

Методика комплексної обробки інформації від технічних засобів моніторингу

Methods of Complex Data Processing from Technical Means of Monitoring

Сергій Тимчук¹

Serhii Tymchuk

¹ Zhytomyr Military Institute named after S. P. Koroljov
22 Prospect Miru, Zhytomyr, 10004, Ukraine, tsergio89@gmail.com

DOI: [10.22178/pos.20-4](https://doi.org/10.22178/pos.20-4)

LCC Subject Category:
[T58.5-58.64](#)

Received 3.03.2017

Accepted 23.03.2017

Published online 26.03.2017

© 2017 The Author. This article is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 License](#)



Анотація. Розглянуто проблему обробки інформації від різномірних технічних засобів моніторингу. Як можливий варіант вирішення проблеми запропоновано застосування узагальненої методики обробки інформації на основі методики кластеризації територіально суміщених інформаційних джерел моніторингу та використання фреймової моделі бази знань ідентифікації об'єктів моніторингу. Методику кластеризації сформовано на основі ієрархічної агломеративної процедури Ланса-Уільямса із застосуванням метрики Уорда. Фреймова модель бази знань побудована із використанням інструментальних засобів об'єктно-орієнтованого моделювання.

Ключові слова: кластерний аналіз; база знань; фрейм; об'єктно-орієнтоване моделювання

Abstract. The problem of processing the information from different types of monitoring equipment was examined. The use of generalized methods of information processing, based on the techniques of clustering combined territorial information sources for monitoring and the use of framing model of knowledge base for identification of monitoring objects was proposed as a possible solution of the problem. Clustering methods were formed on the basis of Lance-Williams hierarchical agglomerative procedure using the Ward metrics. Frame model of knowledge base was built using the tools of object-oriented modeling.

Keywords: cluster analysis; knowledge base; frame; object-oriented modeling.

Вступ

Сучасний світ характеризується всеохоплюючим проникненням інформаційних технологій та інформаційних систем у всі сфери діяльності та побуту людини. Одним із різновидів інформаційних систем є системи моніторингу. Прикладами таких систем є: системи моніторингу об'єктів критичної інфраструктури, радіомоніторингу, моніторингу стану довкілля, моніторингу інформаційного простору та інші. Системи моніторингу є складовою частиною національної інформаційної

інфраструктури, сумісної з аналогічними системами інших країн.

Особливим видом систем моніторингу є комплексні просторово-розподілені системи моніторингу (КПРСМ), що використовуються для інформаційного забезпечення споживачів у різних сферах діяльності та належать до класу систем добування інформації. У цілому загальна доцільність створення й використання таких систем визначається можливостями підвищення якості інформаційного забезпечення надсистем-споживачів на основі

одержання даних про об'єкти моніторингу (ОМ) і, насамперед, про їхні координати як найбільш інформативну і стійку характеристику об'єктів [1; 2].

Основним призначенням КППСМ є ідентифікація об'єктів моніторингу, оцінювання їх поточного стану та прогнозування подальшої поведінки на основі об'єднання інформації, що добувається в просторово рознесених пунктах (датчиках) системи [3].

Процес обробки інформації у КППСМ можна поділити на такі етапи [4]:

- первинна обробка інформації моніторингу (ІМ);
- часткова обробка інформації моніторингу;
- повна обробка інформації моніторингу.

Перші два етапи стосуються окремих технічних засобів моніторингу (ТЗМ) систем моніторингу або підсистем видів моніторингу, тоді як 3 етап відбувається на найвищому рівні ієрархії КППСМ та передбачає об'єднання інформації від усіх наявних підсистем.

У ході повної обробки інформації моніторингу виникає потреба виділення груп територіально суміщених інформаційних джерел моніторингу та ідентифікації об'єктів моніторингу з формуванням висновків про їх поточний стан [5; 6].

Завдання виділення груп територіально суміщених інформаційних джерел моніторингу може вирішуватися людиною шляхом аналізу множини отриманих у КППСМ оцінок координат інформаційних джерел моніторингу на площині, які представляються за допомогою засобів візуального відображення даних. Виявлення груп інформаційних джерел моніторингу може здійснюватися без участі людини, якщо для розв'язку цієї задачі використовувати методи класифікації без учителя (самонавчання), до яких належать методи автоматичної класифікації (кластерного аналізу) і розщеплення сумішей розподілів спостережуваних параметрів. У цей час відома велика кількість алгоритмів автоматичної класифікації, які можуть бути використані для розв'язку зазначеної задачі з урахуванням особливостей завдання статистичної структури одержуваних даних. Опису методів кластерного аналізу та їх аналізу присвячені роботи [7; 8; 9]. Однак, для реалізації комплексної обробки інформації у КППСМ недостатньо

розбити множину виявлених інформаційних джерел моніторингу на кластери, потрібно також ідентифікувати виділені групи територіально суміщених об'єктів.

Одним із варіантів реалізації процесу ідентифікації виділених кластерів інформаційних джерел моніторингу у КППСМ є створення та застосування відповідної бази знань (БЗ). Подача інформації в конкретній формі у базі знань дозволяє легко її модифікувати і поповнювати; функції вирішення задач реалізуються автономним механізмом логічних виведень, що робляться на знаннях, які зберігаються в базі. Саме вибір методів подання й одержання знань визначає архітектуру системи знань і на практиці виражається у відповідній організації бази знань і схеми керування машиною виведення [10]. Методи подання знань детально проаналізовані у працях [10; 11; 12].

Аналіз відомих публікацій свідчить про вичерпне висвітлення методів кластерного аналізу та побудови баз знань інтелектуальних систем. Однак, для побудови комплексної методики обробки інформації від технічних засобів моніторингу інтерес становить поєднання цих підходів з метою виділення кластерів інформаційних джерел моніторингу та їх подальшої ідентифікації, що не знайшло відображення у проаналізованих джерелах.

Таким чином, *метою статті* є побудова методики комплексної обробки інформації від технічних засобів моніторингу із застосуванням кластерного аналізу для виділення груп територіально суміщених інформаційних джерел моніторингу, а також формування моделі бази знань для ідентифікації об'єктів моніторингу з формуванням висновків про їх поточний стан.

Результати дослідження

Відповідно до зазначеного вище, комплексну методику обробки інформації від технічних засобів моніторингу можливо представити у вигляді двох складових: методики кластерного аналізу та моделі бази знань для ідентифікації об'єктів моніторингу.

Існує велика кількість алгоритмів кластеризації, кожен з яких має свої переваги та особливості застосування. Однак ряд авторів [5; 8] відзначають універсальність та високу ефек-

тивність ієрархічного алгоритму Уорда, який, по суті, є однією із реалізацій ієрархічної агломеративної процедури Ланса-Уільямса.

Інтерпретуючи зазначений алгоритм [9] до вихідних умов у вигляді координат виявлених інформаційних джерел моніторингу, отримуємо наступну методику кластеризації.

Перше. Формування початкової множини кластерів C_0 , в якій кожне інформаційне джерело моніторингу x є окремим кластером (1):

$$C_i = \{\{x_1\}, \{x_2\}, \dots, \{x_l\}\}, i = 0, \quad (1)$$

де i – номер ітерації;

l – кількість виявлених інформаційних джерел моніторингу.

Друге. Знаходження матриці відстаней R між елементами множини C_0 . В якості метрики використовується квадрат Евклідової відстані (2):

$$R_{uv} = (a_v - a_u)^2 + (b_v - b_u)^2, \quad (2)$$

де u, v – номери кластерів;

$a_{u,v}, b_{u,v}$ – координати центру кластера (широта, довгота).

Третє. Знаходження мінімального елемента матриці відстаней. Об'єднання елементів, які відповідають мінімальному значенню метрики в один кластер (3):

$$(U, V) = \arg \min R_{uv}, W = U \cup V, \quad (3)$$

де W – об'єднаний кластер.

Четверте. Формування оновленої множини кластерів (4):

$$C_i = C_{i-1} \cup \{W\} \setminus \{U, V\}, \quad (4)$$

П'яте. Обчислення відстаней між сформованим кластером та рештою кластерів за формулою Ланса-Уільямса (5)-(7):

$$R(U \cup V, S) = \alpha_U R(U, S) + \alpha_V R(V, S) + \beta R(U, V) + \gamma R(U, S) - R(V, S), \quad (5)$$

$$\alpha_U = \frac{|S| + |U|}{|S| + |W|}, \alpha_V = \frac{|S| + |V|}{|S| + |W|}, \beta = \frac{-|S|}{|S| + |W|}, \gamma = 0, \quad (6)$$

$$R^Y(W, S) = \frac{|S||W|}{|S| + |W|} \rho^2 \left(\sum_{w \in W} \frac{w}{|W|}, \sum_{s \in S} \frac{s}{|S|} \right), \quad (7)$$

де $\alpha_U, \alpha_V, \beta, \gamma$ – числові параметри;

$R^Y(W, S)$ – відстань (метрика) Уорда [9];

$|S|, |U|, |V|, |W|$ – потужності множин (кількість елементів у кластерах) S, U, V та W .

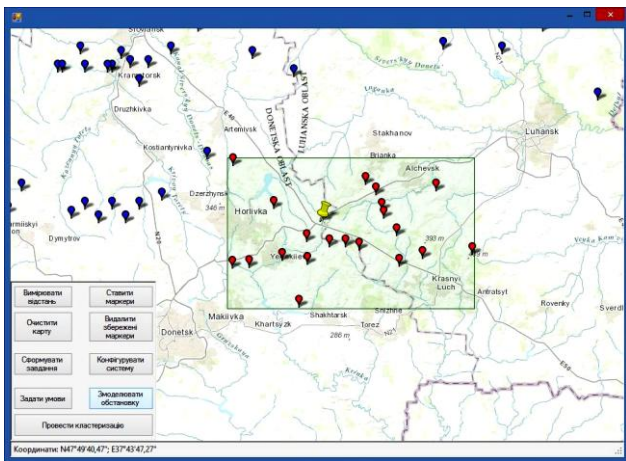
Шосте. Повторювати пункти 3–5 доки $|C_i| > 1$.

Результат роботи ієрархічної агломеративної процедури можливо відобразити у вигляді спеціального графіка, який називають дендрограмою. На вертикальній осі відкладаються об'єкти, а на горизонтальній – відстані R_{uv} .

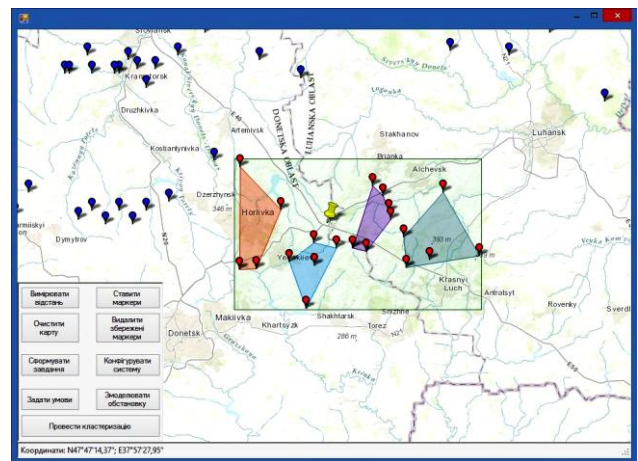
Визначення числа кластерів найпростіше здійснити шляхом відкидання правої ділянки дендрограми. На горизонтальній осі знаходять інтервал максимальної довжини $|R_i - R_{i-1}|$, і в якості результуючої кластеризації видається множина кластерів C_i . Кількість кластерів дорівнює $K = l - i + 1$ [9].

З метою експериментальної перевірки наведеної методики було розроблене спеціальне програмне забезпечення «SZOL_on_MAP». Для

прикладу випадковим чином сформовано множину точок, що відповідають положенню інформаційного джерела моніторингу (рис. 1А). Далі, відповідно до наведеної вище методики, сформовано матрицю відстаней між точками (табл. 1). В табл. 1 кольором виділений мінімальний елемент матриці відстаней на початковому етапі (до об'єднання кластерів). В результаті роботи методики отримується кінцевий результат кластеризації, що відображається у вигляді виділених на карті місцевості кластерів (рис. 1Б). Таким чином, за результатами тестування програмної реалізації методики кластеризації інформаційних джерел моніторингу можна стверджувати про її працездатність та адекватність.



А)



Б)

Рисунок 1 – Програмна реалізація методики кластеризації виявлених інформаційних джерел моніторингу

Таблиця 1 – Фрагмент матриці відстаней між точками

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	6,19E+08	2,59E+08	2,07E+08	5,19E+08	1,35E+09	2,29E+08	2,85E+06	1,21E+09	2,01E+08
2		0	5,50E+08	1,10E+08	4,16E+08	7,21E+08	1,04E+09	5,61E+08	3,63E+08	1,20E+08
3			0	2,77E+08	1,10E+09	2,06E+09	9,70E+08	2,80E+08	1,63E+09	2,24E+08
4				0	3,08E+08	8,33E+08	5,45E+08	1,75E+08	5,69E+08	3,17E+06
5					0	1,97E+08	3,43E+08	4,46E+08	2,25E+08	3,72E+08
6						0	9,79E+08	1,23E+09	8,95E+07	9,37E+08
7							0	2,07E+08	1,12E+09	5,88E+08
8								0	1,10E+09	1,73E+08
9									0	6,47E+08
10										0

Після виділення груп (кластерів) територіально суміщених інформаційних джерел моніторингу постає проблема ідентифікації цих груп як об'єктів моніторингу та формування висновків про їх стан. Для вирішення цієї

проблеми пропонується побудова та використання бази знань за предметною областю відповідно до характеру типових об'єктів моніторингу.

Існують десятки моделей (або мов) подання знань для різних предметних областей. Більшість із них може бути зведена до наступних класів: продукційні моделі, семантичні мережі, фрейми, формальні логічні моделі [13].

Одним із варіантів типових об'єктів моніторингу можуть виступати підрозділи збройних сил (як свої так і протиборчої сторони). Проведений аналіз дозволяє зробити висновок, що для побудови моделі подання знань у бази знань для розпізнавання об'єктів моніторингу, доцільно використати фреймовий підхід. Основною перевагою фреймів як моделі подання знань є те, що вони відображають концептуальну основу організації пам'яті людини, а також її гнучкість і наочність. Подання знань на основі фреймової моделі, особливо ефективно для структурного опису складних понять і вирішення задач, у яких відповідно до ситуації бажано застосовувати різні способи виведення [10].




Першочерговим завданням при побудові бази знань для ідентифікації об'єктів моніторингу є формування моделі подання знань. Подання знань фреймами має багато спільного із об'єктно-орієнтованим підходом, адже, по суті, фрейм може бути представлений як клас із його внутрішніми атрибутами та методами [12; 14]. Тому, при побудові фреймової моделі бази знань можливо використати розвинений апарат об'єктно-орієнтованого моделювання.

Стандартною нотацією для моделювання великих інформаційних систем на базі об'єктно-орієнтованої методології служить уніфікована мова моделювання UML (*Unified Modeling Language*) [14]. Одним із доступних інструментальних засобів є середовище *Umbrello UML Modeller*, яке задовольняє двом ключовим вимогам: безкоштовність і кросплатформеність. Цей додаток є вільним програмним забезпеченням, призначеним для побудови Uml-діаграм та підтримує всі їх стандартні типи [15; 16].

Використовуючи середовище *Umbrello UML Modeller*, було побудовано фреймову модель бази знань для ідентифікації об'єктів моніторингу. Фреймова модель була побудована як UML-діаграма класів, де кожен фрейм подається у вигляді класу з властивими йому атрибутами та процедурами. Отримана фреймова модель зображена на рис. 2.

Усього сформована модель містить 8 фреймів-зразків: «Об'єкт моніторингу», «Підрозділ», «Армійський корпус», «Бригада», «Батальйон», «Рота», «Виявлений об'єкт», «Виділений кластер». Кожному із фреймів-зразків (крім «Об'єкт моніторингу» та «Підрозділ») відповідають фрейми-екземпляри у вигляді відомостей про конкретні підрозділи. Побудована модель має ієрархічну структуру та 3 види відношень між фреймами: узагальнення, асоціація та залежність. Графічне зображення відношень та їх характеристики наведені у табл. 2.

Таблиця 2 – Відношення між фреймами

№	Назва відношення	Графічне зображення	Характеристика відношення
1.	Узагальнення		Відношення типу «нащадок / пращур». Нащадок успадковує структуру і поведінку свого пращура. Незафарбована стрілка вказує на пращура.
2.	Асоціація		Структурне відношення, що описує множину зв'язків (з'єднань) між об'єктами.
3.	Залежність		Відношення використання, за якого зміна однієї сутності (незалежної) може вплинути на іншу сутність, яка її використовує. Стрілка спрямована у бік незалежної сутності.

Фрейм «Підрозділ» зв'язаний відношенням узагальнення з фреймом «Об'єкт моніторингу» та є його нащадком. Такими ж відношеннями зв'язані із фреймом «Підрозділ» та є його нащадками фрейми «Армійський корпус», «Бригада», «Батальйон», «Рота». При напов-

ненні бази знань створюються фрейми-екземпляри зі структурою, аналогічною згаданим фреймам, але слоти яких заповнені відповідно до відомостей про конкретні підрозділи.

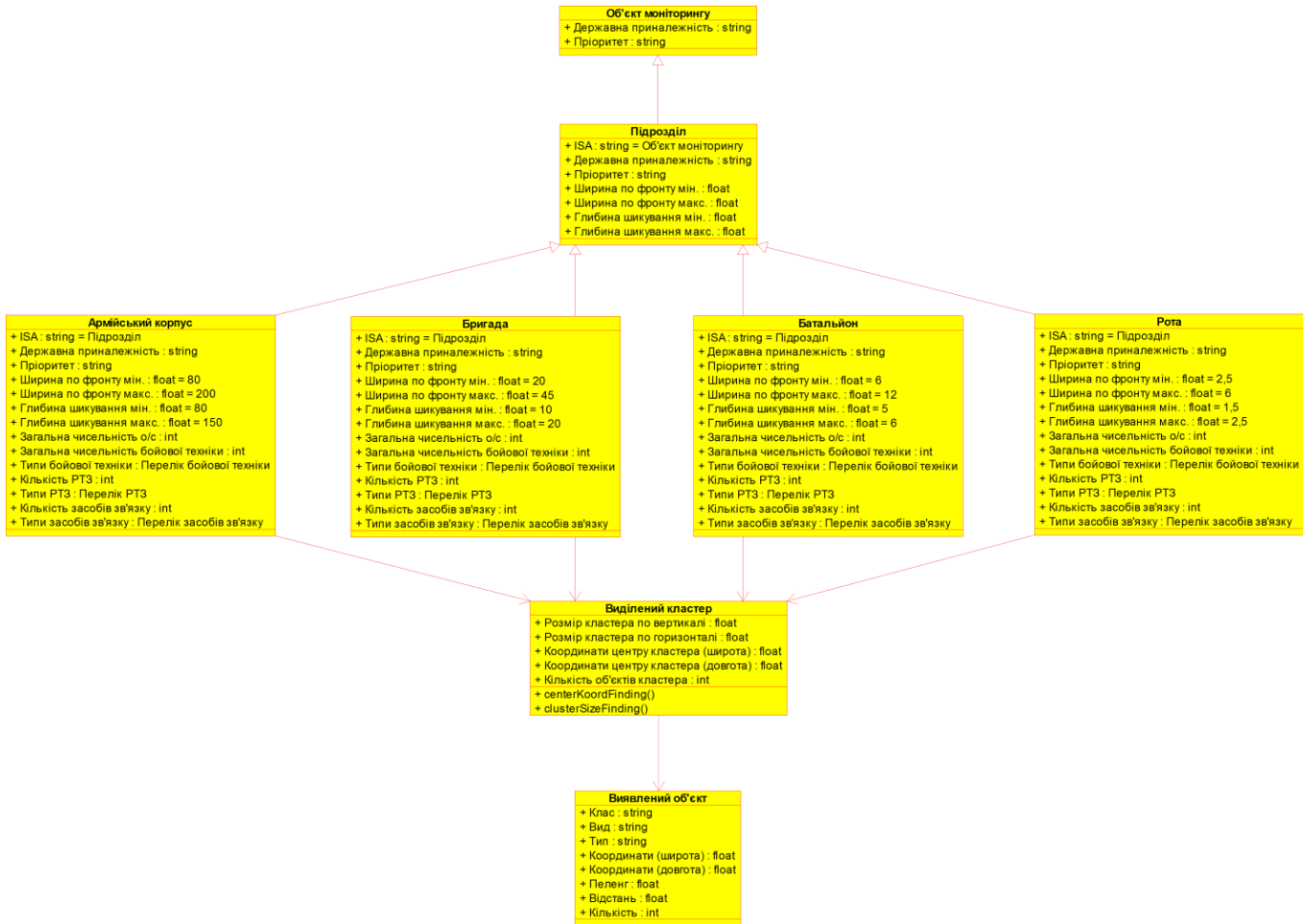


Рисунок 2 – Фреймова модель бази знань, побудована в Umbrello UML Modeller

Фрейм «Виявлений об'єкт» є узагальненим формуляром, що заповнюється на пунктах (постах) моніторингу та містить відомості про клас, вид, тип, координати та кількість (у випадку групового об'єкта). Зазначений фрейм пов'язаний відношенням залежності із фреймом «Виділений кластер». Слоти фрейму «Виділений кластер» заповнюються в результаті виконання процедури кластеризації територіально суміщених інформаційних джерел моніторингу, методика реалізації якої наведена вище. Для визначення значень слотів використовуються приєднані процедури *centerKoordFinding* (знаходження координат центру виділеного кластера) та *clusterSizeFinding* (знаходження розмірів виділеного кластера).

В подальшому отримана множина виділених кластерів, відомості про яку представлені множиною фреймів-екземплярів типу «Виділений кластер», піддається процедурі ідентифікації об'єктів моніторингу. В ході ідентифікації фрейми, що відповідають виділеним кластерам, співставляються із еталон-

ними фреймами, які містяться у базі знань. Результатом є висновок про відповідність кластеру конкретному підрозділу (або виявлення нового об'єкту моніторингу) та його поточний стан.

Використовуючи розроблену фреймову модель та наведену вище методику кластеризації, можливо сформулювати наступну узагальнену методику комплексної обробки інформації від технічних засобів моніторингу.

Первинна обробка інформації від інформаційних джерел моніторингу, заповнення фреймів типу «Виявлений об'єкт».

Кластеризація виявлених інформаційних джерел моніторингу відповідно до виразів (1-5), заповнення фреймів типу «Виділений кластер».

Ідентифікація виділених кластерів, формування висновків.

Для більшої наочності наведену методику комплексної обробки інформації від технічних засобів моніторингу можливо представити у вигляді схеми (рис. 3).

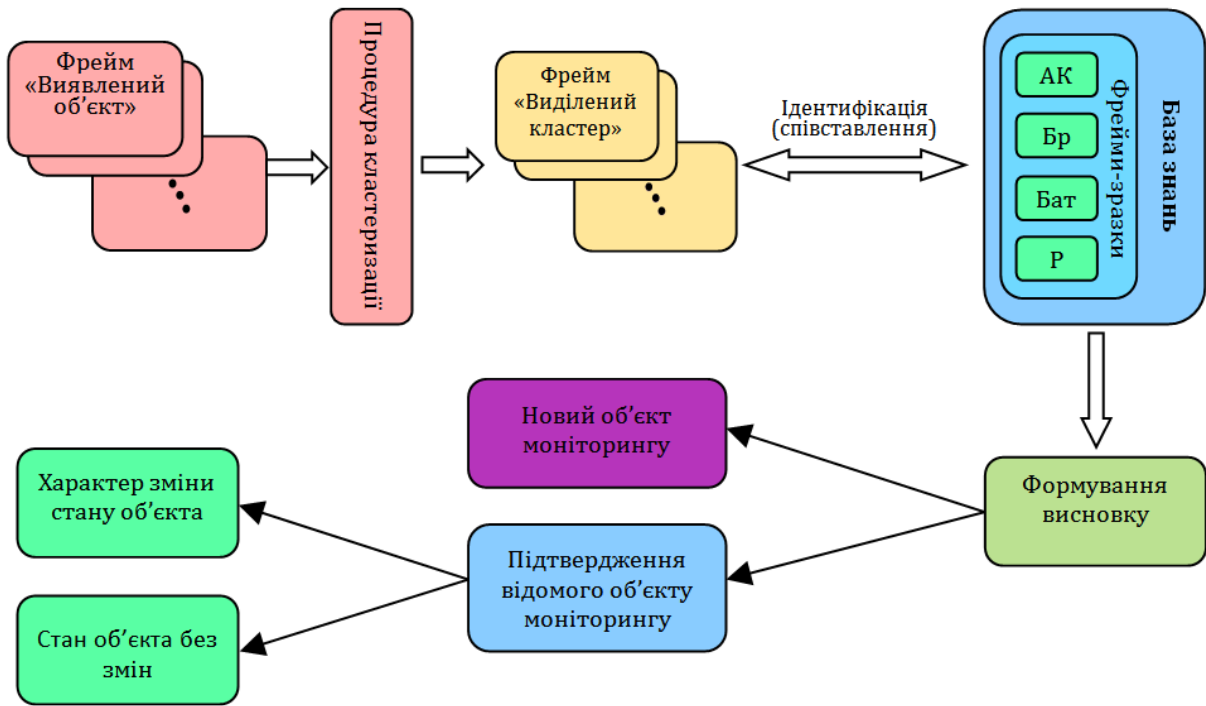


Рисунок 3 – Узагальнена схема комплексної обробки інформації від технічних засобів моніторингу

З метою перевірки наведеної методики було зімітовано виявлення 20 інформаційних джерел моніторингу (аналогічно як при випробуванні методики кластеризації). Після процедури кластеризації у множині інформаційних джерел моніторингу виділено 3 кластери, визначено їхні просторові розміри та координати центрів. В результаті співставлення фреймів виділених кластерів та фреймів-

зразків встановлено, що один фрейм відповідає новому об'єкту моніторингу, а два – бригадам (рис. 4). Таким чином, розроблена методика є працездатною та дозволяє робити висновки за об'єднаною інформацією про положення інформаційних джерел моніторингу від різномірних технічних засобів моніторингу.



Рисунок 4 – Результат виконання методики комплексної обробки інформації від технічних засобів моніторингу

Висновки

Обробка інформації у системах моніторингу є одним із найбільш важливих та складних завдань. Складність обробки інформації значною мірою визначається значною кількістю та різноманітністю підсистем та технічних засобів моніторингу. Однак, результатом попередньої обробки інформації від інформаційних джерел моніторингу є відомості про його клас, вид, тип та координати.

Сформована методика кластеризації територіально суміщених інформаційних джерел моніторингу дозволяє об'єднати інформацію від різних технічних засобів моніторингу та

використати її для формування груп інформаційних джерел моніторингу, що належать одному об'єкту моніторингу.

Розроблена фреймова модель бази знань для ідентифікації об'єктів моніторингу є основою програмної реалізації бази знань і методики комплексної обробки інформації та дозволяє автоматизувати цей процес.

Напрямок подальших досліджень є наповнення бази знань відомостями про конкретні об'єкти моніторингу та вдосконалення алгоритму ідентифікації виділених кластерів інформаційних джерел моніторингу.

Список використаних джерел / References

1. Vasin, V. A., Vlasov, I. B., Egorov, Y. M. et al. (2003). *Informatsionnyie tehnologii v radiotekhnicheskikh sistemah* [Information technology in radio engineering systems]. I. B. Fedorov (Ed.). Moscow: MGTU im. N. E. Baumana (in Russian)
[Васин, В. А., Власов, И. Б., Егоров, Ю. М. и др. (2003). *Информационные технологии в радиотехнических системах*. И. Б. Федоров (Ред.). Москва: МГТУ им. Н. Э. Баумана].
2. Radzievskiy, V. G., & Sirota, A. A. (2001). *Informatsionnoe obespechenie radioelektronnyih sistem v usloviyah konflikta* [Information support of electronic systems in conflict]. Moscow: Radiotekhnika (in Russian)
[Радзиевский, В. Г., & Сирота, А. А. (2001). *Информационное обеспечение радиоэлектронных систем в условиях конфликта*. Москва: Радиотехника].
3. Kirsanov, E. A., & Sirota, A. A. (2012). *Obrabotka informatsii v prostranstvenno-raspredelennyih sistemah radiomonitoringa: statisticheskiy i neyrosetevoy podhody* [Information processing in a spatially distributed radio monitoring systems: statistical and neural network approaches]. Moscow: FIZMATLIT (in Russian)
[Кирсанов, Э. А., & Сирота, А. А. (2012). *Обработка информации в пространственно-распределенных системах радиомониторинга: статистический и нейросетевой подходы*. Москва: ФИЗМАТЛИТ].
4. Central administration metrology and standardization of the Armed Forces of Ukraine. (2015). *Voienna rozvidka. Rozviduvalno-informatsiina diialnist. Terminy ta vyznachennia* [Military Intelligence. Intelligence and information activities. Terms and definitions] (ВСТ; 01.101.004-2015(02)). Kyiv: Military unit A1906 (in Ukrainian)
[Центральне управління метрології і стандартизації Збройних сил України. (2015). *Воєнна розвідка. Розвідувально-інформаційна діяльність. Терміни та визначення* (ВСТ; 01.101.004-2015(02)). Київ: Військова частина А1906].
5. Radzievskiy, V. G., & Sirota, A. A. (2004). *Teoreticheskie osnovy radioelektronnoy razvedki* [Theoretical foundations of electronic intelligence]. Moscow: Radiotekhnika (in Russian)
[Радзиевский, В. Г., & Сирота, А. А. (2004). *Теоретические основы радиоэлектронной разведки*. Москва: Радиотехника].
6. Shurenok, V. A. (2014). *Metodyka klasteryzatsii hrupovykh obiektiv radiomonitorynhu za kryteriiem neprotyrichchia* [The group radiomanitoring objects clustering technique by non-contradiction criteria]. *Suchasni Informatsiini Tekhnolohii U Sferi Bezpeky Ta Oborony*, 1(19), 100–106 (in Ukrainian)
[Шуренок, В. А. (2014). Методика кластеризації групових об'єктів радіомоніторингу за

- критерієм непротиріччя. *Сучасні інформаційні технології у сфері безпеки та оборони*, 1(19), 100–106].
7. Dyuran, B., & Odell, P. (1977). *Klasterniy analiz* [Cluster analysis]. Moscow: Statistika (in Russian) [Дюран, Б. & Оделл, П. (1977). *Кластерный анализ*. Москва: Статистика].
 8. Mandel, I. D. (1988). *Klasterniy analiz* [Cluster analysis]. Moscow: Finansyi i Statistika (in Russian) [Мандель, И. Д. (1988). *Кластерный анализ*. Москва: Финансы и статистика].
 9. Machine learning. (n. d.). In *Wikipedia*. Retrieved February 10, 2017, from <https://goo.gl/aWZXxj> (in Russian) [Машинное обучение. (n. d.). В *Wikipedia*. Актуально на 10.02.2017, URL: <https://goo.gl/aWZXxj>].
 10. Subbotin, S. O. (2008). *Podannia u obrobka znan u systemakh shtuchnoho intelektu ta pidtrymky pryiniattia rishen* [Presentation and working knowledge in artificial intelligence systems and decision support]. Zaporizhzhia: ZNTU (in Ukrainian) [Субботін, С. О. (2008). *Подання й обробка знань у системах штучного інтелекту та підтримки прийняття рішень*. Запоріжжя: ЗНТУ].
 11. Osuga, S. (1989). *Obrabotka znaniy* [Knowledge Processing]. Moscow: Mir (in Russian) [Осуга, С. (1989). *Обработка знаний*. Москва: Мир].
 12. Ueno, H., Koyama, T., & Okamoto, T. (1989). *Predstavlenie i ispolzovanie znaniy* [Representation and use of knowledge]. Moscow: Mir (in Russian) [Уэно, Х., Кояма, Т., & Окамото Т. (1989). *Представление и использование знаний*. Москва: Мир].
 13. Gavrilova, T. A., & Horoshevskiy, V. F. (2000). *Bazy znaniy intellektualnyih sistem* [Knowledge Base Intelligent Systems]. Saint-Petersburg: Piter (in Russian) [Гаврилова, Т. А., & Хорошевский, В. Ф. (2000). *Базы знаний интеллектуальных систем*. Санкт-Петербург: Питер].
 14. Dudzianyi, I. M. (2007). *Obiektno-orientovane modeliuvannia proqramnykh system* [Object-oriented modeling of software systems]. Lviv: LNU imeni Ivana Franka (in Ukrainian) [Дудзяний, І. М. (2007). *Об'єктно-орієнтоване моделювання програмних систем*. Львів: ЛНУ імені Івана Франка].
 15. Gromov, Y. Y., Didrih, V. E., Ivanova, O. G., & Odnolko, V. G. (2014). *Teoriya informatsionnyih protsessov i sistem* [The theory of information processes and systems]. Tambov: Izd-vo FGBOU VPO "TGTU" (in Russian) [Громов, Ю. Ю., Дидрих, В. Е., Иванова, О. Г., Однолько, В. Г. (2014). *Теория информационных процессов и систем*. Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ»].
 16. Hensgen, P., & (2001). *Pidruchnyk z Umbrello UML Modeller* [Textbook Umbrello UML Modeller]. Retrieved from <https://docs-staging.kde.org/trunk5/uk/kdesdk/umbrello/umbrello.pdf> (in Ukrainian) [Генсген, П. (2001). *Підручник з Umbrello UML Modeller*. URL: <https://docs-staging.kde.org/trunk5/uk/kdesdk/umbrello/umbrello.pdf>].