

логічного нуля, що забезпечує виконання операції $2b + b_n$. Вище зазначені дії виконуються до тих пір, поки не буде досягнута остання точка рядка rasterизації.

Особливістю запропонованого блоку визначення підкореневого виразу є відсутність блоків множення.

Висновки

У статті запропоновано апроксимаційну формулу, згідно з якою нормалізація векторів виконується без трудомістких операцій ділення та визначення квадратного кореня. Формула забезпечує високу точність нормалізації – максимальна відносна похибка не перевищує 0,36 %, що є прийнятною для задач високої реалістичної графіки. Запропоновано формулу для визначення підкореневого виразу, яка не містить операцій множення.

Запропоновано апаратні реалізації отриманих формул.

Література

1. Херн Д. Компьютерная графика и стандарт OpenGL / Д. Херн, М. Бейкер. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2005. – 1168 с.
2. Ламот А. Программирование трехмерных игр для Windows. Советы профессионала по трехмерной графике и rasterизации / А.Ламот. – М.: ИД «Вильямс», 2004. – 1424 с.
3. Романюк О. Н. Високопродуктивні методи та засоби зафарбовування тривимірних графічних об'єктів. Монографія. / О. Н. Романюк, А. В. Чорний. – Вінниця: УНІВЕСУМ-Вінниця, 2006. – 190 с.
4. Романюк О.В. Аналіз методів нормалізації векторів нормалей для задач формування тривимірних зображень [Електронний ресурс] / Романюк О.В., Войтко В.В. // Наукові праці ВНТУ. – 2009. – № 1. – Режим доступу до журн.: http://www.nbu.gov.ua/e-journals/VNTU/2009-1/2009-1_ru.files/ru/09vvtidi_ru.pdf.
5. Barrera T. Fast Near Phong-Quality Software / T. Barrera, A. Hast, E. Bengtsson // Shading SCCG'06 full paper, 2006, pp 44-50.
6. Lyon R.F. Phong Shading Reformulation for Hardware Renderer Simplification / R.F. Lyon // Apple Technical Report № 43. – 1993.
7. Hast A. Improved Algorithms for Fast Shading and Lighting / A. Hast // Acta Universitatis Upsaliensis. Uppsala, 2004. – 116 p.
8. Романюк О.В. Один із підходів до спрощення процедури визначення векторів нормалей / О.В. Романюк, В.В. Войтко, О.П. Гончарук // Вестник Херсонського національного технічного університету. – Херсон: ХНТУ, 2010. – Вып. № 3 (39). – С. 404-408.

Надійшла до редакції
3.10.2010 р.

УДК 004.89+336.713

Т.О. САВЧУК, С.І. ПЕТРИШИН

Вінницький національний технічний університет

ОСОБЛИВОСТІ ВИБОРУ ПАРАМЕТРІВ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ПРИ АНАЛІЗІ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

У роботі визначено проблеми вибору параметрів надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті та запропоновано множину параметрів таких ситуацій, що буде використана при їх кластеризації. Наведено основні способи нормування значень параметрів та характеристик, що може бути застосовано при кластеризації надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті.

In the paper the problem of choosing the parameters of the emergencies on the railway and the proposed set of parameters such situations will be used in their clustering. The basic methods of validation parameters and characteristics that can be applied to the clustering of emergencies on the railway.

Ключові слова: надзвичайна ситуація, залізничний транспорт, кластеризація, Data Mining, вибір параметрів, нормування.

Вступ

Зменшення наслідків надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті відзначається складністю в організації дій ліквідаційних підрозділів, що зумовлено великою кількістю вантажів, які мають різні пожежо- вибухонебезпечні та хімічні властивості, складністю оцінювання обстановки та іншими проблемами. Тому для ефективного керування такими підрозділами та засобами при надзвичайній ситуації потрібно мати чітко побудовану систему, організувати на науковій основі роботу оперативної групи з ліквідації надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті, а також застосувати найбільш ефективні методи роботи, з використанням сучасних інформаційних технологій [1].

Ефективне вирішення задач оперативного збору інформації про надзвичайну ситуацію на

залізничному транспорті, визначення відповідного сценарію її розвитку та розмірів зон ураження від небезпечних факторів, оцінки наслідків та виконання багатоваріантного планування використання відповідних сил, засобів та ресурсів неможливе без автоматизації процесів оперативного керування ліквідацією таких ситуацій [2].

Розробці інформаційного забезпечення і математичних моделей аналізу поточного стану та прогнозування розвитку надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті і вироблення управлінських рішень з метою створення автоматизованих систем підтримки прийняття рішень керівниками ліквідаційних загонів нині приділяється значна увага.

Отже, на сьогоднішній день актуальною є проблема аналізу інформації про надзвичайні ситуації, що виникають на залізничному транспорті при перевезенні небезпечних вантажів з метою попередження виникнення або зменшення наслідків таких ситуацій [1].

Вибір параметрів надзвичайної ситуації на залізничному транспорті в сучасних методах аналізу її стану

Визначення поточного, а також кінцевого (після проходження всіх процесів) стану надзвичайної ситуації на залізничному транспорті є основним при аналізі таких ситуацій. Це може проводитись такими методами (рисунок 1) [1]:



Рис. 1. Класифікація методів аналізу стану надзвичайної ситуації на залізничному транспорті

- дані про надзвичайну ситуацію на залізничному транспорті опрацьовує група експертів, що на основі досвіду та знань визначають шляхи її розвитку. Особливостями підходу є мала швидкість опрацювання інформації, необхідність в спеціально підготовлених експертах, суб'єктивність оцінки ситуації, що виникає внаслідок впливу рішень одних експертів на інших. При такому опрацюванні обирається базовий набір характеристик та параметрів надзвичайних ситуацій, що не завжди дає достовірний їх опис;

- аналіз даних про надзвичайну ситуацію на залізничному транспорті проводиться на основі інформаційно-довідкових таблиць, де визначено значення параметрів у проміжних станах такої ситуації, та на основі отриманої інформації визначаються прогнозовані значення цих параметрів. Отримані дані корелюються між собою та визначається шлях розвитку надзвичайної ситуації в цілому. При використанні означеного підходу ситуація аналізується поетапно, а тому можуть бути не розглянуті її проміжні стани, які можуть значно впливати на розвиток та наслідки такої ситуації, і, як наслідок, отримання недостовірного результату аналізу та надання помилкових рекомендацій щодо її ліквідації. При такому аналізі обирається набір характеристик та параметрів надзвичайних ситуацій, що дає більш точні результати, ніж у попередньому методі;

- дані про надзвичайну ситуацію на залізничному транспорті аналізуються шляхом визначення аналітичних залежностей між різними її параметрами. На основі визначених законів знаходяться правила зміни значень параметрів, що визначають кінцевий стан надзвичайної ситуації залежно від значень початкових даних та умов, за яких протікатиме така ситуація. Метод відрізняється високою точністю аналізу надзвичайної ситуації, проте низькою швидкістю внаслідок великої кількості варіантів впливу кожного початкового параметру на розвиток такої ситуації. При такому аналізі можливо опрацьовувати велику кількість параметрів, це буде підвищувати точність, але зменшувати швидкість опрацювання даних про надзвичайні ситуації на залізничному транспорті.

Як видно з огляду існуючих підходів до розв'язання задачі аналізу надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті, основними проблемами є низька швидкість та вплив суб'єктивного фактору. Це визначає необхідність автоматизованого вирішення поставленої задачі, що можливо реалізувати при використанні інформаційних технологій.

На сьогоднішній день відсутні єдині підходи до оцінювання обстановки, яка складається в результаті надзвичайних ситуацій, що виникають при перевезенні небезпечних вантажів залізничним транспортом, які можуть бути використаними безпосередньо при прийнятті рішень щодо ліквідації/зменшенні наслідків таких ситуацій.

Доцільним при аналізі інформації про надзвичайні ситуації на залізничному транспорті є використання підходу, що базується на визначенні аналітичних залежностей між їх параметрами. Його

перевагою є висока точність, а недоліком – низька швидкодія, що можна усунути шляхом використання новітньої обчислювальної техніки та технологій Data Mining.

Огляд методів і задач Data Mining, які можна застосовувати при оцінюванні інформації про надзвичайну ситуацію на залізничному транспорті при її аналізі

Велику кількість задач, зокрема, і задачу аналізу надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті, допомагають розв’язати технології Data Mining. Основна особливість Data Mining – це поєднання широкого математичного інструментарію (від класичного статистичного аналізу до нових кібернетичних методів) і останніх досягнень у сфері інформаційних технологій, що можна застосовувати при аналізі надзвичайних ситуацій на залізниці. В технології Data Mining об’єднані строго формалізовані методи і методи неформального аналізу, тобто кількісний і якісний аналіз даних. Відповідно до класифікації по стратегіях, задачі Data Mining поділяються на такі групи (рисунок 2) [3,4]:

- навчання з учителем (класифікація, прогнозування);
- навчання без учителя (кластеризація);
- інші (задачі, не включені в попередні дві стратегії).

Задачі Data Mining, які можна застосовувати до аналізу інформації про надзвичайні ситуації на залізничному транспорті, залежно від моделей, що використовуються (рисунок 2), можуть бути описувальними і прогнозувальними. В результаті рішення описових (descriptive) задач аналітик одержує шаблони, що описують дані, про такі ситуації. Ці задачі описують загальну концепцію аналізованих даних, визначають інформативні, підсумкові, відмітні особливості даних про надзвичайні ситуації. Прогнозуючі (predictive) задачі ґрунтуються на аналізі даних, створенні моделі, прогнозі тенденцій або властивостей нових або невідомих даних про надзвичайні ситуації на залізничному транспорті.

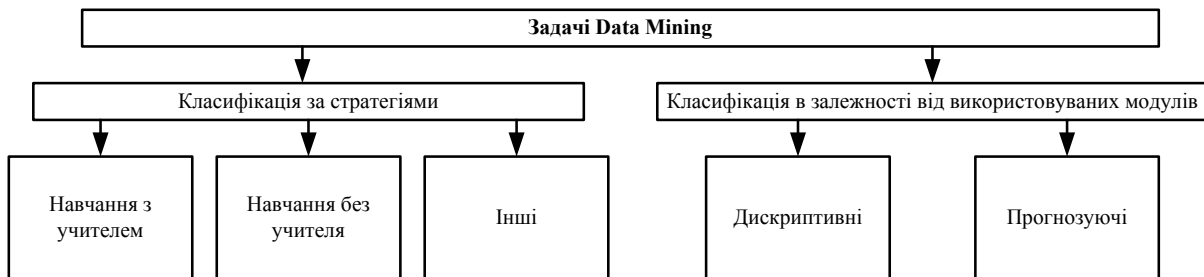


Рис. 2. Класифікація задач, які розв’язують в технологіях Data Mining при аналізі надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті

Більшість аналітичних методів, що використовуються в технології Data Mining – це відомі математичні алгоритми і методи. Новою в їх застосуванні є можливість їх використання при рішенні задач аналізу надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті, обумовлена новими можливостями технічних і програмних засобів.

Основними задачами Data Mining, що можна використовувати для аналізу даних про надзвичайні ситуації на залізничному транспорті є класифікація, кластеризація, прогнозування, пошук асоціативних правил, візуалізація, послідовність (рисунок 3) [4].

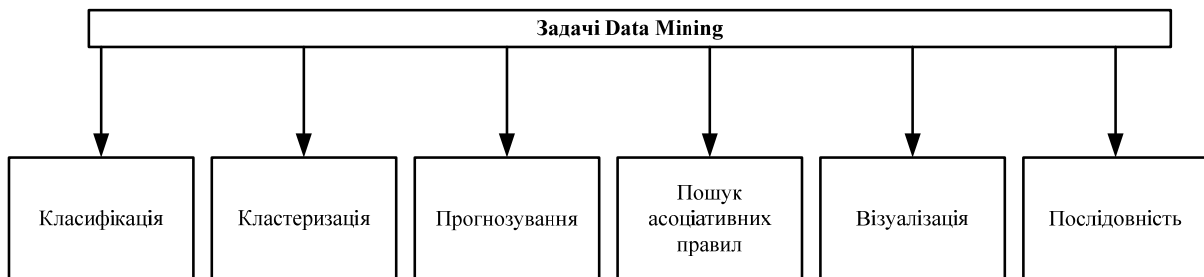


Рис. 3. Основні задачі Data Mining, які можна застосовувати при оцінюванні інформації про надзвичайну ситуацію на залізничному транспорті при її аналізі

В результаті рішення задачі класифікації виявляються ознаки, які характеризують досліджувані групи надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті – класи; по цих ознаках нову ситуацію можна віднести до того або іншого класу, що не є актуальним при аналізі надзвичайних ситуацій [4].

Кластеризація є логічним продовженням ідеї класифікації та являє собою спосіб групування багатовимірних об’єктів, якими є надзвичайні ситуації на залізничному транспорті. Такий аналіз засновано на поданні результатів окремих надзвичайних ситуацій точками певного геометричного простору з подальшим виділенням груп цих точок (кластерів, таксонів). Кластерний аналіз дозволяє виділяти компактні, віддалені групи надзвичайних ситуацій, припускаючи «природне» розбиття множини таких ситуацій на зони скупчення, що дозволяє стверджувати про однорідність дій при ліквідації надзвичайних

ситуацій, які належать до одного кластера [3].

В ході рішення задачі пошуку асоціативних правил знаходяться закономірності між зв'язаними подіями в наборі даних про надзвичайні ситуації на залізничному транспорті. Відмінність асоціації (пошуку асоціативних правил) від двох попередніх задач Data Mining: пошук закономірностей здійснюється не на основі властивостей надзвичайної ситуації, що аналізується, а між декількома подіями, які відбуваються одночасно [4].

Послідовність дозволяє знайти тимчасові закономірності між транзакціями. Задача послідовності подібна пошуку асоціативних правил, але її метою є встановлення закономірностей не між одночасно наступаючими подіями, а між подіями, зв'язаними в часі.

В результаті розв'язання задачі прогнозування стану надзвичайної ситуації на основі особливостей існуючих даних оцінюються пропущені або ж майбутні значення цільових чисельних показників [4].

В результаті візуалізації створюється графічний образ даних про надзвичайні ситуації на залізниці.

Отже, за результатами аналізу можна зробити висновок про доцільність використання кластеризації для аналізу надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті. Ці дані свідчать про те, що кластеризація характеризується ітераційним пошуком оптимального рішення, можливістю вибору інформативних ознак та мір близькості двома об'єктами, об'єктом і кластером, двома кластерами, побудовою науково обгрунтованої класифікації багатовимірних спостережень на підставі сукупності відібраних показників та виявлення внутрішніх зв'язків між надзвичайними ситуаціями на залізниці, які аналізуються. А також, алгоритми кластеризації, на відміну від статистичних методів, не потребують припущень і можуть бути використані в умовах відсутності інформації про закони розподілу даних про надзвичайні ситуації на залізничному транспорті.

Задача вибору параметрів та характеристик надзвичайної ситуації при кластеризації

Нехай Y – множина надзвичайних ситуацій $Y = \{Y_i\} (i = \overline{1, n})$ (n – потужність множини надзвичайних ситуацій), що представлена матрицею, в якій кожен рядок $\{y'_{ij}\} (i = \overline{1, n}; j = \overline{1, q})$, де q – кількість усіх можливих параметрів та характеристик надзвичайних ситуацій) – множина всіх можливих характеристик, що описує певну ситуацію, тобто y'_{ij} – певна характеристика окремої ситуації:

$$Y = \{Y_1, Y_2, \dots, Y_n\} = \begin{Bmatrix} y'_{11} & y'_{12} & \dots & y'_{1q} \\ y'_{21} & y'_{22} & \dots & y'_{2q} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y'_{n1} & y'_{n2} & \dots & y'_{nq} \end{Bmatrix},$$

де Y_i – i -та надзвичайна ситуація на залізничному транспорті;

y'_{ij} – значення конкретного j -го параметру i -ї надзвичайної ситуації;

q – кількість усіх можливих параметрів надзвичайних ситуацій, що збережені в базі даних.

З множини усіх параметрів, що аналізується, $y' = \{y'_{ij}\}$ потрібно обрати таку підмножину $y = \{y_{ij}\}$, яка б максимально достовірно відображала подібність або відмінність між такими ситуаціями та забезпечувала б достовірне розбиття множини Y надзвичайних ситуацій на $k = \overline{1, n}$ підмножин з дотриманням вимог кластеризації, як технології Data Mining: надзвичайна ситуація Y_i належить одній і тільки одній підмножині; надзвичайні ситуації, що належать одній підмножині повинні бути максимально подібними; надзвичайні ситуації, що належать різним підмножинам повинні бути максимально несхожими, що дозволить проводити аналіз, який ідентифікує надзвичайну ситуацію або стан її розвитку [3].

Вибір параметрів надзвичайної ситуації на залізничному транспорті при кластеризації

Вибір параметрів y_{ij} ($i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}$, де n – кількість надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті, інформацію про які потрібно опрацювати, m – кількість параметрів надзвичайних ситуацій, що збережені в базі даних) при кластеризації надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті є одним з основних етапів такого аналізу [5].

Основна проблема заключається в тому, що потрібно з множини $y' = \{y'_{ij}\}$ усіх можливих параметрів надзвичайної ситуації вибрати таку її підмножину $y = \{y_{ij}\}$, яка б максимально достовірно відображала подібність або відмінність між такими ситуаціями. При кластер-аналізі існує проблема „curse of dimensionality”, тобто із збільшенням множини надзвичайних ситуацій $Y = \{Y_i\} (i = \overline{1, n})$ – час, потрібний для виконання алгоритму значно зростає (інколи експоненціально). Однією із причин цього є опрацювання великої кількості надлишкових параметрів (наприклад, температура повітря на відстані 100 кілометрів від місця, де трапилась надзвичайна ситуація, або кліматичні умови за годину до надзвичайної ситуації), тобто таких, що не несуть корисної інформації і лише збільшують час роботи алгоритму [5].

В ідеальному випадку параметри надзвичайної ситуації на залізничному транспорті мають обиратися згідно теорії, що лежить в основі кластеризації. Дана теорія є базисом при правильному виборі

параметрів, що будуть достовірно відображати міри близькості та відстані між надзвичайними ситуаціями [6].

При кластерному аналізі надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті вдаються до „найвного емпіризму”, оскільки даний метод використовується для отримання „об’єктивного” групування множини об’єктів. Під „найвним емпіризмом” розуміють вибір та подальший аналіз максимальної кількості m параметрів надзвичайної ситуації. Хоча емпіричні дослідження важливі при аналізі надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті, але їх використання при кластеризації таких ситуацій може викликати появу недостовірних рішень та збільшення часу опрацювання даних [7].

Надзвичайні ситуації на залізничному транспорті характеризуються потужною множиною параметрів $y' = \{y'_{ij}\}$, серед них є велика кількість таких, що при кластерному аналізі таких ситуацій не впливатимуть на достовірність результатів, а лише збільшуватимуть час роботи алгоритму. Для забезпечення оптимальності роботи такого алгоритму потрібно вибрати з множини можливих параметрів $y' = \{y'_{ij}\}$ ситуацій, таку їх підмножину $y = \{y_{ij}\}$, що мала б мінімальну потужність та максимально точно відображала їх стан. Такою множиною може бути наступна: y_{i1} – температура небезпечної речовини на момент пошкодження цистерни; y_{i2} – температура речовини через годину після пошкодження цистерни; y_{i3} – температура повітря зовнішнього середовища; y_{i4} – відносна вологість повітря; y_{i5} – атмосферний тиск; y_{i6} – об’єм цистерни; y_{i7} – кількість цистерн з небезпечною речовиною; y_{i8} – відстань до найближчої з них; y_{i9} – діаметр пробоїни; y_{i10} – відстань до будівель та інших господарських споруд; y_{i11} – відстань до лісу; y_{i12} – температура займання речовини; y_{i13} – вибухонебезпечна концентрація речовини в повітрі; y_{i14} – кут нахилу місцевості.

Нормування значень параметрів при кластерному аналізі надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті

Оскільки, надзвичайні ситуації на залізничному транспорті мають параметри та характеристики з різними одиницями вимірювання (наприклад, відстань в метрах, а температура в градусах Цельсія), а це означає, що для достовірного визначення відстані між такими ситуаціями в геометричному просторі потрібно привести їх до стандартизованого вигляду (нормувати), особливо при використанні такої міри близькості, як евклідова відстань.

Нормування значень параметрів надзвичайної ситуації – це коригування вхідного вектора значень параметрів та характеристик надзвичайної ситуації на залізничному транспорті відповідно до функцій перетворення для спрощення їх порівняння. Наприклад, коли діаметр пробоїни, виміряно в дюймах (1 дюйм = 0,0254 м), то розділивши це значення на (0,0254) буде отримано діаметр в метричній системі [5, 7].

Нормування даних доцільне, коли несумісність одиниць вимірювання змінних може відбитися на результатах кластерного аналізу надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті (обчислення, засновані на змішаних добутках) та рекомендується в тих випадках, коли результати аналізу можуть бути поліпшені, якщо виразити результати в певних сумісних одиницях.

У випадку, коли параметри вимірюються у різних одиницях (наприклад, відстань та температура) – неможливо визначити відстань між об’єктами (надзвичайними ситуаціями на залізничному транспорті). Для її визначення потрібно використовувати нормування значень показників, що переведе їх у безрозмірні величини: тоді вимірювання близькості між надзвичайними ситуаціями на залізничному транспорті стає можливим. Нормування представляє собою перехід до певного однакового опису для всіх параметрів та характеристик надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті, до введення нової умовної одиниці вимірювання, що допускає формальне співставлення таких ситуацій [5-7].

Основні способи нормування значень параметрів (1 – 5) [5-7]:

$$q = \frac{(y - \bar{y})}{\sigma}, \quad (1)$$

де q – нормоване значення параметра y ;
 y – поточне значення параметра надзвичайної ситуації на залізничному транспорті;
 \bar{y} – середнє значення параметра y ;
 σ – середнє квадратичне відхилення.

$$q = \frac{y}{y}, \quad (2)$$

$$q = \frac{y}{y'}, \quad (3)$$

де y' – деяке нормативне (еталонне) значення параметра y надзвичайної ситуації на залізничному транспорті.

$$q = \frac{y}{y_{max}}, \quad (4)$$

де y_{max} – найбільше значення параметра у надзвичайної ситуації на залізничному транспорті.

$$q = \frac{(y - \bar{y})}{(y_{max} - y_{min})}, \quad (5)$$

де y_{min} – найменше значення параметру y .

Щодо (1) та (5) способів, то вони можуть застосовуватись до шкал відношень та інтервалів, інші способи – тільки для шкал відношень, оскільки в інтервальній шкалі в знаменнику можливе нульове значення.

В [7] зазначено, що змінні багатовимірних даних, якими є параметри надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті, можуть змінювати параметри розподілу від кластера до кластера; таким чином, нормування може не бути рівносильним перетворенням для цих змінних, і навіть може змінювати співвідношення між ними.

В більшості видів статистичного аналізу даних про надзвичайні ситуації на залізничному транспорті дані підлягають нормуванню певним способом. Хоча, при кластерному аналізі таких ситуацій нормування може призвести до зменшення відмінності між кластерами за тими змінними, за якими у вхідному векторі спостерігались значні відмінності. Тому оптимальним є використання декількох з наведених способів нормування.

Отже, при кластеризації надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті використовуються параметри з різними одиницями вимірювання, а це означає, що потрібно привести їх до вигляду, що дозволить виконувати такий аналіз (нормувати), з врахуванням особливостей розв'язуваної задачі.

Висновок

Отже, вибір параметрів при аналізі надзвичайних ситуацій є одним із важливих етапів кластеризації, оскільки використання „наївного емпіризму” при цьому може призвести до збільшення часу роботи алгоритму навіть при незначному збільшенні потужності множини таких ситуацій.

Кластерний аналіз надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті передбачає використання параметрів з різними одиницями вимірювання та потребує приведення їх до нормованого вигляду, що особливо актуально при використанні такої міри близькості як евклідова відстань.

література

1. Плахотник В.М. Правила безпеки та порядок ліквідації наслідків аварійних ситуацій при перевезенні їх залізничним транспортом / В.М. Плахотник, Н.Ю. Сорока, Л.М. Тригуб. – К.: Мінтранс України, 2001. – 885 с.
2. Юхимчук С.В. Моделі автоматизації вироблення рекомендацій керівнику гасіння пожежі на залізничному транспорті / С.В. Юхимчук, М.Д. Кацман: Монографія. Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. – 144 с.
3. Савчук Т.О. Порівняльний аналіз використання методів кластеризації для ідентифікації надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті / Т.О. Савчук, С.І. Петришин. – Наукові праці Донецького національного технічного університету. – Серія «Інформатика, кібернетика і обчислювальна техніка». – 2010. – Випуск 11 (134). – С. 135-141.
4. Савчук Т.О. Визначення евклідової відстані між надзвичайними ситуаціями на залізничному транспорті під час кластерного аналізу / Т.О. Савчук, С.І. Петришин // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – Серія «Інформаційні технології та комп'ютерна техніка». – 2010. – Випуск № 3 (2010). – www.nbu.gov.ua/e-journals/vntu/2010_3/20103_ru.files/ru/10tastca_ru.pdf.
5. Айвазян С.А. Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности / С.А. Айвазян, В.М. Бухштабер, И.С. Енюков. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 607 с.
6. Мандель И. Д. Кластерный анализ / И. Д. Мандель. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 176с.
7. Дж. – О. Ким. Факторный, дискриминантный и класерный анализ / Дж. – О. Ким, Ч. У. Мюллер, У. Р. Клекка и др.. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 216 с.

Надійшла до редакції
8.11.2010 р.