

УДК 629.17

Л. А. Мурадян, к.т.н., доцент

(доцент кафедри «Вагони та вагонне господарство», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ))

РОЗРОБКА ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ДЛЯ ПОБУДОВИ СИСТЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ВАНТАЖНИХ ВАГОНІВ

У роботі розроблені основні елементи для побудови системи дослідження надійності вантажних вагонів, що включають бази даних та знань. При цьому запропоновано структурну схему системи дослідження надійності вантажних вагонів та описано алгоритми отримання знань із статистичних даних за відмовами вагонів.

Ключові слова: система дослідження, надійність, відмови, вантажні вагони.

В работе разработаны основные элементы для построения системы исследования надежности грузовых вагонов, включающих базы данных и знаний. При этом предложена структурная схема системы исследования надежности грузовых вагонов и описан алгоритм получения знаний из статистических данных по отказам вагонов.

Ключевые слова: система исследования, надежность, отказы, грузовые вагоны.

Постановка проблеми. Залізничний транспорт у всьому світі займає значну частину ринку послуг, які пов'язані з організацією та забезпеченням перевізного процесу [1-3], основою якого є рухомий склад. На залізницях усього світу найбільше уваги приділяється безпеці руху поїздів, від якої залежить життя та здоров'я людей. Безпека руху поїздів напряму залежить від надійності рухомого складу, в т. ч. і вантажних вагонів.

У процесі вирішення різних проблем, пов'язаних з надійністю рухомого складу залізниць, в т. ч. і вантажних вагонів, використовується безліч джерел невизначеності інформації [2-7]. Практично в кожному випадку є можливість розділити їх на дві категорії: недостатній рівень знання предметної області і недостатньо повна інформація про конкретну ситуацію.

У зв'язку з тим, що в теорії предметної області [8, 9] (тобто у наших знаннях про цю область) можуть бути використані концепції, що не мають чіткого формулювання, чи мало вивчені явища, тобто вона є неясною або неповною. Наприклад, в процесі визначення можливих несправностей вантажних вагонів існують різні свідчення за непрямыми ознаками, які можуть указувати на поломку різних вузлів, їх сполучень або деталей.

Унаслідок наявності невизначеності знань, правила впливу часто не призводять до отримання коректних результатів, навіть у найпростіших випадках. Не маючи повного знання, неможливо з упевненістю передбачити, який ефект отримаємо від здійснення тієї чи іншої дії. Навіть маючи достатньо повну теорію предметної області [9], дослідник може прийти до думки, що більш ефективно використовувати евристичні, ніж точні методи для прогнозування надійності вантажних вагонів.

© Мурадян Л. А., 2016

Окрім наявності неточних знань, причинами неясності, щодо технічного стану вантажного вагона, можуть стати неточні або ненадійні дані про конкретну ситуацію.

У роботах багатьох дослідників [8-10], відстежується єдина думка про важливість використання неточних методів у процесі реалізації системи дослідження, при цьому багато дискусій виникає на тлі визначення конкретного переліку методів, які повинні використовуватися. До недавнього часу, більшість з них підтримували твердження Мак-Карті і Хейеса, з приводу того, що теорію ймовірностей неможливо використовувати як адекватний інструмент при вирішенні завдань за поданням невизначеності знань і даних [9]. На підтвердження цього наводилися такі аргументи:

- теорія ймовірності не дозволяє дати відповідь на питання, пов'язане з можливістю комбінації ймовірнісних і кількісних даних;

- призначення ймовірності певних подій вимагає інформації, яка відсутня.

Інші дослідники розширили цей перелік своїми аргументами [9]:

- незрозуміло, як за допомогою кількісних даних оцінити деякі поняття, які дуже часто зустрічаються на практиці. Наприклад, «у більшості випадків», «в окремих випадках», або такі поняття, які характеризують приблизні оцінки як «швидкий» або «швидкісний»;

- застосування теорії ймовірностей змушує інженерів давати точну оцінку таким параметрам, які вони не можуть оцінити, оскільки цей процес вимагає «занадто багато чисел»;

- оновлення ймовірнісних оцінок є дуже дорогим процесом, тому що вимагає великого обсягу обчислень.

Наявність цих суджень призвела до формування нового формального апарата, призначеного для роботи з невизначеностями – нечітка логіка або теорія функцій довіри.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Використання моделей подання нечітких знань актуальне для формалізації людських знань, які описують якісні характеристики (наприклад, великий, сильний, дуже сильний, високий тощо) об'єктів предметної області, які інтерпретуються неоднозначно, але містять важливу інформацію [9].

При вирішенні реальних завдань часто виникають ситуації невизначеності, які можна розділити на дві категорії: відсутність достатньо повного і достовірного знання про предметну область і відсутність можливості отримати вичерпну інформацію про конкретні умови роботи, об'єкт, ситуацію тощо У першому випадку, мова може йти про явища, які недостатньо вивчені, теорії, що викликають багато протиріч або концепцій, що не мають чіткого формулювання.

Крім зазначених джерел невизначеності знань, існують також інші, серед яких можна виділити: ненадійні або неточні дані. Іноді доводиться користуватися інформацією, отриманою раніше, і яку неможливо ні перевірити, ні доповнити, ні отримати повторно. Для подолання проблеми невизначеності знань розроблені різні методи, що застосовуються при побудові системи дослідження надійності [9]. Найбільш неформальний підхід – це використання коефіцієнтів впевненості, що виражають ступінь достовірності знання. Альтернативний спосіб полягає у використанні теорії ймовірностей. Однак неясно, як за допомогою теорії ймовірності, представити такі поняття як «надійний», «часто», «іноді» тощо. Крім того, теорія ймовірностей вимагає значну кількість обчислень для поновлення ймовірнісних оцінок.

На сучасному етапі розвитку науки для представлення знань широке поширення одержав математичний апарат нечіткої логіки, теорія функцій довіри [11-18].

При формуванні оцінки тієї чи іншої ознаки, симптому або ситуації, дослідник оперує поняттями класів об'єктів, відносин, гіпотез та ін., а не використовує знання, в основі яких лежить інформація про конкретні приклади об'єктів, даних, відносин. Тому, методи рішень завдань повинні включати етап класифікації даних або знань. Виходячи з такої ситуації, розгляд конкретних екземплярів об'єктів повинно здійснюва-

тися у вигляді подання більш загальних класів, категорій. Але в реальних ситуаціях, рідко можна зустріти об'єкт, який точно відповідає певній категорії або класу. У кожного конкретного вантажного вагона ознаки, які визначають його приналежність до даного класу, можуть бути присутніми як у повному обсязі, так і частково. Тому, приналежність цього вантажного вагона до певного класу є розмитою. З метою формування суджень про наявність подібних категорій та об'єктів, які до них належать, був запропонований формалізм теорії нечітких множин. Ця теорія лягла в основу нечіткої логіки, яка дозволяє використовувати поняття невизначеності при здійсненні логічних обчислень.

У роботах [19, 20] було запропоновано підходи до побудови системи дослідження надійності вантажних вагонів. У даному випадку, для побудови такої системи залучено апарат нечіткої логіки. В системі досліджень надійності вантажних вагонів на основі знань про зв'язок ознак несправностей і самої несправності відповідного вантажного вагона, що формуються спеціалістами ремонтних і експлуатаційних вагонних депо, було отримано підсумковий коефіцієнт впевненості гіпотез при заданих відношеннях апріорних ймовірностей справедливості гіпотез з певними ознаками несправностей вантажних вагонів.

Метою статті є розробка основних елементів для побудови системи дослідження надійності вантажних вагонів.

Виклад основного матеріалу дослідження. Система досліджень надійності вантажних вагонів (СДНВВ) [19, 20] повинна містити в собі базу даних відмов вагонів (БДВ) та базу знань відмов (гіпотез) (БЗВ) або окремих свідочств (симптомів, причин) про можливе настання відмов та їх наслідків (відповідна ступінь тяжкості).

БДВ буде виконувати функцію робочої пам'яті СДНВВ для зберігання різних вхідних, вихідних і проміжних статистичних даних з відмов, що будуть необхідні для вирішення поставленої задачі з забезпечення відповідного рівня конструкторської, технологічної або експлуатаційної надійності вагонів. Коли факти надходження нової інформації актуалізовані, повинні створюватись елементи робочої пам'яті для кожного факту у вигляді кортежів фіксованої довжини.

Групу змінних (відмов і свідочств), що пов'язані між собою, зручніше зберігати разом у вигляді кортежу. Рядки таблиці БДВ є кортежем фіксованої довжини, наповнення яких виконується за встановленням факту виникнення відмов вагона, відповідного типу і моделі, тобто з наступним встановленням зв'язку між свідочством (симптомом) і відмовою (гіпотезою) при певному пробігу вагона.

Робочу пам'ять можна задати таким чином:

$$WM = \langle WME_i, PE \rangle, \quad (1)$$

де WME_i – множина елементів робочої пам'яті БДВ;

PE – операції (додавання, видалення, модифікація і пошук) над елементами в робочій пам'яті БДВ.

Елементи робочої пам'яті БДВ можна подати у вигляді кортежу:

$$WME = \langle NE, IDE, ATE, TPE, VLE \rangle, \quad (2)$$

де NE – назва елементів БДВ;

IDE – ідентифікатор елементів БДВ;

ATE – атрибут елементів БДВ;

TPE – тип атрибута елементів БДВ;

VLE – значення атрибута елементів БДВ (кодоване значення атрибута елемента, що перебуває у відповідному кортежі).

Значення кожного атрибута повинне зберігатись в безперервних ділянках БДВ, відповідно всі операції в кортежі (сканування, фільтрація, агрегація) будуть виконуватись дуже ефективно. БЗВ в СДНВВ повинна використовуватись для зберігання довгострокових даних, що описують відповідну розглянуту область (непоточних даних), і правил, які описують раціональні перетворення даних цієї області.

Процес виявлення знань з джерел, їх перетворення в необхідну форму, а також перенесення в БЗВ буде називатись придбанням знань [16]. Для цього треба використовувати джерела знань, якими можуть бути книги, звіти, архівні документи, вміст інших баз тощо, тобто деякі об'єктивовані знання, що переведені в форму, завдяки якій, вони стають доступними для дослідника. До іншого типу знань можна віднести експертні знання, якими володіють вузько направлені фахівці, але їх фіксація відсутня у зовнішніх сховищах.

Експертні знання носять суб'єктивний і емпіричний характер. Ці знання можуть бути додані в БЗВ за допомогою спостереження.

При розробці методології придбання знань потрібно враховувати існування двох форм репрезентації знань. Перша форма відображає те, яким чином, і, за допомогою якої моделі зберігає ці знання людина-експерт. При цьому усвідомлення експерта, щодо організації його моделі знань, неповне. Друга форма пов'язана з тим, яким чином, в рамках СДНВВ, інженер знань планує ці знання представляти і описувати. Ефективність процесу придбання знань залежить від рівня адекватності та узгодженості цих двох моделей.

Загальну структурну схему СДНВВ можна подати в такому вигляді (рис. 1). Структурна схема СДНВВ передбачає заповнення таблиць БЗВ, отримання (вилучення) знань із статистичних даних по відмовах вагонів, генерування векторів параметрів БЗВ, організацію експертного опитування, навчання БЗВ.

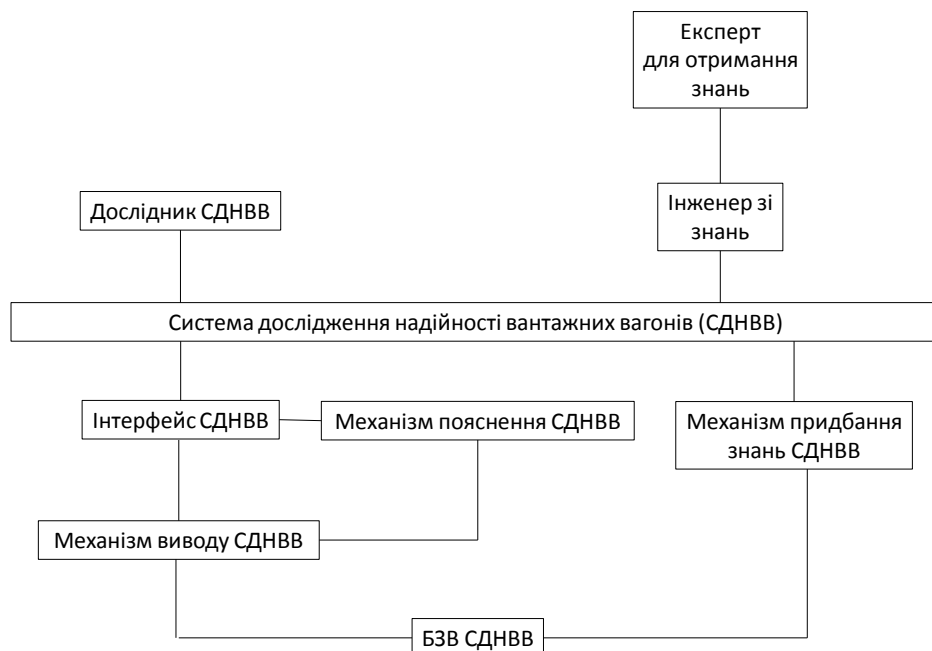


Рис. 1. Загальна структурна схема СДНВВ

Джерело: власна розробка

Для отримання необхідної інформації дослідник (конструкторський, технологічний, експлуатаційний рівні) з відповідним запитом звертається до СДНВВ, при цьому, треба повідомити відомі дані і можливі (бажані) результати, що є в наявності. У свою чергу, експертом передаються СДНВВ свої знання щодо особливості проблеми чи задачі, що досліджується, а також загальноприйняті факти і правила виводу такої інформації. У даній ситуації, інженер зі знань є посередником між експертом і СДНВВ, який допомагає першому здійснити кодування своїх знань і перевіряє роботу модифікованої СДНВВ.

Для наповнення БЗВ має бути передбачена енциклопедія, що пояснює всі існуючі терміни з використанням словникових статей з посиланнями на інші терміни. Крім цього потрібно вибудувати ієрархію понять, яка являє глобальну схему для аналізу структури знань. У процесі вибудовування структури знань необхідним етапом є визначення термінології, списку основних понять, а також встановлення їх атрибутів, відносин між поняттями, структури вхідної та вихідної інформації, стратегії прийняття рішень, обмеження стратегій тощо.

Для визначення відносин між поняттями варто використати процедурний спосіб, а для визначення відносин між складовими понять (що визначають структуру понять) – декларативний. Наявність двох моделей передбачає існування в моделях представлення знань одночасно обох компонентів, наприклад, семантичної мережі та виробничої системи [16, 17].

Процес придбання знань – найбільш складний етап розробки СДНВВ, оскільки на цьому етапі потрібно вирішувати не тільки технічні і спеціальні питання, а так само розглядати психологічні, лінгвістичні та гносеологічні аспекти проблеми. У загальному випадку процес придбання знань можна розділити на етапи, що пов'язані з:

- визначенням необхідності модифікації (розширення) знань;
- витягом (отриманням) нових знань;
- перетворенням нових знань в форму подання СДНВВ;
- модифікацією знань.

На ранніх етапах розвитку уявлень про механізми зберігання і застосування знань самі знання не відокремлюються від механізму виведення. При такому підході для створення СДНВВ необхідно детально вивчити предметну область, підібрати або спроектувати відповідну модель даних, реалізувати її і наповнити знаннями. Створена таким чином СДНВВ не зможе піднятися до рівня експерта.

У міру розвитку уявлень про знання з'явилася ідея про відділення БЗВ від механізмів виведення знань. Для створення СДНВВ такий підхід суттєво спрощує модифікацію знань і пошук, і усунення протиріч. При такому підході завдання вирішується спільно експертом і інженером зі знань, наступне завдання – інженером зі знань, і подальше (останнє) – самою СДНВВ. Зазначену СДНВВ можна визначити як систему вилучення знань.

З появою інтелектуальних редакторів і засобів формування і використання метазнань (або, інакше кажучи, метамоделей даних), експерту було дано потужний діалоговий інструмент управління БЗВ, у результаті чого навантаження на СДНВВ перерозподілились таким чином: перші два завдання можуть вирішуватись експертом (самостійно або за допомогою інженера зі знань), а наступні два завдання вирішуються самостійно.

Перспективою при наповненні СДНВВ знаннями про предметну область є моделювання процесу навчання мислячої істоти. Це можна зробити за такою схемою.

Фактичні дані з предметної області (які включають висновки експертів про відповідні зв'язки відмов вагонів, причин і наслідків) надходять на вхід СДНВВ і там, відповідним чином інтерпретуються. Це завдання може виконуватись, наприклад, індуктивною програмою. Вона і буде здійснювати отримання глибинних знань із прикладів

ситуацій та аналізу сценаріїв, і завантажувати їх в БЗВ СДНВВ. Для успішного вирішення цієї проблеми потрібно спроектувати інтегровану БЗВ, що включає як знання про предметну область потенційної СДНВВ, так і метазнання, і що, особливо важливо, знання про мови, які будуть використовуватися на етапі аналізу вхідних текстів для вилучення прикладних знань. Таку систему можна назвати системою формування (придбання) знань [16, 17].

Процес взаємодії інженера зі знань (аналітика) з експертом-фахівцем складається з трьох основних етапів:

- підготовчий етап. На цьому етапі необхідно досягти належного рівня зацікавленості експерта і аналітика в результатах своїх спільних зусиль;
- встановлення лінгвістичного альянсу. Виробляється словникова основа БЗВ СДНВВ, визначається рівень деталізації і взаємозв'язку понять;
- гносеологічний етап. З'ясовуються закономірності, притаманні предметній області, умови для достовірності та істинності тверджень, а також структурування за рахунок введення відносин. Це основний етап взаємодії.

Процес отримання (вилучення) знань починається з отримання від експерта поверхневих знань (таких, наприклад, як уявлення ознак), і поступово прямує аналітиком на формування глибинних структур і більш абстрактних понять (таких, як прототипи).

Формування БЗВ СДНВВ треба представити алгоритмом, що пов'язаний з:

- заповненням таблиць БЗВ;
- витягом (отриманням) знань із статистичних даних з відмов вагонів;
- організацією експертного опитування;
- навчанням БЗВ.

Для заповнення таблиць БЗВ СДНВВ експерт визначає основні поняття, що описують область використання конкретного вагона і можливого взаємозв'язку несправностей і відмов: окремі ознаки і їх групи; комплекси ознак для висунення гіпотез з можливих відмов; тяжкість наслідків і їх групи.

На наступному етапі експерт визначає свідоцтва (симптоми) і відмови (гіпотези): змінні ознак симптомів – вхідні; змінні гіпотез – вихідні. Для оцінки таких значень використовується єдина якісна шкала: Н – низький; НС – нижче середнього; С – середній; ВС – вище середнього; В – високий. Відповідні симптоми і гіпотези відмов вагонів – нечітка множина, задана за допомогою відповідних функцій приналежності. Функції приналежності симптомів і гіпотез відмов вагонів можна відобразити у вигляді симетричних трикутних функцій, які описуються двома параметрами: (b , c),

де b – центр симптомів і гіпотез можливих відмов вагонів.

У табл. 1 наведені числові інтервали центрів симптомів і гіпотез БЗВ СДНВВ відповідно до їх оцінки значень за вербально-числовою шкалою Харрінгтона [16]. Другий параметр c задається в числовому інтервалі $[0,0; 1,0]$.

Таблиця 1. Числові інтервали центрів симптомів і гіпотез БЗВ СДНВВ відповідно до їх оцінки значень за вербально-числовою шкалою Харрінгтона

№	Найменування множини	Числовий інтервал центру симптомів і гіпотез БЗВ СДНВВ
1	Низький	$[0,0; 0,2]$
2	Нижче середнього	$[0,2; 0,37]$
3	Середній	$[0,37; 0,63]$
4	Вище середнього	$[0,63; 0,8]$
5	Високий	$[0,8; 1,0]$

Джерело: [16] та власна розробка

Для отримання (вилучення) знань із статистичних даних з відмов вагонів необхідно побудувати моделі, що описують близькість різних, одночасно спостережуваних, категоріальних характеристик і можуть бути представлені у вигляді простих правил. В даному випадку такими характеристиками є гіпотези (відмови), що спостерігаються у досліджуваних вагонах або їх свідчення (симптоми). Для реалізації даного підходу використовуються алгоритми побудови асоціативних правил, зокрема алгоритм Apriori [17].

Висновки та пропозиції. У роботі, в результаті проведених досліджень, були запропоновані основні елементи для побудови системи дослідження надійності вантажних вагонів, що включають бази даних та знань. Крім того, запропоновано структурну схему системи дослідження надійності вантажних вагонів та описані алгоритми отримання знань із статистичних даних за відмовами вагонів, що пов'язані з побудовою моделей для описання близькості різних, одночасно спостережуваних, категоріальних характеристик або представлені простими асоціативними правилами.

ЛІТЕРАТУРА

1. Myamlin S.V., Baranovskiy D.M. The modeling of economic efficiency of products carriage-building plant in conditions of dynamic pricing. Збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету ім. ак. В. Лазаряна «Проблеми економіки транспорту». – 2014. № 7. – С. 61-66.
2. Фомін О.В. Концепція ідеальних кузовів напіввагонів / О.В. Фомін // Вісник Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля: науковий журнал. – Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2013. – № 4(193). – С. 267–271.
3. Фомін, О.В. Підвищення ступеня ідеальності вантажних вагонів та прогнозування стадій їх еволюції / О.В. Фомін // Науковий вісник Національного гірничого університету. – Дніпропетровськ: НГУ, 2015. – №3. – С.68-76
4. Fomin, O. Modern requirements to carrying systems of railway general-purpose gondola cars/ O.V. Fomin / Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». 2014, No. 5 – P.31-43.
5. Prediction methodology of durability of locomotives diesel engines / L.P. Lingaitis, S. Mjamlin, D. Baranovsky, V. Jastremskas // Eksploatacja i Niezawodnosc – Maintenance and Reliability. – 2012. – Vol. 14, № 2. – P. 154-159.
6. Experimental Investigations on Operational Reliability of Diesel Locomotives Engines / L.P. Lingaitis, S. Mjamlin, D. Baranovsky, V. Jastremskas // Eksploatacja i Niezawodnosc – Maintenance and Reliability. – 2012. – № 1. – P. 5-10.
7. Барановський Д. М. Самоорганізація структур в процесі дисипації // Восточно-Европейский журнал передових технологий. – 2009. – № 8 (39). – С. 28–30.
8. Джарратано Дж., Райли Г. Экспертные системы. Принципы разработки и программирование. – М.: Вильямс, 2007. – 1152 с.
9. Джексон П. Введение в экспертные системы. – М.: Изд. дом «Вильямс», 2001. – 984 с.
10. Саати Т. Математические модели конфликтных ситуаций. – М.: Советское радио, 1977. – 189 с.
11. Аверин А.Н. Нечеткие множества в моделях управления искусственного интеллекта / Под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Наука, 1986. – 305 с.
12. Кофман А., Алуха Х. Хил. Введение теории нечетких множеств: управление предприятием. – Минск: Высшая школа, 1992. – 223 с.
13. Betti, G., Cheli B. and Cambini R. A statistical model for the dynamics between two fuzzy states: theory and an application to poverty analysis, Metron, 2004, 62, pp. 391-411.
14. Cerioli A., Zani S. «A Fuzzy Approach to the Measurement of Poverty», in Dagum C. and Zenga M. (eds.), Income and Wealth Distribution, Inequality and Poverty, Springer Verlag, Berlin, 1990, pp. 272-284.
15. Cheli B., Betti G. Totally Fuzzy and Relative Measures of Poverty Dynamics in an Italian Pseudo Panel. 1985-1994. Metron 57(1-2), 1999, pp.83-104.
16. Cheli B., Ghellini G., Lemmi A., Pannuzi N. «Measuring Poverty in the Countries in Transition via TFR Method: the Case of Poland in 1990-1991», Statistics in Transition, 1(5), 1994, pp. 585- 636.
17. Cheli B., Lemmi A. A 'Totally' Fuzzy and Relative Approach to the Multidimensional Analysis of Poverty, Economic Notes, 24, 1995, pp. 115-134.
18. Chen S. and Hwang C. Fuzzy Multiple Decision Making, Springer-Verlag, Berlin, 1992.
19. Muradian L. Building models of freight cars refusals involving Bayesian approach // EUREKA: Physics and Engineering. – 2016. – №1. – С. 54–60.
20. Мурадян Л.А. Побудова системи дослідження надійності вантажних вагонів // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. – 2015. – № 10. – С. 90-95.

*Leontii A. Muradian, PhD (Technical Sciences), Associate Professor
(Associate Professor Railway Cars Chair, Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan)*

**THE DEVELOPMENT OF THE BASIC ELEMENTS FOR BUILDING
A FREIGHT CAR RELIABILITY STUDY SYSTEM**

The paper developed basic elements for the construction of the system reliability study of freight cars, including database and knowledge. At the same time it offered a block diagram of the system of freight cars and the reliability of the study described an algorithm for obtaining the knowledge of statistical data on failures of freight cars associated with the construction of models for various proximity, both observable categorical characteristics or represented by simple associative rules. For the construction of freight cars reliability study of the system involved fuzzy logic. The system of freight cars reliability studies based on knowledge of the communication fault indication and fault itself corresponding freight cars, which are formed by specialists repair and maintenance depots to be used the final confidence index at a given hypothesis a priori probabilities justice hypotheses with certain characteristics of freight cars fault. Freight car reliability study of the system contains a database of failures of freight cars and the knowledge base of refusals (hypotheses) or specific evidence (symptoms, causes) the possible occurrence of failures and their consequences (corresponding to the degree of severity). Database failures freight cars will serve the working memory system reliability study of freight cars for storing various input, output, and intermediate statistical data on failures that will be needed to solve the problem to ensure the appropriate level of design, technological and operational reliability of the freight cars. When the facts of new information updated, should be established working memory elements for each fact in the form of cortege are of fixed length. Group variable (failures and certificates), which are connected to each other, it is more convenient to store together in a cortege. The rows database table Bounce is a cortege of fixed length, content of which is carried out to establish the existence of failures of the freight cars according to the type and model that is followed by the establishment of the link between evidence (symptom) and failure (hypothesis) at a certain mileage of the freight cars.

Keywords: system reliability study, failures, freight cars.

REFERENCES

1. Myamlin, S. V., Baranovskiy, D. M. (2014). The modeling of economic efficiency of products car-riage-building plant in conditions of dynamic pricing. Zbirnik naukovix prac Dnipropetrovskogo nacionalnogo universitetu im. ak. V. Lazaryana «Problemi ekonomiki transportu» [Proceedings of Dnipropetrovsk National University. Ac. V. Lazaryan «Problems of Transport Economy»]. 2014, № 7, pp. 61-66.
2. Fomin, O.V. Koncepcija ideal'nih kuzoviv napivvagoniv [The concept of ideal bodies gondola] [Text] / O.V. Fomin // Journal of East Ukrainian National University named after Vladimir Dal, a scientific journal. – Lugansk: EUNU. Dal, 2013. – № 4 (193). – S. 267-271.
3. Fomin, O.V. Pidvishhennja stupenja ideal'nosti vantazhnikh vagoniv ta prognozuvannja stadij ih evoljucii [Increased ideal freight cars and forecasting stages of their evolution] [Text] / O.V Fomin // Scientific Bulletin of National Mining University. – Dnepropetrovsk: NSU, 2015. – № 3. – P. 68-76 – Access: <http://nvngu.in.ua/index.php/uk/golovna/1049-ukrcat/arkhiv-zhurnalu/2015/zmist-3-2015/geotekhnichna-i-girnichna-mekhanika-mashinobuduvannya/2975-pidvishchennya-stupenya-idealnosti-vantazhnikh-vagoniv-ta-prognozuvannya-stadij-jikh-evolyutsiji>.
4. Fomin, O.V. Modern requirements to carrying systems of railway general-purpose gondola cars/ O.V. Fomin / Scientific and technical journal «Metallurgical and Mining Industry». 2014, No. 5 – P.31-43.
5. Prediction methodology of durability of locomotives diesel engines / L.P. Lingaitis, S. Mjamlin, D. Baranovsky, V. Jastremskas // Eksploatacja i Niezawodnosc – Maintenance and Reliability. 2012, Vol. 14, № 2. pp. 154-159.

6. Experimental Investigations on Operational Reliability of Diesel Locomotives Engines / L.P. Lingaitis, S. Mjamlin, D. Baranovsky, V. Jastremskas // *Eksploatacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability*. 2012, № 1, pp. 5-10.
7. Baranovskij D. M. Samoorganizaciya struktur v procesi dissipacii [Self-organizing structures in the process of dissipation]. *Vostochno-Evropejskij zhurnal peredovyh tekhnologij* [Eastern-European Journal of Enterprise Technologies]. 2009, № 8 (39), pp. 28-30.
8. Dzharratano Dzh., Rajli G. Ekspertnye sistemy. Principy razrabotki i programmirovaniya [Expert systems. Principles of design and programming]. Moscow, Vil'yams, 2007. 1152 p.
9. Dzhekson P. Vvedenie v ehkspertnye sistemy [Introduction to Expert Systems]. Moscow, Izd. dom «Vil'yams», 2001. 984 p.
10. Saati T. Matematicheskie modeli konfliktnykh situacij [Mathematical models of conflict situations]. Moscow, Sovetskoe radio, 1977. 189 p.
11. Averin A.N. Nechetkie mnozhestva v modelyah upravleniya iskusstvennogo intellekta [Fuzzy sets in management models of artificial intelligence]. Moscow, Nauka, 1986. 305 p.
12. Kofman A., Aluha X. Hil. Vvedenie teorii nechetkikh mnozhestv: upravlenie predpriyatiem [Introduction to the theory of fuzzy sets: Enterprise Management]. Minsk, Vysshaya shkola, 1992. 223 p.
13. Betti, G., Cheli B. and Cambini R. A statistical model for the dynamics between two fuzzy states: theory and an application to poverty analysis, *Metron*, 2004, 62, pp. 391-411.
14. Cerioli A., Zani S. «A Fuzzy Approach to the Measurement of Poverty», in Dagum C. and Zenga M. (eds.), *Income and Wealth Distribution, Inequality and Poverty*, Springer Verlag, Berlin, 1990, pp. 272-284.
15. Cheli B., Betti G. Totally Fuzzy and Relative Measures of Poverty Dynamics in an Italian Pseudo Panel. 1985-1994. *Metron* 57(1-2), 1999, pp.83-104.
16. Cheli B., Ghellini G., Lemmi A., Pannuzi N. «Measuring Poverty in the Countries in Transition via TFR Method: the Case of Poland in 1990-1991», *Statistics in Transition*, 1(5), 1994, pp. 585- 636.
17. Cheli B., Lemmi A. A 'Totally' Fuzzy and Relative Approach to the Multidimensional Analysis of Poverty, *Economic Notes*, 24, 1995, pp. 115-134.
18. Chen S. and Hwang C. *Fuzzy Multiple Decision Making*, Springer-Verlag, Berlin, 1992.
19. Muradian L. Building models of freight cars refusals involving Bayesian approach // *EUREKA: Physics and Engineering*. – 2016. – №1. – С. 54–60.
20. Muradian L. A. Pobudova sistemi doslidzhennya nadiynosti vantazhnykh vagoniv [Construction of system reliability study wagons]. *Elektromagnitna sumisnist' ta bezpeka na zaliznichnomu transporti* [Electromagnetic compatibility and safety in railway transport], 2015, № 10, pp. 90-95.