j d_{ij}. \quad (10)$$

Для кожної точки спостереження вибиралась послідовність інших точок на мінімальній відстані, і після цього із множини цих точок вибирають ту, яка має найбільшу відстань, що зветься критичним радіусом. Всі точки спостереження, які мали між собою відстань менше критичного радіусу, групувались до одного кластера.

#### Метод кластеризації за результатами моделювання

Кластеризація проводилася за результатами ідентифікації функціональної залежності часу ліквідації пожежі від характеристик впливаючих факторів (табл. 2), шляхом вибору кращої моделі за критерієм регуля-

рності (4) [14]. В якості кластеризатора використовується найкраща індуктивна модель, що отримана за багаторядним алгоритмом МГУА [19] в результаті послідовного випробування моделей, отриманих із використанням множини їх опорних виглядів при заданій мінімальній похибці моделювання  $\delta \leq 5\%$ . Результати кластеризації випробовували шляхом використання кожного кластера в якості МВД та формування моделі за кожним МВД. Моделі формувались за багаторядним алгоритмом МГУА [19]. Результати оцінювались шляхом усереднення відносної похибки моделювання множини точок спостереження МВД.

На рис. 3 – 5 подані результати випробування МВД, утворених із застосуванням методу ізотонічного розбиття, ізоморфного розбиття та кластеризації за результатами моделювання відповідно. Обчислювалася така характеристики кластеру, як середня похибка моделювання. В табл. 3 наведено кількість кластерів, які були отримані різними методами.

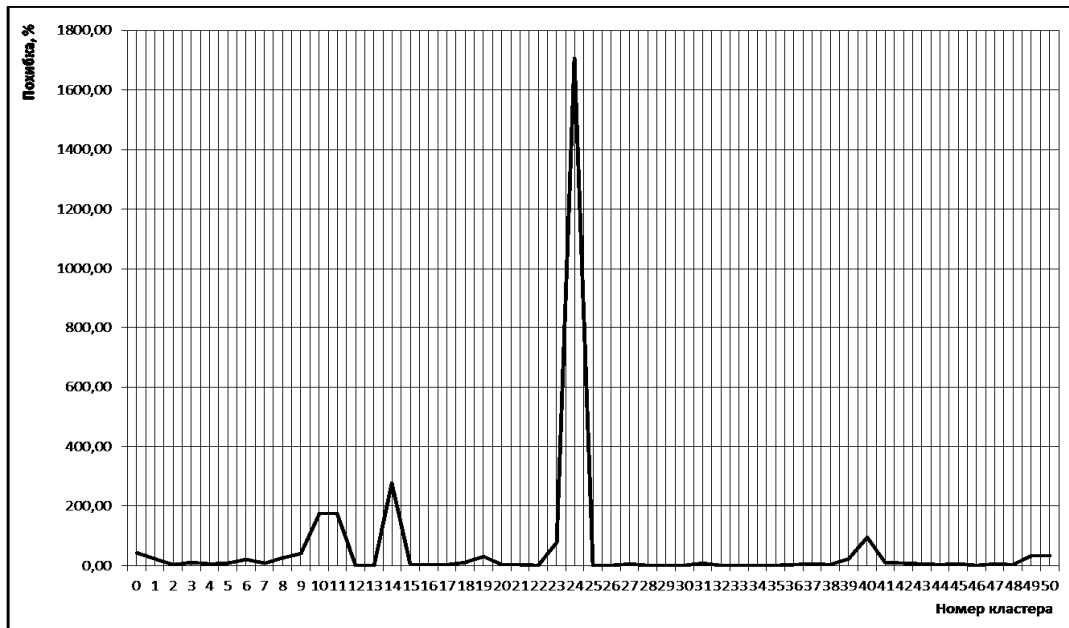


Рис. 3. Результати випробування МВД при ізотонічному розбитті

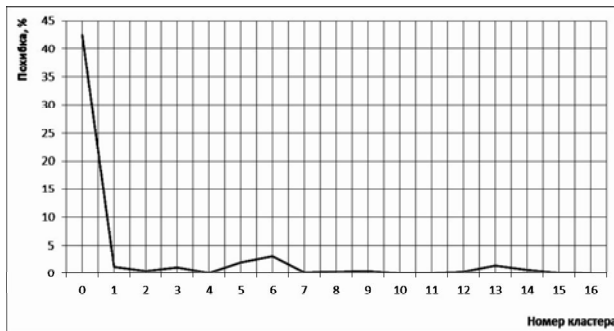


Рис. 4. Результати випробування МВД при кластеризації за результатами моделювання

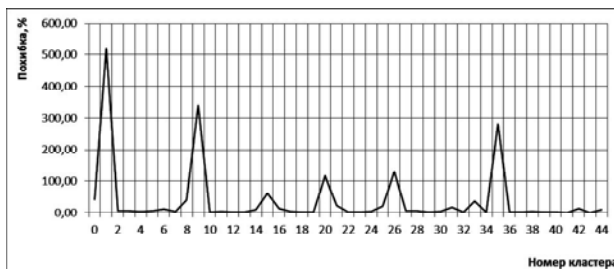


Рис. 5. Результати випробування МВД при ізоморфному розбитті

точок спостереження в результаті їх кластеризації. Порівнюючи результати кластеризації, представлені на рис. 3 – 5, необхідно зазначити, що при застосуванні кластеризації із ізоморфним та ізотонічним розбиттям спостерігається нерівномірний розподіл значення похибки по кластерам даним та аномально високі похибки по деяким кластерам. Лише у випадку застосування методу кластеризації за результатами моделювання вдається побудувати моделі із стабільною структурою, що характеризуються точністю та адекватністю, за кожним кластером.

### Висновки

Таким чином, отримано експериментальне підтвердження гіпотези про доцільність застосування процесів кластеризації точок спостережень первинного опису в процесі формування моделей різномірних об'єктів та процесів пожежогашіння. Доведено, що при первинній обробці результатів моніторингу процесів пожежогашіння різномірних об'єктів застосування кластеризації дозволяє сформувати якісні моделі для різномірних об'єктів.

Визначено, що найбільш доцільним в досліджуваних умовах є застосування методу кластеризації за результатами моделювання. Похибка моделювання при цьому зменшується з 42,42% для некластеризованих даних до 0,71% в середньому на утворений кластер.

Метод кластеризації за моделлю дає найменшу кількість кластерів, що, за експертними оцінками, більш точно відповідає особливостям організації оперативних дій пожежно-рятувальних підрозділів за експериментальним масивом даних.

Предметом майбутніх досліджень є розробка механізмів створення та використання керуючих впливів, спрямованих на спеціалізацію підготовки

Таблиця 3

Кількість кластерів за результатами процедури кластеризації

Метод кластеризації	Кількість утворених кластерів
Ізоморфне розбиття	44
Ізотонічне розбиття	50
Кластеризація за моделлю	16

Результати випробування свідчать, що при моделюванні процесів пожежогашіння за переважною більшістю кластерів спостерігається зниження середньої похибки результатів моделювання. Цього вдається досягнути за рахунок підвищення однорідності

рятувальників відповідно до оперативно-тактичних характеристик районів обслуговування пожежно-рятувальних підрозділів з використання результатів роботи розробленої технології кластеризації точок спостереження в інформаційній системі багаторівневого моніторингу пожежної безпеки.

### Список літератури

1. Голуб С.В. Структуризація масивів вхідних даних в інформаційній технології оперативного моніторингу пожежогашіння / С.В. Голуб, І.В. Бурляй // *Радіоелектронні і комп'ютерні системи*. – 2013. – № 5 (64). – С. 23-30.
2. Теребнев В.В. Пожарная тактика / В.В. Теребнев, А.В. Подрушный. – М., 2007. – 577 с.
3. Положення про організацію службової підготовки осіб рядового і начальницького складу органів та підрозділів цивільного захисту // *Наказ МНС України від 01.09.2009 № 601*.
4. Матюшин А.В. Отечественный опыт расчетного обоснования ресурсов оперативных подразделений пожарной охраны и мест их дислокации в населенных пунктах / А.В. Матюшин, А.А. Порошин, Ю.А. Матюшин // *Пожарная безопасность*. – 2005. – № 3. – С. 61-74.
5. Снитюк В.Е. Эволюционные технологии принятия решений при пожаротушении: [монография] / В.Е. Снитюк, А.А. Быченко, А.Н. Джулай. – Черкассы: "Макдаут", 2008. – 268 с.
6. Мирошник О.М. Системний аналіз проблеми визначення області компромісу між безпекою та вартістю житла / О.М. Мирошник, В.С. Снитюк, С.В. Стась // *Управління проектами, системний аналіз і логістика*. – 2008. – № 5. – С. 133-136.
7. Воинов А.Н. О критерии оптимальности в задачах размещения аварийных служб / А.Н. Воинов // *Вопросы экономики в пожарной охране: Сб. научн. тр.* – М.: ВНИИПО МВД СССР, 1976. – Вып. 5. – С. 53-56.
8. Ширяев В.Ю. Оптимизация деления территории города на районы выезда пожарных частей / В.Ю. Ширяев, В.М. Гаврилей // *Вопросы экономики в пожарной охране: Сб. научн. тр.* – М.: ВНИИПО МВД СССР, 1978. – С. 89-92.
9. Юрченко К.Н. Принципы формирования и структура базы знаний для контроля профессиональной подготовки сотрудников службы гражданской обороны / К.Н. Юрченко, А.Н. Джулай // *Материалы междунауч.-практ. конф. «Теория и практика ликвидации чрезвычай-*

*ных ситуаций»*. – Черкассы: АПБ им. Героев Чернобыля, 2010. – С. 167-168.

10. Снитюк В.Е. Элементы знаниеориентированных систем профессиональной подготовки адаптивного типа / В.Е. Снитюк, К.Н. Юрченко // *Вестник Херсонского национального технического университета*. – 2010. – № 2 (38). – С. 180-186.

11. Дендаренко В.Ю. Джерела невизначеності багаторівневого моніторингу пожежної безпеки / В.Ю. Дендаренко // *Сьома міжнародна науково-практична конференція "Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС '2012"*. Тези доповідей. – Чернівці-Жукин. – 2012. – 25-28 червня 2012р. – С. 26-28.

12. Дендаренко В.Ю. Метод адаптивного формування структури інформаційної системи моніторингу пожежної безпеки / В.Ю. Дендаренко // *Системи обробки інформації*. – Х.: ХУПС, 2010. – Вып. 8(89). – С. 174-178.

13. НАПБ 07.017-2004 – *Картка обліку пожежі [Текст]*. – Затверджено *Наказом МНС України від 29.01.04 № 39*. – К., 2004.

14. Holub S. Classification of observations for technologies of processing of monitoring results of fire fighting process / S. Holub, I. Burliai // *ISC UniTech '13, V.II, 2013*. – P.155-161.

15. Holub S. Multilayer models with multilevel information transformation in technology of fire safety monitoring / S. Holub, I. Burliai // *ISC UniTech '12, V.I, 2012*. – P. 464-466.

16. Стех Ю. Дослідження і розроблення методів і алгоритмів неієрархічної кластеризації / Ю. Стех, Файсал М. Сардіх, М. Лобур, М. Домброва, В. Арцибасов // *Комп'ютерні науки та інформаційні технології*. – 2011. – № 694:[68]. – С. 358-363.

17. Лапач С.Н. Статистические методы в медико-биологических исследованиях с использованием Excel / С.Н. Лапач, А.В. Чубенко, П.Н. Бабич. – К.: МОРИОН, 2001. – 408 с.

18. Дягилева Ф.Г. Учебное пособие по математической статистике / Ф.Г. Дягилева, В.А. Тиманюк, Б.Ф. Горбуненко. – Х.: Основа, 1988. – 65 с.

19. Ивахненко А.Г. Индуктивный метод самоорганизации моделей сложных систем / А.Г. Ивахненко. – К.: *Наук. думка*, 1982. – 295 с.

Надійшла до редколегії 27.03.2014

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

### ПРИМЕНЕНИЕ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ МОДЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ МНОГОУРОВНЕВОГО МОНИТОРИНГА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

С.В. Голуб, И.В. Бурляй

С целью повышения качества моделей объектов мониторинга путем увеличения однородности точек наблюдения в первоначальном описании предлагается применить процесс их кластеризации. Доказано, что при первичной обработке результатов мониторинга процессов пожаротушения разнородных объектов применение кластеризации позволяет сформировать качественные модели для разнородных объектов.

**Ключевые слова:** кластеризация, массив входных данных, матрица, кластер.

### APPLICATION OF CLUSTERING DURING DEVELOPING OF MODELS OF INFORMATION SYSTEMS OF MULTILEVEL FIRE SAFETY MONITORING

S.V. Holub, I.V. Burliai

To improve the quality of object models of monitoring by increasing the homogeneity of the observation points in the original description of the process is proposed to use of clustering. It is proved that the primary treatment of the results of monitoring of firefighting processes, application of clustering allows to generate high-quality models for different objects.

**Keywords:** clustering, input data array, matrix, cluster.