

Міністерство освіти і науки України
Українська державна академія залізничного транспорту

РИБАЛЬЧЕНКО ЛІЛЯ ІГОРІВНА

УДК 656.223.2.001.18

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗВЕЗЕННЯ ПОРОЖНЬОГО
ВАГОНОПОТОКУ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ГІБРИДНИХ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ**

05.22.01 – транспортні системи

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2013

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Українській державній академії залізничного транспорту
Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник: доктор технічних наук, доцент
Лаврухін Олександр Валерійович,
Українська державна академія залізничного транспорту,
кафедра управління вантажною і комерційною роботою,
завідувач кафедри

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, доцент
Козаченко Дмитро Миколайович,
Дніпропетровський національний університет
залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна,
кафедра управління експлуатаційною роботою,
завідувач кафедри

кандидат технічних наук, доцент
Мацюк В'ячеслав Іванович,
Державний економіко – технологічний університет
транспорту, кафедра управління процесами
перевезень, доцент кафедри

Захист відбудеться «__» _____ 2013 р. о __ годині на засіданні спеціалізованої
вченої ради Д 64.820.04 в Українській державній академії залізничного
транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Української державної академії
залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.

Автореферат розісланий «__» _____ 2013 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради

А.В. Прохорченко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми

Нові економічні умови сприяли виникненню великої кількості підприємств, які надають послуги з перевезення вантажів різних категорій. Для отримання переваг у конкурентній боротьбі залізничному транспорту необхідне підвищення якості обслуговування клієнтів з наданням розширеного комплексу послуг. Одним із ключових питань для системи перевезень є своєчасне забезпечення вагонами необхідного типу усіх відправників вантажу відповідно до заявок. Вирішення цього питання ускладнюється у зв'язку з гострою нестачею вагонів та їх незадовільним станом. Для придбання нового рухомого складу потрібні значні капіталовкладення, тому постає завдання раціонального використання наявних в експлуатації одиниць транспорту. Варіантом раціоналізації є освоєння нових та удосконалення існуючих підходів у галузі організації вагонопотоків, в основу яких покладено оптимальне використання парку вагонів. Найбільш перспективним способом реалізації зазначених підходів є такий, що передбачає організацію перевізного процесу на основі удосконалення технології оперативного планування при розподілі мобільних засобів транспорту на полігонах Укрзалізниці.

За статистичними даними за декілька попередніх років, спостерігається тенденція погіршення виконання показників: простій вагона на одній технічній станції за останні п'ять років збільшився на 30%, простій вагона під однією вантажною операцією збільшився майже на 40%, а значення величини обігу вантажного вагона, який є основним комплексним показником ефективності використання рухомого складу, збільшилось на 31%. Однією з основних причин погіршення зазначених показників є недосконалість систем управління та планування вагонопотоками.

Системи, методи і технології, які використовуються на сучасному етапі роботи залізничного транспорту, не повною мірою враховують фактори, які впливають на процеси оперативного управління. До таких факторів можливо віднести людський, який є найбільш впливовим при виконанні оперативного управління. При прийнятті будь-якого рішення щодо оперативного управління необхідно взяти до уваги значну кількість важливих аспектів, врахувати їх і за короткий час сформулювати управлінське рішення. Врахування та усунення негативного впливу людського фактора можливо за рахунок створення автоматизованої системи, призначенням якої є надання рішень щодо оперативного перерозподілу парку вагонів.

Таким чином, вирішення поставленої задачі удосконалення технології розвезення порожнього вагонопотоку на основі використання гібридних інтелектуальних систем є своєчасним та актуальним.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційна робота виконана відповідно до Державної цільової програми реформування залізничного транспорту на 2010–2019 роки, затвердженої Кабінетом Міністрів України, розпорядження Кабінету Міністрів України від 16.12.2009р. № 1555-р “Стратегії розвитку залізничного транспорту на період до 2020 року”, а також науково-дослідницьких робіт: “Формування комплексу універсальних

моделей, реалізація яких забезпечує раціональну організацію вантажопотоків на залізничній транспортній мережі” (держ. реєстр. № 0111U002236); “Управління на мережі залізниць парком вантажних вагонів різної власності в нових умовах ” (держ. реєстр. № 0111U005392), у яких дисертант є виконавцем та автором звітів.

Мета і задачі дослідження

Метою даної дисертаційної роботи є удосконалення технології розвезення порожнього вагонопотоку за допомогою використання гібридних інтелектуальних систем.

Реалізація вищевказаної мети потребує постановки та вирішення наступних задач дослідження:

- провести аналіз статистичних даних основних показників експлуатаційної роботи залізниць України, аналіз теоретичних розробок і практичного досвіду з організації управління розвезенням порожнього вагонопотоку;
- розробити модель прогнозування обсягів навантаження зі здатністю адаптації до мінливих умов оперативної обстановки;
- формалізувати процес розвезення порожніх вагонів між станціями залізничного полігону з урахуванням мінімізації експлуатаційних витрат;
- формалізувати процедуру вибору категорії поїздів, у складі яких повинні прямувати порожні вагони до станції навантаження;
- удосконалити структуру та комплекс задач інформаційно-керуючої системи з організації управління вагонопотоками та обґрунтувати техніко-економічну доцільність впровадження удосконаленої технології розвезення порожнього вагонопотоку.

Об’єкт дослідження – процес управління вагонопотоками на залізничному транспорті.

Предмет дослідження – технологія розвезення порожнього вагонопотоку на залізничних полігонах.

Методи дослідження

Проведені дослідження базуються на використанні методів теорії ймовірностей, математичної статистики та процедури моніторингу для проведення аналізу існуючих експлуатаційних показників перевізного процесу; методів побудови штучних нейронних мереж для удосконалення процесу змінно-добового планування, а саме для планування реальної потреби у вагонах кожного з підприємств, які є клієнтами залізниці; застосуванні методу генетичних алгоритмів для визначення раціонального розподілу порожніх вагонів між станціями; застосуванні теорії нечітких множин і нечіткої логіки для формалізації процедури вибору категорії поїздів, у складі яких повинні прямувати вагони до станції навантаження.

Наукова новизна одержаних результатів

У дисертаційній роботі теоретично обґрунтовано наукові підходи щодо удосконалення технології розвезення порожнього вагонопотоку на основі використання гібридних інтелектуальних систем, які дозволяють оптимізувати процес розвезення порожнього вагонопотоку зі зменшенням непродуктивних простоїв вагонів і своєчасною доставкою під навантаження, що забезпечить дотримання якісних і кількісних показників роботи залізниць при використанні

наявного рухомого складу за рахунок мінімізації впливу "людського" фактора на прийняття управлінських рішень. Для формалізації цих процесів було вперше:

- для отримання достовірних значень щодо реальних потреб клієнтів залізничного транспорту у порожніх вагонах за умови врахування мінливих умов експлуатації сформовано математичну модель прогнозування обсягів навантаження;
- для оперативного управління процесом розвезення порожніх вагонів між станціями залізничного полігону сформовано оптимізаційну модель, яка базується на застосуванні еволюційних методів і дозволяє врахувати витрати на переміщення, а також дозволяє мінімізувати штрафи залізниць через несвоєчасну подачу вагонів;
- для отримання мінімальних експлуатаційних витрат при виборі категорії поїздів, у складі яких повинні прямувати порожні вагони до станції навантаження, сформовано нечітку модель, яка в масштабі реального часу дозволяє врахувати нечіткість інформації та надає доцільне рішення задачі оперативному персоналу.

Дістали подальшого розвитку:

- комплекс функціональних задач, що вирішуються на автоматизованому робочому місці (АРМ) оперативних працівників шляхом інтеграції моделей прогнозування, розподілу та доставки порожніх вагонів на основі сучасних методів і технологій моделювання.

Практичне значення одержаних результатів

Сформовані моделі з елементами штучного інтелекту дозволяють досягти якісно нового рівня в управлінні розвезенням порожнього вагонопотоку на залізничних полігонах, а також надають можливості отримати об'єктивні параметри оперативного плану місцевої роботи на добу. Це надає можливість вивільнення порожніх вагонів і забезпечення вимог клієнтів залізниць наявним рухомим складом.

Запропонована удосконалена автоматизована технологія розвезення порожнього вагонопотоку надасть можливість отримати мінімальні експлуатаційні витрати за рахунок уникнення непродуктивних пробігів вагонів і локомотивів та скорочення простою вагонів на технічних станціях.

Результати проведеного моделювання на полігонах Південної залізниці показали, що використання розроблених моделей забезпечить можливість вивільнення робочого парку порожніх вантажних вагонів у межах 10%, а також скорочення простою вагонів на станціях у середньому на 26%, зниження порожнього пробігу вагонів близько 38%, збільшення дільничної швидкості на 25%, скорочення обігу порожнього вантажного вагона не перевищує 5%.

Впровадження запропонованої технології в умовах Південної залізниці дозволить отримати економію витрат у розмірі 1088948,47 грн на рік.

Комплекс розроблених моделей рекомендовано інтегрувати до автоматизованих робочих місць оперативного персоналу рівня дирекції перевезень (ДН), які відповідають за управління місцевою роботою, а саме поїзного диспетчера (ДНЦ).

Розроблений комплекс моделей рекомендовано для використання на всіх залізницях України.

Основні результати і розроблені наукові підходи щодо формування автоматизованої технології розвезення порожнього вагонопотоку на основі визначення оптимальних варіантів розподілу та доставки порожніх вагонів між залізничними станціями на полігонах ДН використані та впроваджені на Південній залізниці, а також у навчальний процес Української державної академії залізничного транспорту (УкрДАЗТ) при вивченні дисциплін "Управління експлуатаційною роботою" та при проведенні навчально-дослідних робіт студентів і магістрів. Практичне впровадження результатів роботи підтверджується відповідними документами, які наведені в додатках до роботи.

Особистий внесок здобувача

Усі результати роботи отримані особисто автором і проводились в УкрДАЗТ. У публікаціях 5 статей у співавторстві автором зроблено такий внесок:

- у статті [1] сформована штучна нейронна мережа, яка дозволить визначати прогностні значення кількості вагонів під навантаження для окремого вантажовідправника;
- у статті [2] розроблена модель розподілу порожніх вагонів на залізничному полігоні, в основі якої лежить метод генетичного алгоритму;
- у статті [3] запропоновано удосконалення технології вибору категорії поїздів у складі яких повинні слідувати порожні вагони до станції навантаження за допомогою нечіткої логіки та змодельовано цей процес;
- у [6] вибір критеріїв щодо визначення пріоритетів поїздів при їх відправленні з залізничної станції.

Апробація результатів дисертації

Основні положення дисертації доповідались, обговорювались і були схвалені на 24 міжнародній науково-практичній конференції "Перспективні комп'ютерні управляючі і телекомунікаційні системи для залізничного транспорту України" 2011 р. (м Алушта); 7 науково-практичній міжнародній конференції "Проблеми міжнародних транспортних коридорів та єдиної транспортної системи України" 2011 р. (смт Коктебель, АР Крим); 8 науково-практичній міжнародній конференції "Проблеми міжнародних транспортних коридорів та єдиної транспортної системи України" 2012 р. (м Харків); 75 міжнародній науково-практичній конференції УкрДАЗТ, 2013 р. (м Харків); II міжнародній науково-технічній конференції "Обчислювальний інтелект" 2013 р. (м Черкаси).

Повністю дисертаційна робота доповідалася та була позитивно оцінена на розширеному засіданні кафедри управління експлуатаційною роботою Української державної академії залізничного транспорту за участю членів спеціалізованої ради (м Харків); засіданні кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка; засіданні кафедри інформаційних управляючих систем Національного аерокосмічного університету імені М.Є. Жуковського.

Публікації

За темою дисертації опубліковано 11 наукових праць, у тому числі 5 наукових статей (дві з них без співавторів), що опубліковані у фахових наукових виданнях, затверджених МОН України, 1 патент на корисну модель і 5 тез доповідей.

Структура та обсяг дисертації

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків.

Повний обсяг тексту дисертації 154 сторінки, обсяг основного тексту складає 119 сторінок, роботу ілюстровано 45 рисунками, наведено 2 таблиці, 7 додатків, список використаних джерел включає 118 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та задачі дослідження, відображено наукову новизну та практичне значення, подано загальну характеристику роботи.

У першому розділі здійснено аналітичний огляд відомих досліджень і обґрунтовано обраний напрямок роботи, проведено аналіз теоретичних розробок і практичного досвіду з організації управління розвезенням порожнього вагонопотоку на залізничних полігонах: основні завдання системи оперативного планування, вітчизняний та закордонний досвід з організації розвезення порожнього вагонопотоку, процес інформатизації залізничних вантажних перевезень.

У розвиток теорії та практики організації процесу перевезень, а саме оперативне планування, організація та розподіл вагонопотоків, розроблення плану формування вантажних поїздів, застосування інформаційних технологій в експлуатаційній роботі, зробили великий внесок такі вчені та практики: Абрамов А.А., Акулінічев В.М., Архангельський Є.В., Атаманенко Є.Г., Бернгард К.А., Бородін А.Ф., Бобровський В.І., Бикадоров А.В., Бутько Т.В., Буянов В.А., Волков В.С., Воробйов Н.А., Грунтов П.С., Гершвальд А.С., Губенко В.К., Данько М.І., Дьяков Ю.В., Єфименко Ю.І., Жуковицький І.В., Івницький В.А., Іловайський М.Д., Калашнікова Т.Ю., Каретніков А.Д., Козаченко Д.М., Козлов В.Є., Котенко А.М., Кузнецов Г.А., Кулешов В.М., Лаврухін О.В., Ломотько Д.В., Мацюк В.І., Мироненко В.К., Нагорний Є.В., Негрей В.Я., Нечаєв Г.І., Угрюмов А.К., Скалозуб В.В., Смахов А.О., Сотніков Є.А., Стасюк О.І., Тевельов Ф.А., Тулупов Л.П., Тихоміров І.Г., Тихонов Г.Н., Тішкин Є.М., Чернюгов А.Д., Шаров В.А., Шафіт Є.М., Шibaєв О.Г., Яновський П.О. та інші.

На основі проведеного аналізу визначено, що з технологічної точки зору не всім аспектам, які мають вплив при виконанні процесу розподілу порожнього вагонопотоку, було приділено достатньо уваги і існує лише невелика кількість робіт, у яких було враховано “людський фактор”.

У результаті аналізу експлуатаційних показників виявлено необхідність їх підвищення, що можливо здійснити за рахунок удосконалення процесу планування

перевезень з використанням нових інформаційно-керуючих систем, яке, в свою чергу, забезпечить зростання доходів залізниць та уникнення збитків через виплату штрафів.

Аналіз існуючих інформаційних технологій, які використовуються на залізничному транспорті, показав, що в більшості вони мають інформативний характер і лише деякі – інформаційно-керуючий, тому оперативний персонал приймає рішення, спираючись на наявну інформацію, власний досвід та інтуїцію. Як відомо, залізничний транспорт є динамічною системою, тому будь-які рішення приймаються в оперативній обстановці. Отже, не всі фактори беруться до уваги, тому прийняті рішення не завжди доцільні та раціональні.

Таким чином, набуває актуальності вирішення задачі удосконалення оперативного планування за рахунок формалізації технології прогнозування та оперативного регулювання в умовах впровадження інформаційно-керуючих систем.

У другому розділі для отримання достовірних значень щодо реальних потреб клієнтів залізничного транспорту у порожніх вагонах за умови врахування мінливих умов експлуатації сформовано математичну модель прогнозування обсягів навантаження на основі багатошарової нейронної мережі з програмною реалізацією.

Використання обраного математичного апарату надало моделі можливість враховувати всі фактори впливу, виключати негативну дію “людського фактора” та самонавчатися.

Кількість вхідних і вихідних елементів у багатошаровій штучній нейронній мережі визначається умовами задачі. Для вирішення задачі прогнозування обсягів навантаження на вхід штучної мережі будуть подаватися статистичні дані щодо виконаного навантаження за добу, дві, три доби та за тиждень до дати прогнозу, яка планується. Тип вхідної інформації є аналоговим, тому що вхідна інформація подана в формі дійсних чисел.

Поточний стан нейрона в загальному вигляді для поставленої задачі

$$S = \sum_{i=1}^n x_i \cdot w_i + b, \quad (1)$$

де x_i - чисельне значення кількості навантажених вагонів на конкретному підприємстві; n - кількість входів значень виконаного навантаження за добу, дві доби, три доби та за тиждень до дати прогнозу, яка планується; w_i - синаптичні зв'язки або вага відповідного синаптичного зв'язку; b - чисельне значення зміщення.

Виходом нейрона є функція його стану $Y = f(S)$.

Згідно з зазначеним вище було прийнято гіпотезу про те, що для вирішення задачі прогнозування обсягів навантаження може бути використана багатошарова нейронна мережа, яка складається з чотирьох шарів: вхідного, двох прихованих шарів та одного вихідного шару, з сигмоїдальними передатними функціями нейронів. Багатошарові нейронні мережі мають більшу потужність, ніж одношарові,

тільки в разі присутності нелінійності. Тому в даній роботі для активації нейронів на виході було обрано сигмоїдальну функцію активації. Додаткова перевага сигмоїду полягає в автоматичному контролі посилення.

Вибір такого складу нейронної мережі заснований на теоремі Хехт-Нільсена, яка доводить, що будь-яка багатомірна функція декількох змінних може бути подана за допомогою нейронної мережі з двома прихованими шарами нейронів із заздалегідь відомою функцією активації.

Запропонований підхід побудови вищевказаної штучної нейронної мережі надасть можливість врахувати попередньо отримані дані та накопичити інформацію для прогнозування точних даних, необхідних для оперативного планування.

Навчання штучної нейронної мережі, яка розроблена у даній роботі, буде виконуватися з вчителем за методом зворотного поширення помилки. Де на вхід буде подано вектор множини значень X , які складаються зі статистичних даних попереднього виконання навантаження

$$X = \{x_1, x_2, x_3, x_m\}, \quad (2)$$

x_1, x_2, x_3, x_m – значення вхідного вектора, тобто статистичні дані попереднього виконаного навантаження, відповідно за добу, дві доби, три доби та за тиждень до дати прогнозу, яка планується.

Далі необхідно задати вихідний вектор

$$Y = \{y^g\}, \quad (3)$$

де y^g – значення вихідного вектора тобто статистичні дані попереднього виконання навантаження тієї дати, яке вже відбулося і виконане навантаження, здійснене тієї ж доби. На рисунку 1 наведена штучна нейронна мережа з двома прихованими шарами, яка призначена для прогнозування обсягів навантаження.

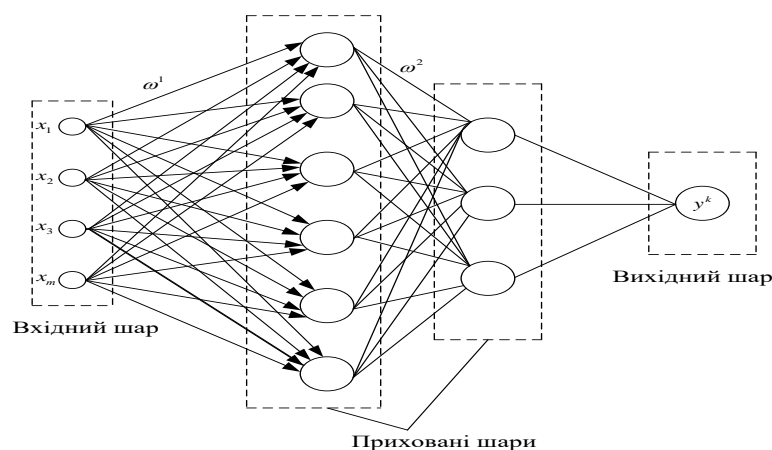


Рисунок 1 – Штучна нейронна мережа з двома прихованими шарами, яка призначена для прогнозування обсягів навантаження

У даній роботі пропонується використати синхронний тип, завдяки чому буде отримана можливість більш раціонально використовувати обчислювальні потужності.

Прийнята гіпотеза про використання штучної нейронної мережі з двома прихованими шарами для вирішення задачі прогнозування обсягів навантаження підтвердилася експериментально, надавши реальні значення прогнозу після навчання.

Далі для формалізації оперативного управління процесом розвезення порожніх вагонів між станціями залізничного полігону з урахуванням мінімізації експлуатаційних витрат сформовано оптимізаційну модель, яка працює на основі прогнозованих значень обсягів навантаження, цільова функція якої має вигляд

$$f(x) = c_1^6 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} t_{ij} + c_2^6 \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m x_{ij} S_{ij} + c_1^n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \text{sgn}(x_{ij}) t_{ij}^n + c_2^n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \text{sgn}(x_{ij}) S_{ij}^n \rightarrow \min \quad (4)$$

з обмеженнями

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n x_{ij} \leq a_i, \quad j = 1 \dots m \\ \sum_{j=1}^m x_{ij} \leq b_j, \quad i = 1 \dots n \\ \sum x = \inf(\sum a, \sum b), \\ y_{ij} \leq m_k^0, \quad i = 1 \dots n, j = 1 \dots m, k = 1 \dots n^0, \\ x_{ij} > 0 \end{cases}$$

де c_1^6 - одинична витратна ставка однієї вагоно-години у русі, грн; x_{ij} - кількість вагонів, які необхідно доставити зі станції i на станцію j , шт.; t_{ij} - час знаходження вагонів у русі між станціями i та j , год; i - станція відправлення порожніх вагонів; j - станція призначення порожніх вагонів; n - кількість станцій на дирекції, шт.; m - кількість станцій, на які необхідно подати вагони під навантаження, шт.; c_2^6 - одинична витратна ставка одного вагоно-кілометра у русі, грн; c_1^n - одинична витратна ставка однієї електровозо (тепловозо) - години магістрального руху, грн; t_{ij}^n - час знаходження локомотива в русі між станціями i та j , год; c_2^n - одинична витратна ставка одного електровозо (тепловозо)-кілометра, грн; S_{ij}^n - відстань, пройдена локомотивом між станціями i та j , км; a_i - елемент матриці кількості наявних порожніх вагонів на станціях дирекції; b_j - елемент матриці, яка містить інформацію про потрібність у порожніх вагонах на станціях дирекції; y_{ij} - кількість

вагонів у складі поїзда, в якому будуть доставлені порожні вагони на станцію навантаження, шт.; m_k^o - кількість вагонів у складі поїзда з урахування допустимої маси та довжини на k дільниці або перегоні, шт.; n^o - кількість дільниць або перегонів на дирекції.

У зв'язку з тим що отримання результату вирішення наведеної цільової функції є складним, тому що існує обмеження часу на вирішення задачі, було запропоновано підхід, який дозволить отримати відповідь за короткий проміжок часу. Таким підходом був обраний метод генетичних алгоритмів (ГА), тому сформована цільова функція була використана як фітнес функція або функція пристосованості для роботи генетичного алгоритму.

ГА досить швидко генерує адекватні рішення, тому що його сутність не передбачає повного перебору варіантів і використовує цільову функцію, а не її похідні для оцінки якості прийнятих рішень. Також велике значення має його спроможність до адаптування, що дуже важливо для поставленої задачі, адже вона стосується оперативного планування, яке здійснюється в постійно мінливих умовах. У якості генів g_1, g_2, \dots, g_v пропонується прийняти певні залізничні станції, між якими необхідно розподілити порожні вагони, при цьому назву кожної станції замінити на код, який буде складатися з набору арабських цифр. Хромосома P_i буде являти собою певну послідовність генів, тобто кожна хромосома є варіантом послідовності розподілу порожніх вагонів між станціями $P_i = \{g_1, g_2, \dots, g_v\}$. Для легкого розшифрування отриманого результату роботи алгоритму кожній хромосомі присвоюється номер. Приклад хромосоми, яка відображає розподіл порожніх вагонів між станціями, наведений на рисунку 2.

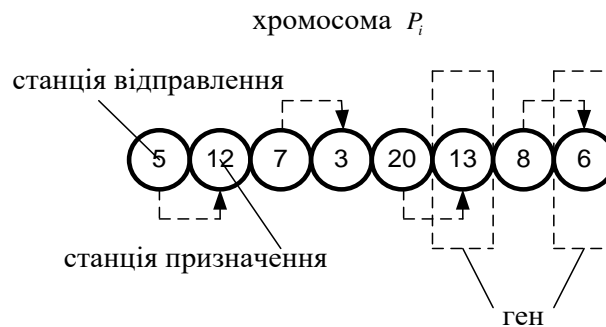


Рисунок 2 – Приклад хромосоми, яка відображає розподіл порожніх вагонів між станціями

Сукупність всіх хромосом являє собою популяцію

$$P^t = \{P_1, P_2, \dots, P_i, \dots, P_{N_p}\}, \quad (5)$$

де $t = 0, 1, 2, \dots$ - номер генерації генетичного алгоритму; N_p - розмір популяції.

Для можливості функціонування ГА в даній роботі першим генетичним оператором обрано одноточковий оператор кросинговеру. Вибір обумовлено тим, що при застосуванні інших операторів схрещення може бути викинуто ген, а це означає, що якась станція не буде брати участь у розподілі вагонів, що не допустимо. Другим генетичним оператором обрано двоточковий оператор мутації для підвищення швидкості вирішення поставленої задачі.

Для ефективної роботи моделей їх необхідно інтегрувати на робоче місце оперативного персоналу, який займається плануванням і розподілом порожнього вагонопотоку. Як правило, цим займаються диспетчер–вагонорозподільувач (ДНЦВ) і поїзний диспетчер.

Наступним доцільним кроком удосконалення технології розвезення порожнього вагонопотоку на залізничних полігонах буде визначення способу доставки вивільнених і розподілених порожніх вагонів.

У третьому розділі згідно з аналізом умов роботи ДНЦ та факторів впливу на прийняття рішення було виявлено, що рішення щодо вибору категорії поїздів, у складі яких повинні прямувати порожні вагони до станції навантаження, приймається під дією суб'єктивних факторів, тому не завжди є якісним, повноцінним та оптимальним. З'ясовано, що розглянута задача щодо вибору категорії поїздів, у складі яких повинні прямувати порожні вагони до станції навантаження, складається з кількісно не оцінюваних компонентів, тобто є слабо структурованою та не має повністю формальних алгоритмів вирішення, тому її формалізація передбачає використання апарату нечіткої логіки.

Відповідно до цього вирішено слабо структуровану задачу формалізації процедури вибору категорії поїздів, у складі яких повинні прямувати порожні вагони до станції навантаження, у термінах нечіткої логіки за умови досягнення мінімальних експлуатаційних витрат

$$P(m, n, s, c, t) \Rightarrow (\cup(m \cap n \cap s \cap c \cap t) = \tilde{\alpha}) \rightarrow \min, \quad (6)$$

$$\text{при обмеженнях} \begin{cases} m > 0; \\ n > 1; \\ t_0 \leq t \end{cases}$$

де m - множина параметрів, які відповідають загальній кількості вагонів, що перебувають на станції і очікують відправлення; n - множина параметрів, які відповідають за кількість колій, з яких будуть переставлятися вагони при формуванні їх у состав; s - множина параметрів, які відповідають за відстань між станцією знаходження вагонів і станцією призначення вагонів; c - множина параметрів, яка відповідає витратам на маневрову роботу при формуванні состава поїзда; t - множина параметрів, яка відповідає терміну подачі вагонів під навантаження згідно з заявками вантажовласників; $\tilde{\alpha}$ - нечітка підмножина лінгвістичної змінної; t_0 - термін доставки вагонів.

Для основи розрахунку моделі було обрано такі параметри: кількість порожніх вагонів (f_1), кількість колій, на яких проводиться маневрова робота (f_2), відстань між станцією знаходження порожніх вагонів та станцією, на яку треба доставити вагони під навантаження (f_3), витрати на маневрову роботу (f_4), термін подачі вагонів під навантаження (f_5). Визначені параметри в комплексі впливають на прийняття рішення щодо вибору категорії поїздів, у складі яких повинні прямувати порожні вагони до станції навантаження.

Вхідні параметри моделі доцільно подати у вигляді п'яти нечітких змінних, кожна з яких є фактором впливу на прийняття рішення щодо вибору категорії поїздів, у складі яких повинні прямувати порожні вагони до станції навантаження, і розбита щонайменше на три терми. Вихідні параметри являють собою категорії поїздів, у складі яких будуть прямувати порожні вагони до станції навантаження, а саме вивізний, дільничний, збірний.

Таким чином, формалізація процедури вибору категорії поїздів, у складі яких повинні прямувати порожні вагони до станції навантаження, починається з визначення лінгвістичних змінних у вигляді $\langle f_1, L_1, N \rangle$, $\langle f_2, L_2, P \rangle$, $\langle f_3, L_3, S \rangle$, $\langle f_4, L_4, C \rangle$, $\langle f_5, L_5, T \rangle$, $\langle p, L_6, K \rangle$.

Безпосередньо, переходячи до відтворення визначених лінгвістичних змінних, одержано

$$\langle f_1, L_1, N \rangle \rightarrow \langle \text{"Кількість порожніх вагонів"}, L_1, [n_{\min}, n_{\max}] \rangle, \quad (7)$$

де $L_1 = \{\text{"третина"}, \text{"половина"}, \text{"состав"}\}$; n_{\min}, n_{\max} - область визначення $N = \{n\}$ відповідної нечіткої змінної, яка характеризує кількість вагонів у складі поїзда;

$$\langle f_2, L_2, P \rangle \rightarrow \langle \text{"Кількість колій"}, L_2, [p_{\min}, p_{\max}] \rangle, \quad (8)$$

де $L_2 = \{\text{"третина"}, \text{"половина"}, \text{"всі"}\}$; p_{\min}, p_{\max} - область визначення $P = \{p\}$ відповідної нечіткої змінної, яка характеризує кількість колій, на яких проводиться маневрова робота при виставленні всіх потрібних вагонів на одну колію;

$$\langle f_3, L_3, S \rangle \rightarrow \langle \text{"Відстань між станціями"}, L_3, [s_{\min}, s_{\max}] \rangle, \quad (9)$$

де $L_3 = \{\text{"невелика"}, \text{"середня"}, \text{"дальня"}\}$; s_{\min}, s_{\max} - область визначення $S = \{s\}$ відповідної нечіткої змінної, яка характеризує відстань між станціями, з яких будуть доставлені вагони на станцію навантаження;

$$\langle f_4, L_4, C \rangle \rightarrow \langle \text{"Витрати на маневрову роботу"}, L_4, [c_{\min}, c_{\max}] \rangle, \quad (10)$$

де $L_4 = \{\text{"мінімальні"}, \text{"значні"}, \text{"великі"}\}$; c_{\min}, c_{\max} - область визначення $C = \{c\}$

відповідної нечіткої змінної, яка характеризує кількість витрачених локомотивогодин на маневрову роботу;

$$\langle f_5, L_5, T \rangle \rightarrow \langle \text{"Термін подачі вагонів"}, L_5, [t_{\min}, t_{\max}] \rangle, \quad (11)$$

де $L_5 = \{\text{"спливаючий"}, \text{"терміновий"}, \text{"нетерміновий"}\}$; t_{\min}, t_{\max} - область визначення $T = \{t\}$ відповідної нечіткої змінної, яка характеризує термін подачі вагонів під навантаження, що вказаний у заявці вантажовласника,

$$\langle p, L_6, K \rangle \rightarrow \langle \text{"Категорія поїзда"}, L_6, [k_{\min}, k_{\max}] \rangle, \quad (12)$$

де $L_6 = \{\text{"вивізний"}, \text{"дільничний"}, \text{"збірний"}\}$; k_{\min}, k_{\max} - область визначення $K = \{k\}$ вихідної нечіткої змінної, яка відбиває категорію поїзда, у складі якого будуть прямувати вагони до станції навантаження.

Нечітку підмножину множини K запропоновано подати у такому вигляді

$$\tilde{\alpha} = \{\langle \mu_{\tilde{\alpha}}(k) / k \rangle, (k \in K)\}.$$

$$\begin{aligned} \langle \text{"вивізний"}, [k_{\min}, k_{\max}], \tilde{\alpha}_1 \rangle, & \quad \langle \text{"вивізний"}, [0, 2], \tilde{\alpha}_1 \rangle, \\ \langle \text{"дільничний"}, [k_{\min}, k_{\max}], \tilde{\alpha}_2 \rangle, & \Rightarrow \langle \text{"дільничний"}, [1, 3], \tilde{\alpha}_2 \rangle, \\ \langle \text{"збірний"}, [k_{\min}, k_{\max}], \tilde{\alpha}_3 \rangle. & \quad \langle \text{"збірний"}, [2, 4], \tilde{\alpha}_3 \rangle. \end{aligned}$$

Після визначення параметрів лінгвістичних змінних необхідно визначитися з функціями належності відповідних нечітких змінних. У результаті проведених розрахунків було виявлено, що значення параметрів мають симетричні відхилення, тому вхідні змінні можуть бути описані функцією Гауса, а вихідна змінна має дискретний характер, тому для її описання доцільно використати трапецієподібну функцію.

Для вирішення поставленої задачі формалізації процедури вибору категорії поїздів, у складі яких повинні прямувати порожні вагони до станції навантаження, при виконанні процедури логічного виводу застосовується алгоритм Mamdani, який має деякі переваги над іншими методами в плані точності та простоти реалізації.

На рисунку 3 наведено графічну інтерпретацію сформованих функцій належності.

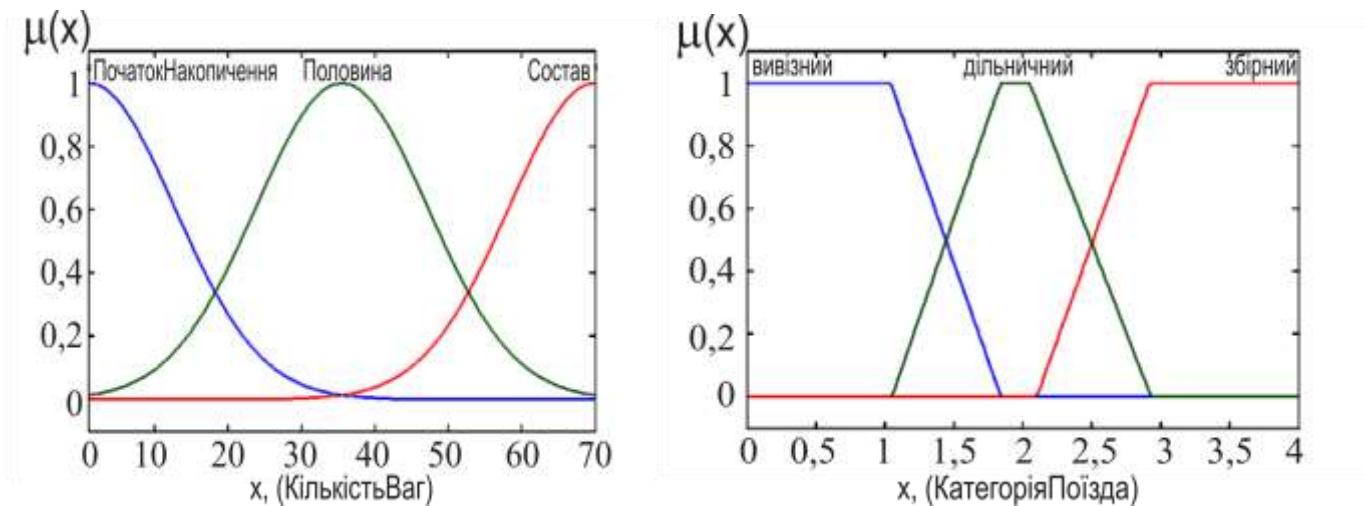


Рисунок 3 – Функції належності вхідної лінгвістичної змінної ”кількість вагонів” і вихідної змінної ”категорія поїзда”

На рисунку 4 наведено приклад однієї з отриманих поверхонь відгуку створеної моделі, яка у графічному вигляді відображає отримання виходу моделі.

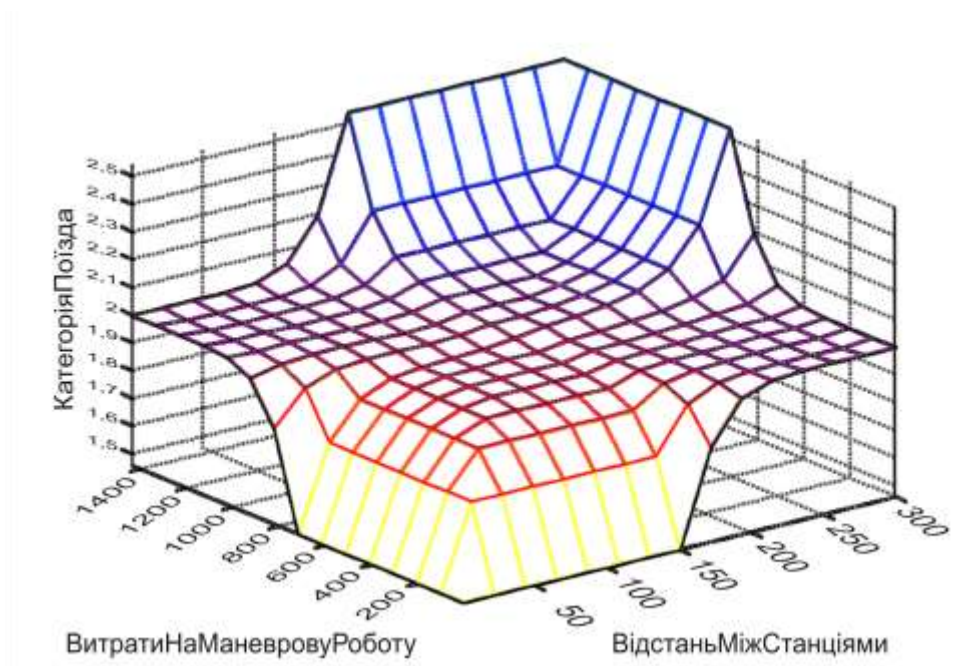


Рисунок 4 – Приклад однієї з отриманих поверхонь відгуку створеної моделі

При застосуванні розробленої процедури вибору категорії поїздів, у складі яких повинні прямувати порожні вагони до станції навантаження, буде одержано можливість надавати раціональні рішення оперативному персоналу дирекції залізничних перевезень (ДНЦ) щодо формування порожніх вагонопотоків на основі аналізу вхідних ситуацій у легкодоступній лінгвістичній формі.

В подальшому сформовану модель трансформовано в систему підтримки прийняття рішень оперативного персоналу, що дозволить покращити використання

перевізних засобів та як слідство підвищити економічну ефективність від перевезень на залізничному транспорті.

У четвертому розділі удосконалено інформаційно-керуючу систему (ІКС) з організації вантажних перевезень і виконано техніко-економічне обґрунтування впровадження технології розвезення порожнього вагонопотоку на основі використання гібридних інтелектуальних систем.

Удосконалення ІКС з організації управління вагонопотоками виконано шляхом розроблення впровадження в підсистеми АСК ВП УЗ - Є (АРМ ДНЦВ та АРМ ДНЦ). Дана автоматизована система керування розподілом порожнього вагонопотоку базується на розробленому комплексі моделей і виконує такі задачі: прогнозування обсягів навантаження; розподіл порожніх вагонів між станціями залізничних полігонів; вибір категорії поїздів, у складі яких повинні прямувати порожні вагони до станції навантаження.

Розроблена система підтримки прийняття рішення (СППР) займе місце підсистеми, функціонування якої засноване на використанні сучасних засобів прогнозування та моделювання (методу нейронних мереж, генетичного алгоритму та нечіткої логіки), тобто ця підсистема є аналітичним сервером (АС). АС при розробленні рішень буде спиратись на повну інформаційну базу АСК ВП УЗ-Є та на бази, що запроектовані в ньому (які містять оперативну, архівну та статистичну інформацію). Схема передачі інформації при введенні АС наведена на рисунку 5.

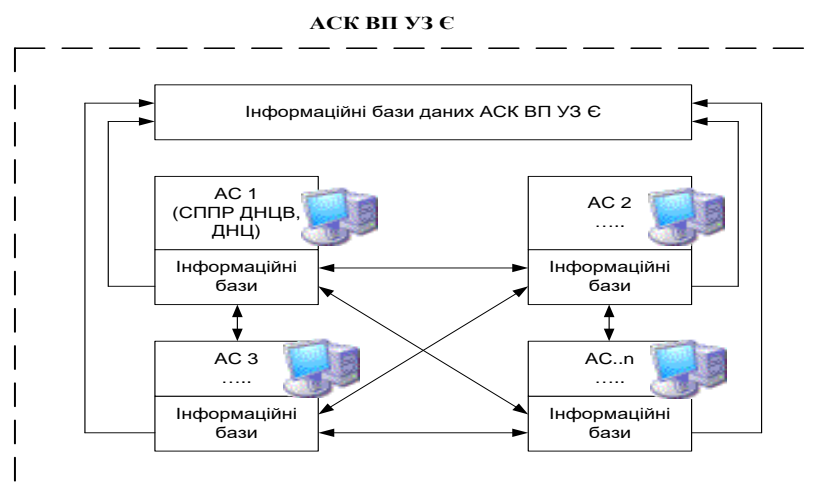


Рисунок 5 – Схема передачі інформації всередині АСК ВП УЗ-Є при введенні підсистем

Результати проведеного моделювання на полігонах Південної залізниці показали, що використання розроблених моделей забезпечить можливість вивільнення робочого парку порожніх вантажних вагонів у межах 10% робочого парку порожніх вантажних вагонів, а також скорочення простою вагонів на станціях у середньому на 26%, зниження порожнього пробігу вагонів близько 38%, збільшення дільничної швидкості на 25%, скорочення обігу порожнього вантажного

вагону не перевищує 5%. Економічна ефективність від впровадження розроблених моделей дозволить отримати в умовах Південної залізниці економію витрат у розмірі 1088948,47 грн на рік.

ВИСНОВКИ

У даній дисертаційній роботі вирішено науково-прикладне завдання з удосконалення технології розвезення порожнього вагонопотоку на основі використання гібридних інтелектуальних систем.

На основі виконаних у роботі досліджень можна констатувати:

1. Проведено аналіз статистичних даних експлуатаційної роботи залізниць України, аналіз теоретичних розробок та практичного досвіду з організації управління розвезенням порожнього вагонопотоку та визначено, що ефективне управління вагонопотоками є одним із головних завдань вантажної залізничної транспортної системи. Разом з цим застосування сучасних науково обґрунтованих рекомендацій практично не використовують. Як довів аналіз, обсяг перевезень вантажів на залізницях України складає 60% від загального, а із діаграми розподілу доходів від вантажних перевезень виявлено, що 41% припадає на внутрішньодержавні перевезення. На даному етапі роботи залізниць спостерігаються негативні зміни: експлуатаційні показники, як видно з аналізу даних статистики, погіршуються порівняно з попередніми роками. Так, аналіз часу простою вантажного вагона під однією операцією показав, що його значення зросло майже на 40%, а значення простою вагона на одній технічній станції зросло на 30% протягом 5 років. У результаті аналізу обігу вагона було виявлено, що за 5 років його значення збільшилося з 4,2 доби до 6,2 доби.

2. Розроблено модель прогнозування обсягів навантаження зі здатністю адаптації до мінливих умов оперативної обстановки, яка характеризується порівняною простотою реалізації і ефективністю при функціонуванні в реальних умовах. В її основу покладено принципи самонавчання на базі штучної нейронної мережі. Результати роботи моделі використовуються в подальшому при розподілі порожніх вагонів між станціями. При проведенні моделювання виявлено, що ймовірність розподілу різниці прогнозних значень і наявних підлягає нормальному закону розподілу, тобто розроблена модель є адекватною.

Розроблена модель перевірялась на адекватність на основі F -тесту за допомогою критерію Фішера, на точність модель була перевірена на основі такого показника якості прогнозу, як середня абсолютна відсоткова похибка (МАРЕ), який не перевищив 10%, що достатньо для точності виду таких моделей.

3. Формалізовано процес управління розвезенням порожніх вагонів між станціями залізничного полігону за допомогою оптимізаційної моделі, яка базується на основі генетичного алгоритму та забезпечує раціональне використання технічних ресурсів, за рахунок обліку витрат на переміщення. А також її використання дозволяє мінімізувати штрафи залізниць через несвоєчасну подачу вагонів.

Перевагою моделі є відносна швидкість надання раціонального рішення, незважаючи на велику кількість умов і факторів і спроможність до адаптування, що

дуже важливо для поставленої задачі.

4. Формалізовано процедуру вибору категорії поїздів, у складі яких повинні прямувати порожні вагони до станції навантаження, на базі нечіткої ситуаційної мережі, яка враховує значну кількість важливих параметрів: кількість порожніх вагонів, кількість колій, відстань між станціями, витрати на маневрову роботу, термін подачі вагонів, і дозволяє в умовах нечіткості інформації прийняти до уваги всі фактори, що мають вплив при виборі категорії поїзда. При інтеграції на АРМ ДНЦ дозволяє отримати обґрунтовані рішення задачі з урахуванням мінімізації витрат та з уникненням негативного впливу “людського фактору” на прийняття рішення.

5. Удосконалено структуру та комплекс задач інформаційно-керуючої системи з організації управління вагонопотоками. Розроблений комплекс моделей інтегровано в підсистеми АСК ВП УЗ-Є (АРМ ДНЦВ та АРМ ДНЦ), що дозволяє спрогнозувати необхідну кількість вагонів для подачі під навантаження, розподілити порожні вагони між станціями з урахуванням оптимальності маршруту та вибрати категорію поїздів, у складі яких повинні прямувати порожні вагони до станції навантаження.

6. Техніко-економічне обґрунтування показало, що впровадження технології розподілу порожнього вагонопотоку на залізничних полігонах забезпечує можливість вивільнення в межах 10% робочого парку порожніх вантажних вагонів, а також скорочення простою вагонів на станціях в середньому на 26%, зниження порожнього пробігу вагонів близько 38%, збільшення дільничної швидкості на 25%, скорочення обігу порожнього вантажного вагона не перевищує 5%. Економічна ефективність від впровадження розроблених моделей дозволить отримати в умовах Південної залізниці економію витрат у розмірі 1088948,47 грн на рік.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні праці:

1 Данько, М.І. Удосконалення процесу змінно-добового планування на основі застосування інтелектуальних методів [Текст] / М.І. Данько, О.В. Лаврухін, Л.І. Рибальченко, В.О. Романчук // Зб. наук. праць. – Х.: УкрДАЗТ, 2010. – Вип. 119. – С. 7-11.

2 Данько, М.І. Оптимізація використання порожнього парку вагонів за допомогою генетичних алгоритмів [Текст] / М.І. Данько, О.В. Лаврухін, Л.І. Рибальченко // Зб. наук. праць. – Х.: УкрДАЗТ, 2011. – Вип. 122. – С. 7-12.

3 Данько, М.І. Удосконалення технології вибору категорії поїздів для обслуговування місцевої роботи [Текст] / М.І. Данько, О.В. Лаврухін, Л.І. Рибальченко // Зб. наук. праць. – Х.: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 131. – С. 5-11.

4 Рибальченко, Л.І. Формування підходів щодо реалізації системи підтримки прийняття рішення оперативного управління за допомогою сучасних технологій моделювання [Текст] / Л.І. Рибальченко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. Науково-технічний журнал. – Х.: УкрДАЗТ, 2012. – Вип. 5. – С. 20-24.

5 Рибальченко, Л.І. Визначення цільової функції оптимізації використання порожнього парку вагонів [Текст] / Л.І. Рибальченко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – Вып. 6/3 (60). – С. 25-27.

Додаткові праці, які відображають результати дисертації:

6 Патент 67140 Україна МПК В61L 25/00, В61L 27/00, G06F 7/100, G06N 7/100. Автоматизована система визначення пріоритетів поїздів при їх відправленні з залізничних станцій/ О.В. Лаврухін, Т.В. Бутько, Т.О. Костиркіна, Л.І. Рибальченко; заявники і патентоволодарі О.В. Лаврухін, Т.В. Бутько, Т.О. Костиркіна, Л.І. Рибальченко. – № u 2011 05425; заявл. 28.04.2011; опубл. 10.02.2012, Бюл. №3.

Праці апробаційного характеру:

7 Данько, М.І. Визначення необхідної кількості вантажних вагонів для надання вантажовідправникам при застосуванні методу нейронних мереж / М.І. Данько, О.В. Лаврухін, Л.І. Рибальченко // Тези доповідей 24-ї Міжнародної науково-практичної конференції [“Перспективні комп’ютерні управляючі і телекомунікаційні системи для залізничного транспорту України”] (м. Алушта, 2011 р.) / Інформаційно - керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків, 2011. – Вип. 5. – С. 158.

8 Данько, М.І. Розподіл порожнього парку вагонів при застосуванні генетичного алгоритму / М.І. Данько, О.В. Лаврухін, Л.І. Рибальченко // Тези доповідей 7-ї Міжнародної науково-практичної конференції [“Проблеми міжнародних транспортних коридорів та єдиної транспортної системи України”] (смт Коктебель, травень - червень 2001 р.) / Вісник економіки транспорту і промисловості (збірник науково - практичних статей). – Харків, 2011. – Вип. 34. – С. 78-79.

9 Данько, М.І. Удосконалення технології вибору категорії поїздів для обслуговування місцевої роботи / М.І. Данько, О.В. Лаврухін, Л.І. Рибальченко // Тези доповідей 8-ї Міжнародної науково-практичної конференції [“Проблеми міжнародних транспортних коридорів та єдиної транспортної системи України”] (м. Харків, червень 2012 р.) / Вісник економіки транспорту і промисловості (збірник науково-практичних статей). – Харків, 2012. – Вип. 38. – С. 76-77.

10 Рибальченко, Л.І. Удосконалення процесу управління розвезенням порожніх вагонів на залізничних полігонах на основі застосування інтелектуальних методів / Л.І. Рибальченко // Тези доповідей 75-ї Міжнародної науково-практичної конференції [“Розвиток наукової та іноваційної діяльності на транспорті”] (м. Харків, 24-25 квітня 2013 р.) / Зб. наук. праць УкрДАЗТ. – Харків, 2013. – Вип. 136. – С. 376.

11 Рибальченко, Л.І. Формування інтелектуальних моделей управління розвезенням порожніх вагонів на залізничних полігонах / Л.І. Рибальченко // Тези II Міжнародної науково-технічної конференції [“Обчислювальний інтелект-2013 (результати, проблеми, перспективи) Computational Intelligence, ComInt-2013”] (м. Черкаси, 14-17 травня 2013 р.) / Зб. наук. праць – Черкаси, 2013. – Вип. – С. 232.

АНОТАЦІЯ

Рибальченко Л.І. Удосконалення технології розвезення порожнього вагонопотоку на основі використання гібридних інтелектуальних систем. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01 – транспортні системи. – Українська державна академія залізничного транспорту МОН України, Харків, 2013.

Дисертацію присвячено вирішенню науково-прикладного завдання удосконалення технології розвезення порожнього вагонопотоку на основі використання гібридних інтелектуальних систем. З цією метою на основі системного підходу сформовано моделі процесу роботи оперативного персоналу при плануванні та просуванні порожніх вагонопотоків на залізничних полігонах, а саме математичну модель прогнозування обсягів навантаження, яка заснована на використанні методу нейронних мереж, що надасть можливість одержувати достовірні результати щодо реальної кількості порожніх вагонів, необхідних клієнтам залізниць; оптимізаційну модель розвезення порожніх вагонів між станціями на основі методу генетичного алгоритму, яка надасть можливість виконувати розподіл з оптимальною кількістю витрат для залізниць; нечітку оптимізаційну модель з елементами штучного інтелекту, яка дозволяє надавати поїзному диспетчеру обґрунтовані рішення щодо вибору категорії поїздів, у складі яких повинні прямувати вагони до станції навантаження, з урахуванням всіх факторів впливу на прийняття рішення та з уникненням суб'єктивізму. Це забезпечує можливість вивільнення в межах 10% робочого парку порожніх вантажних вагонів, а також скорочення простою вагонів на станціях у середньому на 26%, зниження порожнього пробігу вагонів близько 38%, збільшення дільничної швидкості на 25%, скорочення обігу порожнього вантажного вагону не перевищує 5%. Економічна ефективність від впровадження розроблених моделей дозволить отримати в умовах Південної залізниці економію витрат у розмірі 1088948,47 грн на рік.

Запропонований комплекс моделей реалізовано в інтеграції до автоматизованого робочого місця (АРМ) диспетчера–вагонорозподілювача (ДНЦВ) та АРМ поїзного диспетчера (ДНЦ).

Ключові слова: оперативний план, порожні вагонопотоки, прогнозування, нейронна мережа, генетичний алгоритм, нечітка логіка, система підтримки прийняття рішення, моделювання.

АННОТАЦИЯ

Рыбальченко Л.И. Совершенствование технологии развоза порожних вагонопотоков на основе использования гибридных интеллектуальных систем. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.01 - транспортные системы. - Украинская государственная академия железнодорожного транспорта МОН Украины, Харьков, 2013.

Диссертация посвящена решению научно-прикладной задачи усовершенствования технологии распределения порожних вагонопотоков на основе использования гибридных интеллектуальных систем. С этой целью на основе системного подхода сформированы модели процесса работы оперативного персонала при планировании и продвижении порожних вагонопотоков на железнодорожных полигонах.

Разработанная математическая модель прогнозирования объемов погрузки со способностью адаптации к изменяющимся условиям оперативной обстановки характеризуется сравнительной простотой реализации и эффективностью при функционировании в реальных условиях. В ее основу положены принципы самообучения на базе искусственной нейронной сети. Результаты работы модели используются в дальнейшем при распределении порожних вагонов между станциями. При проведении моделирования выявлено, что вероятность распределения разницы прогнозных значений и имеющихся подлежит нормальному закону распределения, то есть разработанная модель адекватна. Также модель проверялась на адекватность на основе F -теста с помощью критерия Фишера, точность модели была проверена на основе такого показателя качества прогноза, как средняя абсолютная процентная ошибка (МАРЕ), которая не превысила 10%, что достаточно для точности вида таких моделей.

Формализован процесс управления развозом порожних вагонов между станциями железнодорожного полигона с помощью оптимизационной модели, которая базируется на основе генетического алгоритма и обеспечивает рациональное использование технических ресурсов за счет учета расходов на перемещение и на ожидание подачи под погрузку. А также ее использование позволяет минимизировать штрафы железных дорог из-за несвоевременной подачи вагонов. Преимуществом модели является относительная скорость предоставления рационального решения, несмотря на большое количество условий и факторов и способность к адаптации, что очень важно для поставленной задачи.

Также в работе формализована процедура выбора категории поездов, в составе которых должны следовать вагоны к станции погрузки, на базе нечеткой ситуационной сети, которая учитывает значительное количество важных показателей (количество порожних вагонов, количество путей, расстояние между станциями, расходы на маневровую работу, срок подачи вагонов) и позволяет в условиях нечеткости информации принять во внимание все факторы, влияющие на выбор категории поезда. При интеграции на АРМ ДНЦ позволяет получить обоснованные решения задачи с учетом минимизации затрат и с предотвращением негативного влияния человеческого фактора на принятие решения.

В результате моделирования было выявлено, что применение разработанной технологии обеспечивает возможность высвобождения в пределах 10% рабочего парка порожних грузовых вагонов, а также сокращение простоя вагонов на станциях в среднем на 26%, снижение порожнего пробега вагонов около 38%, увеличение участковой скорости на 25%, при этом сокращение оборота порожнего грузового вагона не превышает 5%. Экономическая эффективность от внедрения разработанных моделей позволит получить в условиях ЮЖД экономию затрат в

размере 1088948,47 грн в год. Предложенный комплекс моделей реализован в интеграции в автоматизированные рабочие места (АРМ) диспетчера-вагонораспределителя (ДНЦВ) и АРМ поездного диспетчера (ДНЦ).

Ключевые слова: оперативный план, порожние вагонопотоки, прогнозирование, нейронная сеть, генетический алгоритм, нечеткая логика, система поддержки принятия решения, моделирование.

THE SUMMARY

Rybal'chenko LI Improving the technology of distribution of empty wagon traffic through the use of hybrid intelligent systems. – Manuscript.

Dissertation for the degree of candidate of technical sciences, specialty 05.22.01 - transportation systems. – Ukrainian State Academy of Railway Transport MES of Ukraine, Kharkov, 2013.

Thesis deals with the science and application of technology to improve the distribution of tasks empty of traffic volumes through the use of hybrid intelligent systems. For this purpose, on the basis of a systematic approach, formed the model of the process of operating personnel in the planning and promotion of empty wagon traffic on the railway sites. Namely: a mathematical model for forecasting the volume of the load, which is based on the method of neural networks, which allow to obtain reliable results on the actual number of empty wagons needed by clients railways optimization model of distribution of empty cars between stations on the basis of the genetic algorithm, which will carry out the distribution of with the optimal amount of expenditure for railways; fuzzy optimization model with elements of artificial intelligence, which allows us to provide train dispatcher informed decisions on the choice of train categories in which structure should follow the cars to the loading station, taking into account all the factors influencing the decisions and with the exception of subjectivism . This allows the release of up to 10% of the working fleet of empty freight cars, as well as the reduction of demurrage at the stations by an average of 26%, reducing empty mileage cars is about 38%, increase the speed of the precinct by 25%, reducing the turnover of empty freight car does not exceed 5 %. The cost effectiveness of implementation of the developed models will get under JZ cost savings of \$ 1,088,948.47 UAH. year. The proposed model is implemented in a complex integration into automated workplace (AWP) Manager - vagonoraspredeletelya (DNTSV) and APM train dispatcher (DSC).

Keywords: operational plan, empty wagon flow forecasting, neural networks, genetic algorithms, fuzzy logic, decision support system, modeling.

РИБАЛЬЧЕНКО ЛІЛІЯ ІГОРІВНА

УДК 656.223.2.001.18

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗВЕЗЕННЯ ПОРОЖНЬОГО
ВАГОНОПОТОКУ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ ГІБРИДНИХ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ СИСТЕМ**

05.22.01 – транспортні системи

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня

кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск

к.т.н., доц. Долгополов П.В.

Підписано до друку « 30 » 10_2013 р.
Формат паперу 60x84 1/16 . Папір офсетний
Умовн.-рук.арк. 0,7. Обл.-вид.арк. 0,9.
Замовлення № 485 . Тираж 100 прим.

Видавництво УкрДАЗТу, свідоцтво ДК № 2874 від 12.06.2007 р.
Друкарня УкрДАЗТу: 61050 , м. Харків, майдан Фейєрбаха, 7.