

## ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ ПРОБЛЕМНИХ СИТУАЦІЙ ТА ЇХ СТАНІВ У СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ

© Савчук Т. О., Петришин С. І., 2014

Наведено інформаційну технологію ідентифікації проблемних ситуацій та їхніх станів у складних технічних системах, в основу якої покладений метод, що ґрунтується на інформаційній моделі процесу ідентифікації та модифікованих алгоритмах кластеризації таких ситуацій FOREL та K-MEANS.

**Ключові слова:** інформаційна технологія, кластерний аналіз, ідентифікація, проблемна ситуація.

The article contains information technology for identification of problematic situations and their states in complex technical systems, which is based on a method that is based on the information model identification process and modified clustering algorithms such situations FOREL and K-MEANS.

**Key words:** information technology, cluster analysis, identification, problematic situation.

### Вступ

У зв'язку зі швидким науково-технічним прогресом значно збільшилась кількість складних технічних систем, які сьогодні застосовуються і в побуті, і на виробництві. Тому зростає ймовірність виникнення ситуацій, які містять протиріччя та не мають однозначного рішення відносно обставин і умов, в яких розгортається діяльність таких систем, тобто проблемних ситуацій. З огляду на це необхідно розробити методи та засоби, які б могли допомогти ідентифікувати такі ситуації та їх стани в складних технічних системах для підвищення ефективності їх усунення [1, 2].

Сталих тенденцій розвитку складних технічних систем, використовуваних як у побуті, так і на виробництві, можливо досягти, приєднавши їх технічне вдосконалення з розвитком методів та засобів ідентифікації проблемних ситуацій, що можуть виникнути в процесі їх функціонування. Методи та засоби ідентифікації повинні ґрунтуватися на новітніх інформаційних технологіях, оскільки саме так можливо добитись максимальної якості їх роботи [3].

### Постановка задачі

Задача ідентифікації проблемних ситуацій та їх станів, які виникають у складних технічних системах, зводиться до задачі ототожнення таких ситуацій та їх поточних станів (причини, умови та фактори) до одного з станів, які можуть бути наперед не відомі. При цьому аналізується вектор параметрів та характеристик  $X_i$ , який відображає  $i$ -ту проблемну ситуацію та її стан  $S_i$  у складній технічній системі. Нехай  $X$  – матриця, в якій кожен рядок  $\{x_{i1}, \dots, x_{ij}, \dots, x_{im}\}$  описує певну проблемну ситуацію, що складається у складній технічній системі, та її стан, де  $x_{ij}$  – певна характеристика або параметр такої ситуації або її стану (1).

$$X = \{X_1, X_2, \dots, X_n\} = \left\{ \begin{array}{cccc} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{array} \right\}, \quad (1)$$

де  $X_i$  – проблемна ситуація, яка виникла в складній технічній системі;  $x_{ij}$  – значення  $j$ -го параметра  $i$ -ї проблемної ситуації або її стану, яка існує у складній технічній системі;  $m$  – кількість значень параметрів та характеристик проблемних ситуацій у складних технічних системах та їх станів, що збережені в базі даних;  $n$  – кількість проблемних ситуацій в складних технічних системах, що збережені в базі даних.

Тоді, на основі зазначеного, задача ідентифікації проблемних ситуацій та їх станів у складних технічних системах зведеться до розбиття вибірки проблемних ситуацій у складних технічних системах та їх станів на  $k$  ( $k \leq n$ ) непересічних підмножин, що називаються кластерами, так, щоб

- кожен кластер складався з ситуацій та їх станів, близьких за метрикою  $\omega$ ;
- проблемні ситуації у складних технічних системах та їх стани, які містяться в різних кластерах, значно відрізнялися [2, 3].

Кожній проблемній ситуації  $x_i \in X_n$  приписується номер її кластера. І залежно від номера кластера користувач отримує інформацію про формалізований стан, до якого зараховано ситуацію, що і є метою ідентифікації.

### **Оцінювання доцільності застосування інформаційної технології ідентифікації проблемних ситуацій та їх станів у складних технічних системах**

Ідентифікація проблемних ситуацій та їх станів у складних технічних системах може здійснюватись такими способами [4, 5]:

- дані про проблемні ситуації та їхні стани в складних технічних системах опрацьовує група експертів, що на основі досвіду та знань визначає шляхи її розвитку. Особливостями підходу є мала швидкість опрацювання інформації та суб'єктивний характер оцінювання ситуації, що виникає внаслідок впливу рішень одних експертів на інших;

- аналіз даних про проблемні ситуації та їх стани в складних технічних системах здійснюється на основі інформаційно-довідкових таблиць, де визначено значення параметрів у проміжних станах такої ситуації, та на основі отриманої інформації встановлюють прогнозовані значення цих параметрів. Отримані дані корелюють між собою, визначається шлях розвитку проблемної ситуації загалом. У разі використання означеного підходу ситуація аналізується поетапно, а тому можуть бути не розглянуті її проміжні стани, які здатні істотно впливати на розвиток та наслідки такої ситуації, і, як наслідок, отримання недостовірного результату аналізу та надання помилкових рекомендацій щодо її усунення;

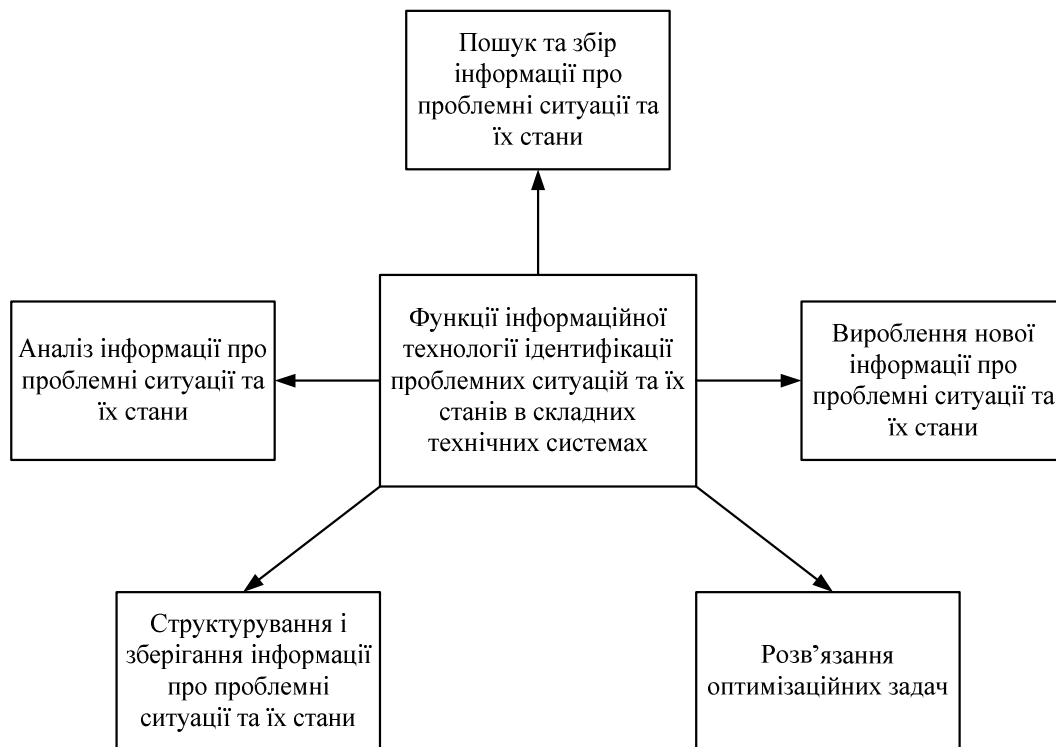
- дані про проблемні ситуації та їхні стани в складних технічних системах аналізують на основі аналітичних залежностей між різними їхніми параметрами. На підставі визначених залежностей встановлюють правила зміни значень параметрів, що визначають кінцевий стан проблемної ситуації залежно від значень початкових даних та умов, за яких складатиметься така ситуація. Метод відрізняється високою точністю аналізу проблемних ситуацій, проте низькою швидкістю внаслідок потужної множини варіантів впливу кожного початкового параметра на розвиток проблемних ситуацій, що виникли у складних технічних системах.

Для розв'язання задачі ідентифікації проблемних ситуацій та їхніх станів у складних технічних системах доцільно використати підхід, що ґрунтується на визначенні аналітичних залежностей між параметрами таких ситуацій, оскільки він характеризується високою точністю, із застосуванням сучасних інформаційних технологій, що дасть змогу підвищити швидкість та ефективність розв'язання такої задачі. Отже, основними проблемами під час розв'язання задачі ідентифікації проблемних ситуацій та їх станів у складних технічних системах є низька швидкість та вплив суб'єктивної оцінки проблемних ситуацій та їх станів у складних технічних системах на результати її ідентифікації. Це визначає необхідність автоматизованого розв'язання поставленої задачі, що можливо реалізувати з використанням відповідної інформаційної технології [6, 7], що можна класифікувати за такими ознаками:

- за способом реалізації – нова інформаційна технологія;
- за ступенем охоплення завдань управління – технологія для електронної обробки даних та підтримки прийняття рішень;

- за класом реалізованих технологічних операцій – технологія для роботи з системами керування базами даних;
- за типом користувацького інтерфейсу – мережева.

Основними функціями, які повинна виконувати інформаційна технологія ідентифікації проблемних ситуацій та їх станів у складних технічних системах, є пошук і збір, аналіз, структурування і зберігання, вироблення нової інформації про такі ситуації та їхні стани (рис. 1).



*Рис. 1. Функції інформаційної технології ідентифікації проблемних ситуацій та їхніх станів у складних технічних системах*

Серед переваг використання інформаційних технологій у різних сферах людської діяльності, зокрема і для ідентифікації проблемних ситуацій та їхніх станів у складних технічних системах, можна навести такі: висока швидкість опрацювання даних; невеликі затрати на обслуговування; зменшення впливу людського фактора на виконану роботу; можливість передавання інформації на великі відстані за невеликі проміжки часу; можливість роботи користувачів індивідуально із системою. Отже, із урахуванням недоліків методів ідентифікації проблемних ситуацій та їхніх станів у складних технічних системах та переваг інформаційних технологій можна зробити висновок про доцільність застосування останніх для розв'язання задачі ідентифікації проблемних ситуацій та їх станів у складних технічних системах.

### **Розроблення методу ідентифікації проблемних ситуацій та їхніх станів у складних технічних системах з використанням кластерного підходу**

Метод ідентифікації проблемних ситуацій та їхніх станів у складних технічних системах з використанням відповідної інформаційної моделі та кластерного підходу передбачає, що для проведення ідентифікації таких ситуацій необхідна наявність бази даних аналізованих проблемних ситуацій означеного типу.

Основні етапи ідентифікації проблемних ситуацій та їхніх станів у складних технічних системах такі:

1. Завантаження вхідних даних про проблемну ситуацію/множину проблемних ситуацій та її/їх стан/стани для проведення ідентифікації.

2. Підготовка вхідних даних про завантажені проблемні ситуації, що передбачає нормування значень всіх параметрів та характеристик таких ситуацій.

Нормування виконують з використанням способу (2), оскільки для його застосування достатньо знати тільки поточні та еталонні значення параметрів, він не призводить до зміни результатів розв'язання задачі кластеризації, що важливо для ідентифікації проблемних ситуацій у складних технічних системах.

$$q = \frac{x}{x'}. \quad (2)$$

3. Якщо користувач задав кількість кластерів, на які необхідно розділити всі ситуації (з бази даних аналізованих проблемних ситуацій у складних технічних системах та нові ситуації), необхідно перейти до етапу 5, інакше, якщо користувач не задав кількість кластерів, а задав якість кластеризації, необхідно перейти до етапу 4.

$$\begin{aligned} \exists ClustersCant \wedge \neg(\exists Quality) &\Rightarrow K - MEANS(GoTo Step 5) \\ \exists Quality \wedge \neg(\exists ClustersCant) &\Rightarrow FOREL(GoTo Step 4) \\ \exists ClustersCant \wedge \exists Quality &\Rightarrow K - MEANS(GoTo Step 5) \\ \neg(\exists ClustersCant) \wedge \neg(\exists Quality) &\Rightarrow BACK(GoTo Step 1) \end{aligned} \quad (3)$$

4. Проводиться кластерний аналіз проблемних ситуацій у складних технічних системах та їх станів за допомогою модифікованого алгоритму ФОРЕЛ [2]. У процесі аналізу використовують всі відомі параметри та характеристики проблемних ситуацій. Для визначення відстані між проблемними ситуаціями застосовують зважену евклідову відстань.

5. Проводиться кластерний аналіз проблемних ситуацій у складних технічних системах за допомогою модифікованого алгоритму K-MEANS [.....]. У процесі аналізу використовують всі відомі параметри та характеристики проблемних ситуацій. Для визначення відстані між проблемними ситуаціями застосовують зважену евклідову відстань.

6. Результат перевіряється на наявність таких ситуацій, які виділені в окремий кластер, тобто такі, які перебувають на великій відстані від всіх сформованих кластерів або які на однаковій відстані до двох чи більше кластерів, і за допомогою алгоритму кластеризації зараховані до окремого кластера.

7. База даних аналізованих проблемних ситуацій у складних технічних системах доповнюється ситуаціями, які проаналізовано, окрім, тих, які знайдено на етапі 6.

8. Якщо знайдено кластери з однієї проблемної ситуації, то перевіряють, чи ця проблемна ситуація є новою, чи вона збережена в базі даних. Якщо вона не нова, то необхідно перейти до 12 етапу, інакше до 9.

$$\begin{aligned} \exists x_i \in X_n \in C_l \wedge |C_l| = 1 \wedge x_i \notin DB &\Rightarrow Additional\ analysis\ (GoTo\ Step\ 9) \\ \exists x_i \in X_n \in C_l \wedge |C_l| = 1 \wedge x_i \in DB &\Rightarrow Additional\ analysis\ (GoTo\ Step\ 12) \end{aligned} \quad (4)$$

9. Всі параметри та характеристики за якими здійснено кластеризацію проблемних ситуацій у складних технічних системах, класифікують за їх ступенем важливості користувачі, кількість класів також визначає користувач. Для зручності класи параметрів та характеристик нумерують від 1 до  $q$ . До класу з номером 1 входять параметри та характеристики, важливість яких наближається до максимальної, а до класу з номером  $q$  – до мінімальної.

10. Виконують етапи 3–5, але в кластерному аналізі використовуються не всі параметри проблемних ситуацій в складних технічних системах, а множина, яка містить параметри з класів від 1 до  $(q-1)$ , а значення  $q$  дорівнює  $(q-1)$ .

11. Проводиться перевірка, чи знайдена на етапі 6 проблемна ситуація входить до кластера, потужність якого більша за 1. Якщо так, то база даних аналізованих проблемних ситуацій у складних технічних системах доповнюється ситуацією, яка знайдена на етапі 6 та відбувається перехід до етапу 12, інакше, якщо  $q > 1$ , виконується етап 10, інакше знайдена на 6 етапі проблемна ситуація належить до нового кластера та виконується етап 12.

12. База даних аналізованих проблемних ситуацій в складних технічних системах доповнюється ситуаціями, які проаналізовано.

13. Представляються результати ідентифікації проблемних ситуацій та їх станів у складних технічних системах користувачу.

Результат ідентифікації проблемних ситуацій та їх станів у складних технічних системах – інформація про кластер, до якого входить аналізована проблемна ситуація у складних технічних системах, а також опис можливих проблем, які виникають в об'єкта, де сталась така ситуація.

### Розроблення інформаційної технології ідентифікації проблемних ситуацій та їх станів у складних технічних системах

Інформаційна технологія ідентифікації проблемних ситуацій у складних технічних системах – процес, що використовує сукупність методів ідентифікації таких ситуацій, програмно-технологічних засобів ідентифікації таких ситуацій, об'єднаних у технологічний ланцюжок, що забезпечує збір, зберігання та обробку інформації про проблемні ситуації у складних технічних системах (первинної інформації) для отримання інформації нової якості про стан ситуації – інформаційної системи (рис. 2) [8, 9].

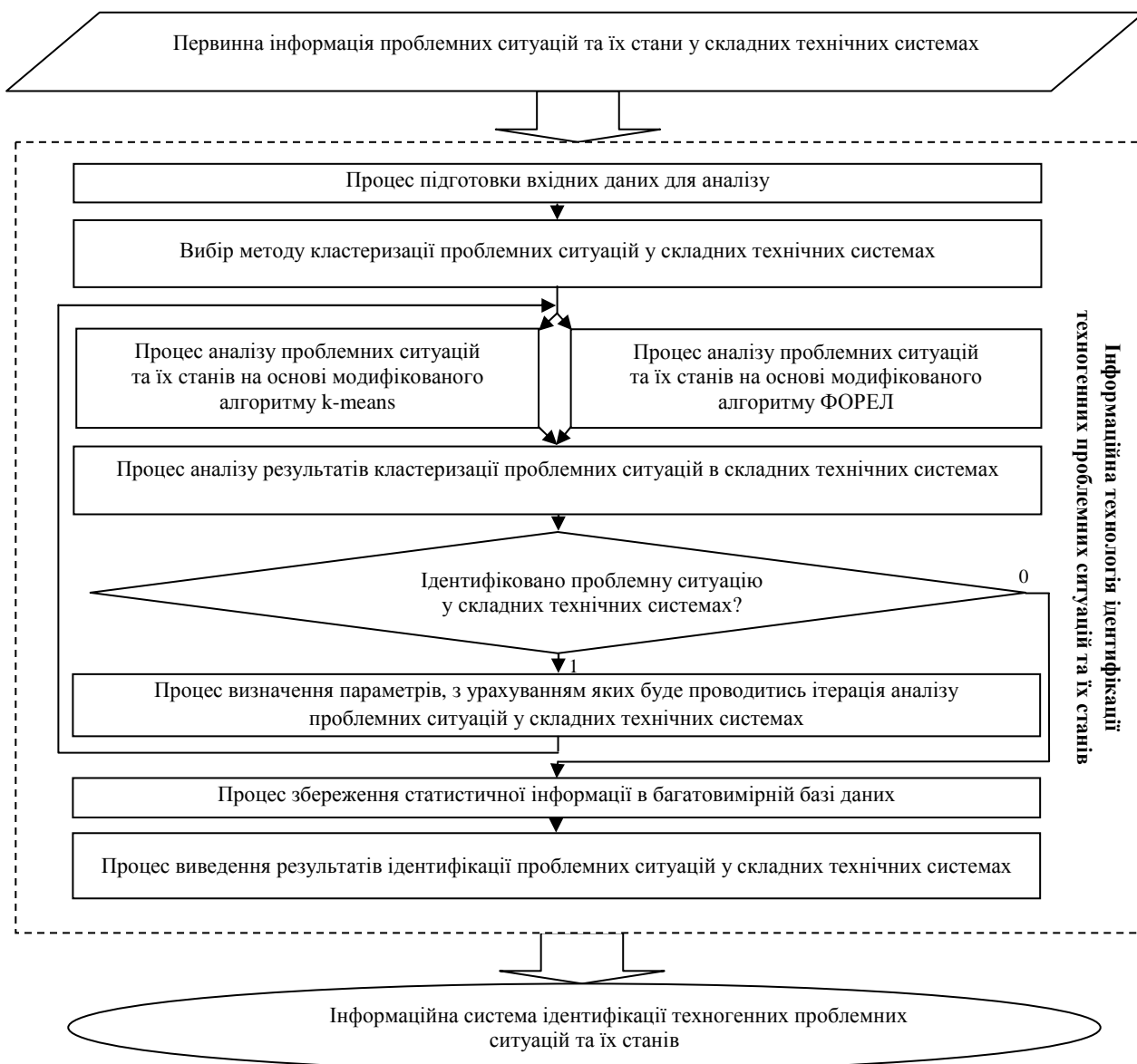


Рис. 2. Основні етапи інформаційної технології ідентифікації проблемних ситуацій та їх станів у складних технічних системах

UML діаграма компонентів інформаційної технології ідентифікації проблемних ситуацій та їх станів у складних технічних системах наведена на рис. 3 [10].

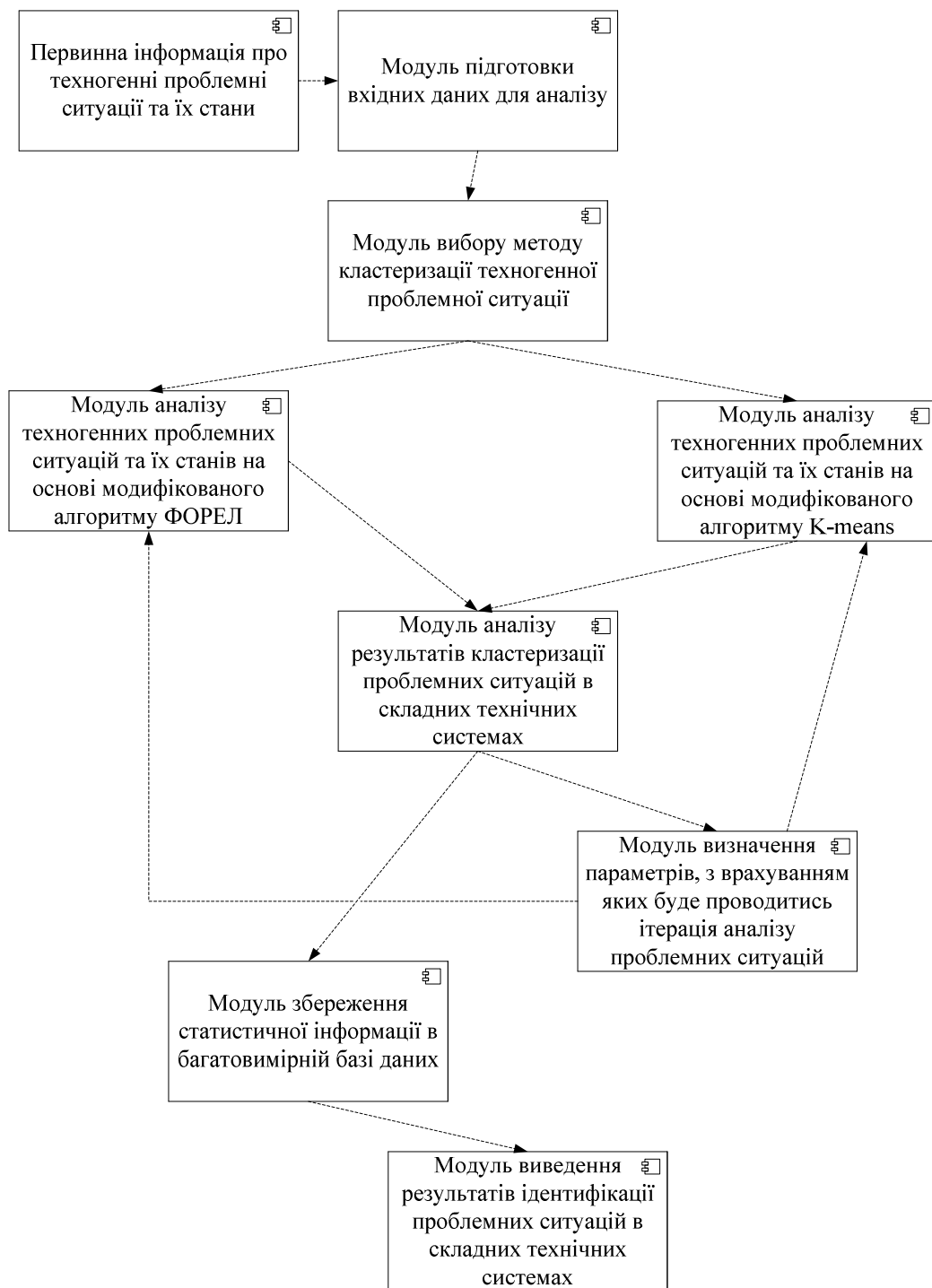


Рис. 3. UML діаграма компонентів інформаційної технології ідентифікації проблемних ситуацій та їх станів у складних технічних системах

Основні етапи автоматизованої інтелектуальної обробки даних про проблемні ситуації та їх стани в складних технічних системах з метою їх ідентифікації за запропонованою інформаційною технологією такі:

- процес підготовки вхідних даних для аналізу;
- вибір методу кластеризації проблемної ситуації у складних технічних системах;

- процес аналізу проблемних ситуацій та їх станів на основі модифікованого алгоритму K-MEANS;
- процес аналізу проблемних ситуацій та їх станів на основі модифікованого алгоритму ФОРЕЛ кластеризації проблемних ситуацій у складних технічних системах та їх станів;
- процес аналізу результатів кластеризації проблемних ситуацій у складних технічних системах;
- процес визначення параметрів, з урахуванням яких проводиться ітерація аналізу проблемних ситуацій в складних технічних системах;
- процес збереження статистичної інформації у багатовимірній базі даних;
- процес виведення результатів аналізу.

### **Висновки і перспективи подальших наукових розвідок**

Отже, розроблено інформаційну технологію ідентифікації проблемних ситуацій та їх станів у складних технічних системах, в основу якої покладено метод ідентифікації таких ситуацій, що ґрунтується на інформаційній моделі процесу ідентифікації та модифікованих алгоритмах кластеризації таких ситуацій ФОРЕЛ та K-MEANS, що дало змогу підвищити якість ідентифікації таких ситуацій на 5,2 % порівняно з випадком, коли інформаційна технологія не застосовувалась (якість у разі застосування інформаційної технології досягла 87,2 %, а у випадку, коли не використовувалась технологія, – 82 %).

1. Афанасьевская В. Е. Применение методов нечеткой кластеризации при решении задач диагностики авиационных двигателей / В. Е. Афанасьевская, О. С. Радивоненко, А. Ю. Соколов, М. Л. Угрюмов // *Авиационно-космическая техника и технология* – Харьков, 2010. – № 8 (75). – С. 128–132. 2. Савчук Т. О. Ідентифікація проблемних ситуацій та їх станів в складних технічних системах з використанням модифікованого алгоритму ФОРЕЛ / Т. О. Савчук, С. І. Петришин // *Вісник Національного університету “Львівська політехніка”* – Львів, 2014. – № 783. – С. 187–193. 3. Савчук Т. О. Використання ієрархічних методів кластеризації для аналізу надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті / Т. О. Савчук, С. І. Петришин // *Міжнародний науково-технічний журнал “Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах”*. – Хмельницький, 2009. – № 1. – С. 193–198. 4. Лецкий Э. К. Информационные технологии на железнодорожном транспорте: уч. для вузов ж.-д. транспорта / Лецкий Э. К., Панкратов В. И., Яковлев В. В. и др.: под ред. Яковлева Э. К., Поддавашикина Э. С., Яковлева В. В. – М.: УМК МПС РФ, 2001. – 668 с. 5. Олейников В. Т. Принципы построения и архитектура автоматизированной системы поддержки принятия решений при тушении пожаров / Олейников В. Т., Абрамов А. П. // *Пожарная безопасность*. – 2001. – № 4. – С. 118–123. 6. Зьора О. В. Інформаційна технологія класифікації техногенних проблемних ситуацій: автореф. дис. ... канд. техн. наук: спец. 05.13.06 – ВНТУ – Вінниця, 2013. – 20 с. 7. Румянцева Е. Л. Информационные технологии / Е. Л. Румянцева, В. В. Слюсарь. – М.: Форум, 2007. – 256 с. 8. Петришин С. І. Інформаційна технологія кластерного аналізу надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті / Петришин С. І. // *Тези студентських доповідей, рекомендованих до опублікування XLII НТК професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету*. – Вінниця, 2013. 9. Петришин С. І. Технологія ідентифікації проблемних ситуацій та їх станів в складних технічних системах / Петришин С. І. // *Тези студентських доповідей, рекомендованих до опублікування XLIII НТК професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету*. – Вінниця, 2014. 10. Рамбо Дж. UML 2.0. Объектно-ориентированное моделирование и разработка / Дж. Рамбо, М. Блаха. – 2-е изд. – СПб: Питер, 2007. – 544 с.