

УДК 004.89:629.4

ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ АНАЛІЗУ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

С.В. ЮХИМЧУК, Т.О. САВЧУК, М.Д. КАЦМАН

Запропоновано використання інтелектуальних технологій для аналізу надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті, а також при формуванні рекомендацій керівникам ліквідації швидкоплинних техногенних надзвичайних ситуацій і схеми дій оперативних груп.

ВСТУП

Для сталої роботи залізниці необхідне поєднання технічного розвитку рухомого складу та інфраструктури з розвинутою системою швидкого ефективного управління процесом ліквідації швидкоплинних надзвичайних ситуацій техногенного характеру, які можуть виникнути при перевезенні деяких вантажів [1]. Отже, особливо актуальним стає вироблення вчасних адекватних рішень керівником ліквідації таких ситуацій, для чого він повинен володіти сучасними засобами оцінювання їх поточного стану та можливих наслідків.

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ ДО АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСІВ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ КЕРІВНИКАМИ ЛІКВІДАЦІЇ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Методи розв'язання проблем управління в умовах надзвичайної ситуації та математичні моделі функціонування оперативних підрозділів її ліквідації розглянуто в роботах А.В. Філатова, Г.К. Брушлинської, М.М. Брушлинського, М.М. Соболева, Л.Ю. Тяжелової, Б.М. Прахова та інших авторів. Особлива увага при цьому приділялась принципам побудови та архітектурі автоматизованої системи підтримки прийняття рішень при гасінні пожеж [2, 3], аспектам побудови інтегрованої експертно-інформаційної системи підтримки прийняття рішень з ліквідації хімічних аварій, паводкових ситуацій та лісних пожеж [4], проблемам підтримки прийняття рішень з виявлення та ліквідації надзвичайних ситуацій на основі динамічних експертних систем [3], інтелектуалізації процесу підтримки прийняття рішень у позаштатних ситуаціях на об'єктах народного господарства з використанням інформації про стан природного середовища [4].

Для автоматизації процесів оперативного керування пожежними підрозділами диспетчерського центру управління та зв'язку м. Києва розроблено геоінформаційну систему ГЕОВАРТА [3, 4], основною задачею якої є спрямування пожежних підрозділів на об'єкти пожежі, а також ведення інформаційних баз даних та формування інформаційних і статистичних звітів

про дії пожежних підрозділів. Але вона не здатна прогнозувати розвиток надзвичайної ситуації з метою вироблення рекомендацій керівникам ліквідації її наслідків [4]. Між тим, жодна із наведених вище робіт не розглядає застосування спеціалізованих підрозділів для ліквідації надзвичайних ситуацій у рухомому складі та на об'єктах залізничного транспорту.

Відсутність нині таких систем підтримки прийняття рішень (СППР) значно ускладнює процес аналізу обставин, які склалися на залізниці, збільшує термін часу прийняття своєчасних, обґрунтованих рішень керівником ліквідації надзвичайної ситуації, що призводить до збільшення втрат від неї.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Зазначене вище обумовлює необхідність скорочення часу на вироблення і прийняття обґрунтованого рішення керівниками ліквідації швидкоплинних надзвичайних ситуацій техногенного характеру за рахунок комп'ютеризації процесів ідентифікації таких ситуацій.

При аналізі надзвичайних ситуацій на залізниці особливого значення набуває розробка методик створення СППР, які базуються на моделюванні швидкоплинної надзвичайної ситуації як складного динамічного процесу з урахуванням причинно-наслідкових зв'язків. Це неможливо здійснити без сучасних інформаційних технологій.

Для реалізації поставленої мети необхідно розробити програмний продукт, який складатиметься з взаємопов'язаних інтелектуальних модулів, що здатен виконувати інтелектуальний аналіз надзвичайних ситуацій та надавати рекомендації керівникам щодо їх ліквідації. При цьому необхідно побудувати математичні моделі ідентифікації надзвичайних ситуацій та процесу вироблення рекомендацій щодо їх ліквідації з урахуванням досвіду експертів і вимог керівників [5]. Обрання інтелектуальної системи для аналізу надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті необхідно обґрунтувати на визначеній предметній області та на знаннях експертів.

РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧІ

Розробка надійного інтелектуального програмного засобу неможлива без використання якісних та швидкодіючих динамічно змінюваних баз даних та знань. При цьому, вхідні дані задаються вектором аргументів, який містить загальну інформацію про швидкоплинну надзвичайну ситуацію техногенного характеру на залізничному транспорті [6, 7].

База знань має містити узагальнені знання щодо ліквідації надзвичайних ситуацій (досвід експертів та нормативні правила), а також знання про реальну надзвичайну ситуацію. Ці знання знаходяться автоматично чи генеруються з узагальнених знань (знання подаються у вигляді нечітких логічних висловлювань, продукційних правил).

Запропонована інтелектуальна система повинна мати блок обробки даних і знань, характерних для певної надзвичайної ситуації з метою вироблення рекомендацій щодо її ліквідації [8].

Прийняття управлінських рішень відбувається за допомогою інтелектуальних модулів, які використовують базу знань. Інтелектуальний модуль

аналізу надзвичайних ситуацій є головним компонентом системи, що здатен автоматизувати процес аналізу. Найбільш оптимальний спосіб автоматизувати даний процес — використати продукційні правила [7], що дозволить побудувати гнучкий апарат розрахунку та надання рекомендацій щодо сил та засобів при ліквідації надзвичайної ситуації, особливо, коли у користувача системи буде дуже мала кількість вхідних даних. Результати виконання дій попередньої продукції можуть використовуватися в реалізації дій або умов у наступній продукції до тих пір, поки інтелектуальна система не надасть практичні рекомендації щодо кількості сил та засобів для ліквідації надзвичайної ситуації. Крім того, застосування продукційної моделі знань як базової дає змогу декомпонувати процес аналізу на простіші, функціонально завершені задачі, що дозволяє вважати запропоновану інтелектуальну систему модульною і зручною в експлуатації.

РОЗРОБКА АЛГОРИТМУ РОБОТИ СИСТЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ

Продукційна модель системи розрахунку сил та засобів, необхідних для нейтралізації надзвичайних ситуацій, дозволяє представити знання у вигляді продукційних правил

$$i: A_B; P,$$

де i — номер продукції; A_B — його ядро (наприклад, ЯКЩО ПОТРЕБА_ВОГН_РЕЧОВИН<ВОДОВІДДАЧІ_ДІЛЬНИЦІ); P — постумова продукційного правила, що визначає дії, які необхідно провести після виконання B (наприклад, надати рекомендацію ОБ'ЄКТ ЗАБЕЗПЕЧИТИ ВОДОЮ У КІЛЬКОСТІ N).

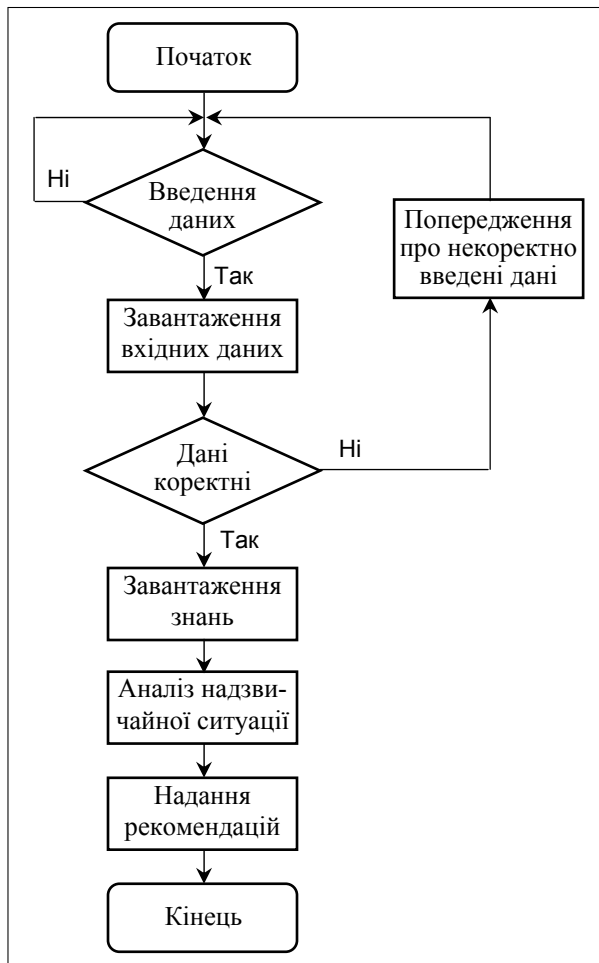
Залежно від кількості умов і дій при функціонуванні системи з метою усунення конфліктних ситуацій використовують такі типи правил: просте — одна умова і одна дія; складене — багато умов і дій; розгалужене — одна умова і багато дій. Інтелектуальний аналіз передбачає визначення параметрів ліквідації надзвичайної ситуації, оскільки це використовується в поступові продукційних правил надання рекомендацій щодо ліквідації її наслідків.

Таким чином, загальний алгоритм роботи системи (рис. 1) має передбачати завантаження даних (введених попередньо користувачем), їх перевірку на коректність та надання рекомендацій щодо ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

СТРУКТУРА СИСТЕМИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛІЗУ

Структура інтелектуальної системи (рис. 2) з огляду на розроблений алгоритм включатиме такі модулі: введення та редагування даних, знань, аналізу надзвичайної ситуації, розрахунку засобів і сил ліквідації її наслідків та модуль надання рекомендацій на підставі отриманих значень. Модулі розрахунку сил та засобів і надання рекомендацій активно взаємодіють з модулями введення даних та знань.

Загалом, інтелектуальна система є потужним інструментом, здатним



аналізувати інформацію про надзвичайні ситуації та на основі цього аналізу швидко і об'єктивно розробляти необхідні засоби для їх ліквідації і надавати відповідні рекомендації. Завдяки запропонованій структурі інтелектуальна система характеризується гнучкістю щодо введення й формування нових даних і знань та простотою їх редагування, а також передбачає можливість проведення розрахунків при будь-якому рівні заповнення інформаційної бази даними.

Модуль введення та редагування даних базується на об'єктно-орієнтованій базі даних (ООБД). Це дозволяє програмістам, що працюють з мовами третього покоління, інтерпретувати всю свою інформаційну сутність як об'єкти, що зберігаються в оперативній пам'яті інтелектуальної системи. Додатковий рі-

Рис. 1. Схема алгоритму роботи інтелектуальної системи аналізу надзвичайних ситуацій та надання рекомендацій керівникам щодо ліквідації їх наслідків

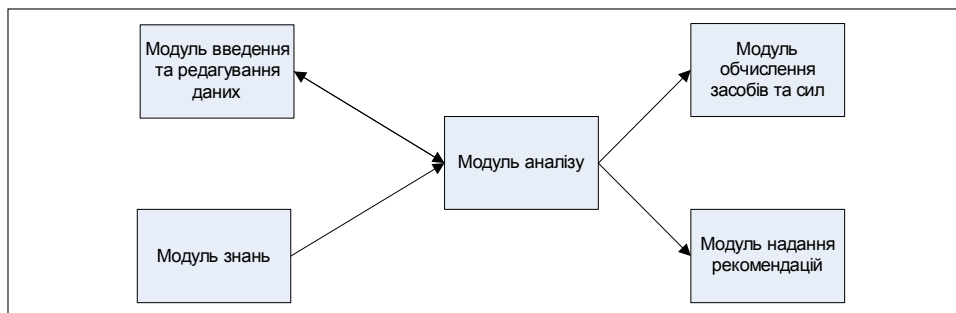


Рис. 2. Структура системи

вень абстракції забезпечує перехоплення запитів до тих складових бази даних, які знаходяться в сховищі даних. Зміни до об'єктів оптимально копіюються з пам'яті на диск. Перевагою ООБД при цьому є спрощений код. Додатки отримують можливість інтерпретувати дані в контексті тієї мови

програмування, на якій вони написані. Крім того, у ООБД ліквідовано етап повернення значень всіх полів в текстовому вигляді до локальних типів даних, що є характерним для реляційної моделі даних, а відношення між сутностями також можуть бути довільно складними (в тому числі, тернарними). ООБД керує кеш-буфером об'єктів, переміщаючи їх між буфером і дисковим сховищем по мірі необхідності. За допомогою ООБД вирішуються такі проблеми:

- можливість відображення семантичних зв'язків між складними інформаційними структурами (краще, ніж в реляційних базах даних);
- усунення необхідності трансформувати дані з того формату, який підтримується в СУБД.

Для реалізації інтелектуального аналізу надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті створена база знань, на основі якої працює інтелектуальний блок, що розділяється на дві частини: алгоритмічну і неалгоритмічну (рис. 3).

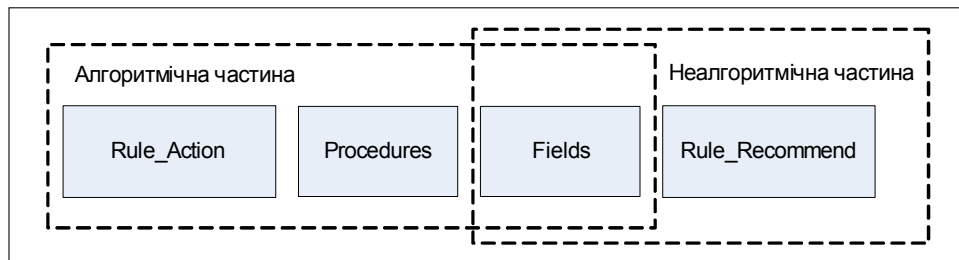


Рис. 3. Структура бази знань системи

Оскільки модель бази знань є продукційною, неалгоритмічна її частина — це продукції, що складаються з умов та рекомендацій. Алгоритмічні (процедурні знання) в базі знань являють собою пари правил та процедур. Процедури (що викликаються, якщо правила справджуються) у всій своїй сукупності створюють алгоритм інтелектуального аналізу надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті.

Основні складові програмного продукту: бази даних та знань, модулі для відтворення даних таблиць, для виконання запитів, редагування даних, інтелектуального аналізу надзвичайної ситуації, надання рекомендацій.

Отже, алгоритм реалізації програмного забезпечення має включати етапи створення означених компонентів (рис. 4).

Кожна складова програмного забезпечення при трасуванні кінцевого програмного продукту повинна тестуватись на працездатність. Тести будуть створюватись для кожного класу, що є складовим певного блоку, і називатись Unit-тести. Розроблене програмне забезпечення передбачає також функцію рефакторингу, що буде виконуватись після визначених етапів створення програмного продукту, а в результаті забезпечить гнучкість та зрозумілість розробленого коду програми.

Розглянемо впровадження запропонованих інтелектуальних технологій при роботі СППР, яка повинна стати частиною АСУ Укрзалізниці.

СППР керівництва ліквідацією аварії першого рівня повинна бути розташованою в дирекції залізничних перевезень, постійно функціонувати в автономному режимі та використовувати оперативні дані про стан об'єктів,

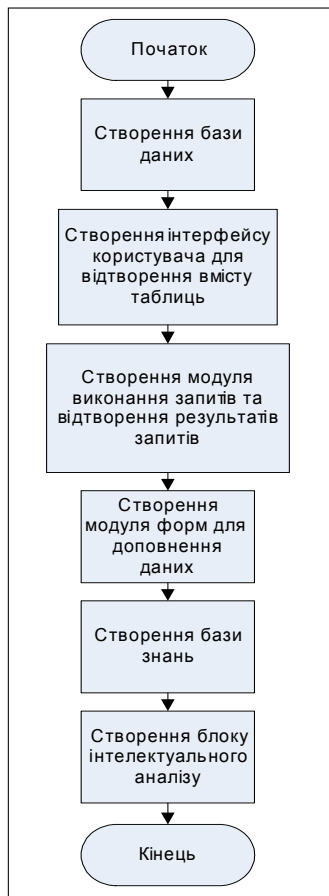
накопичувати і формувати їх у файли встановленої структури. Крім того, система повинна містити у своєму складі інформацію про розклад руху відповідних підрозділів для ліквідації надзвичайної ситуації на об'єктах і в рухомому складі залізничного транспорту, які знаходяться на території дирекції, інформацію про рельєф місцевості, яка необхідна для проведення розрахунків тощо.

Другий рівень СППР, призначений для підтримки прийняття рішень керівником ліквідації надзвичайної ситуації, розташовано на командному пункті для оперативної групи з ліквідації аварії.

Перший і другий рівні СППР утворюють автоматизований комплекс керівництва ліквідацією аварії, який під'єднано до АСУ залізничним транспортом. Механізм взаємодії керівників ліквідації аварії з використанням АСУ та СППР, в основу роботи якої покладені інтелектуальні технології, що пропонуються, показано на рис. 5 [7].

При виникненні надзвичайної ситуації СППР керівника ліквідації аварії виходить з автономного режиму, починає роботу з модулями програмного забезпечення, виконує запити до сховища даних, виробляє рекомендації та зберігає усю інформацію щодо прийняття рішень з ліквідації аварії. СППР, що розташована у командному пункті, постійно функціонує в режимі накопичення даних про стан об'єктів і рухомого складу, які входять до зони його відповідальності.

Рис. 4. Узагальнена схема алгоритму реалізації програмного забезпечення



При ліквідації аварії СППР другого рівня використовується як оперативною групою, так і оперативним штабом. Одним з основних призначень такої СППР при ліквідації надзвичайної ситуації є ідентифікація обстановки на об'єкті, яка швидко змінюється, та вироблення відповідних рекомендацій для керівника ліквідації надзвичайної ситуації у період здійснення бойових дій відповідними підрозділами.

Керівник ліквідації надзвичайної ситуації для прискорення аналізу обстановки і вирішення завдань, які стоять перед ним, може використовувати кишеньковий персональний комп'ютер, який зв'язаний з СППР другого рівня.

СППР першого та другого рівнів керівництва дозволяють накопичувати у сховищах даних інформацію щодо дій керівників ліквідації аварії для корегування бази знань з метою використання при навчанні фахівців з ліквідації аварій, які можуть виникнути при перевезенні небезпечних вантажів.

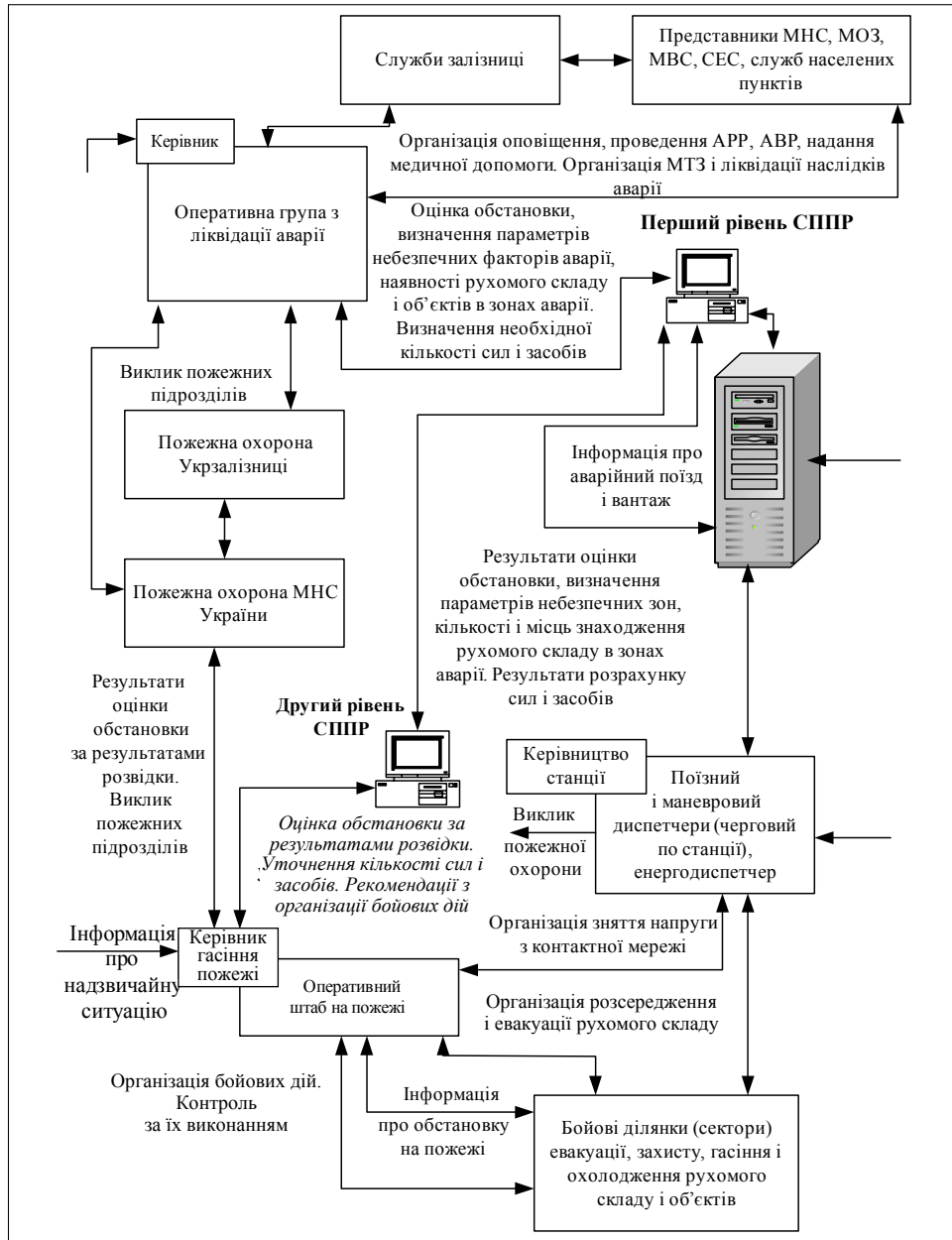


Рис. 5. Алгоритм взаємодії керівників ліквідації аварій

Таким чином, СППР функціонують у двох режимах: підтримки прийняття рішень у реальній ситуації і режимі навчання. У режимі навчання користувачеві надається можливість здійснення імітації аварійної ситуації, виконання запитів до СППР та отримання рекомендацій щодо способів дій, тобто СППР дозволяє використовувати всі її функціональні можливості.

Досвід застосування запропонованої СППР при ліквідації аварій, які супроводжувалися пожежами зрідженого вуглеводневого газу, легкозаймистої і горючої рідини, показав, що термін часу для ідентифікації надзвичайної

ситуації, визначення необхідної кількості сил і засобів для ліквідації пожежі та встановлення раціонального порядку їх використання значно скорочується.

ВИСНОВКИ

Результатом роботи СППР, при розробці якої використані запропоновані інтелектуальні технології, є рекомендації керівникам ліквідації швидкоплинних техногенних надзвичайних ситуацій та схеми дій оперативних груп у таких ситуаціях, науково обґрунтовані й ефективні, що, відповідно, зменшує збитки від дії небезпечних факторів за рахунок можливості прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Плахотник В.М., Сорока Н.Ю., Тригуб Л.М.* Правила безпеки та порядок ліквідації наслідків аварійних ситуацій при перевезенні їх залізничним транспортом. — Київ: Мінтранс України, 2001. — 885 с.
2. *Системный анализ и проблемы пожарной безопасности народного хозяйства / Под ред. Н.Н. Брушлинского.* — М.: Стройиздат, 1988. — 413 с.
3. *Мешалкин Е.К., Олейников В.Т., Абрамов А.П.* Принципы построения и архитектура автоматизированной системы поддержки принятия решений при тушении пожаров // *Пожарная безопасность.* — 2001. — № 4. — С. 118–123.
4. *ГІС оперативно-диспетчерського управління пожежної охорони м. Києва ГЕОВАРТА.* — [http://www.gki.com/ua/projects/gic/production 791/2005](http://www.gki.com/ua/projects/gic/production%20791/2005).
5. *Зігангірова Ю.М., Кацман М.Д., Юхимчук С.В.* Розробка математичної моделі автоматизації процесу суміщення вантажів на залізничному транспорті // *Вестн. Херсонского гос. техн. ун.-та.* — 2003. — № 19. — С. 135–138.
6. *Эейт К.Дж.* Введение в системы баз данных. 8 изд. — Киев – СПб. — М.: Вильямс, 2005. — 1328 с.
7. *Юхимчук С.В., Кацман М.Д.* Моделі автоматизації вироблення рекомендацій керівнику гасіння пожежі на залізничному транспорті. — Вінниця: УНІВЕРСУМ, 2008. — 144 с.
8. *Джордж Ф. Люгер.* Штучний інтелект. Стратегії і методи рішення складних проблем. 4-е видання / Пер. с англ. — М.: Вильямс, 2003. — 864 с.

Надійшла 2.07.2008