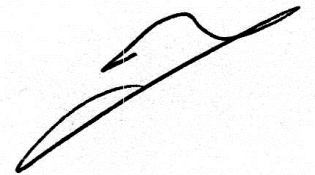


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ
УНІВЕРСИТЕТ

ЧЕРЕПАХА ОЛЕКСАНДР СЕРГІЙОВИЧ



УДК 656.073

**ФОРМУВАННЯ ВІРТУАЛЬНОЇ СИСТЕМИ
УПРАВЛІННЯ ПРОЦЕСАМИ ДОСТАВКИ ТОВАРІВ
НАРОДНОГО СПОЖИВАННЯ У ВЕЛИКИХ МІСТАХ**

Спеціальність 05.22.01 – транспортні системи

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2016

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському національному автомобільно-дорожньому університеті Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Нагорний Євген Васильович,
Харківський національний автомобільно-дорожній
університет, завідувач
кафедри транспортних технологій.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Лаврухін Олександр Валерійович,
Український державний університет залізничного тран-
спорту, завідувач кафедри «Управління вантажною та
комерційною роботою»;

кандидат технічних наук, доцент
Кузькін Олексій Феліксович,
Запорізький національний технічний університет,
доцент кафедри транспортних технологій.

Захист відбудеться «21» вересня 2016 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні спеці-
алізованої вченої ради Д 64.059.02 при Харківському національному автомобі-
льно-дорожньому університеті за адресою: 61002, м. Харків,
вул. Петровського, 25.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Харківського національ-
ного автомобільно-дорожнього університету за адресою: 61002,
м. Харків, вул. Петровського, 25.

Автореферат розісланий «19» серпня 2016 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради



В.М. Павленко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. На сучасному етапі одним з визначальних чинників конкурентоспроможності підприємства стає налагодження ефективної системи обслуговування споживачів. Сьогодні підприємства, які конкурують виключно на підставі технічних характеристик товару, раніше чи пізніше опиняються в не вигідній для себе ситуації у порівнянні з фірмами, які зміцнюють свою ринкову позицію, підвищуючи якість обслуговування вантажовласників і перевізників. У цьому процесі важлива роль належить ефективно організованому комплексно - логістичному обслуговуванню, яке повинне впроваджуватися не тільки на рівні окремого підприємства, а й бути процесом, який об'єднує всіх учасників ланцюга поставок.

Питаннями ефективного управління при плануванні і моделювання матеріальних потоків, на підставі концепції логістичних ланцюгів поставок відображено в роботах Дж. Шапіро, Д. Уотерса Д. Бауерсокс, М. Ліндерс, Ф. Джонсон, Р. Хендфіла.

У той же час, в роботах згаданих вчених не в повній мірі розкриті питання формування системи обслуговування, зокрема, логістичної. На практиці виникає необхідність створення і вдосконалення систем, які більш результативно реагують на швидку зміну ринкового оточення і відповідають вимогам клієнтів щодо надійності, гнучкості і зручності логістичного обслуговування.

Актуальність описаних вище проблем вдосконалення системи логістичного обслуговування роздрібної мережі в ланцюзі постачань і розширення діапазону наукового пошуку в цій найважливішій сфері доставки товарів народного споживання (ТНС) стали для вибору теми дисертаційного дослідження.

Зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Дослідження є складовою теми науково – дослідної роботи «Розробка інформаційної системи підтримки прийняття рішень при управлінні процесами транспортного обслуговування» (реєстраційний номер 0113U000176). Тема дисертаційного дослідження відповідає «Транспортній стратегії України на період до 2020 року», затвердженою рішенням № 2174-р Кабінету міністрів України від 20.10.2010 р.

Мета та задачі дослідження. Метою даного дослідження є підвищення ефективності доставки ТНС за рахунок використання віртуальної системи управління процесами доставки ТНС у великих містах.

Для досягнення поставленої мети в дисертаційній роботі необхідно вирішити наступні задачі:

- провести аналіз теоретичних і практичних розробок щодо систем управління процесами доставки ТНС у великих містах;
- розробити структурну схему віртуальної системи управління процесами доставки ТНС у великих містах;

- розробити підсистему для збору інформації про параметри вантажопотоків у великих містах на базі клієнт-серверної системи управління базами даних (СУБД);
- розробити нейронну модель оперативного прогнозування параметрів вантажопотоків у великих містах;
- обґрунтувати критерій ефективності для формування віртуальних маршрутів доставки ТНС у великих містах;
- розробити методику формування віртуальних маршрутів доставки ТНС у великих містах в умовах стохастичного попиту на транспортні послуги;
- побудувати алгоритм вирішення задачі формування віртуальних маршрутів доставки ТНС в умовах динамічно змінюваних параметрів попиту;
- розробити імітаційну модель процесу доставки ТНС в умовах великого міста за рахунок використання сформованих віртуальних маршрутів;
- оцінити ефективність використання віртуальних маршрутів доставки ТНС у великих містах.

Об'єктом дослідження є процес доставки товарів народного споживання у великих містах.

Предметом дослідження є вплив функціонування віртуальної системи управління процесами доставки на ефективність перевезень товарів народного споживання у великих містах.

Методи дослідження. Для формалізації об'єкта дослідження застосовані методи математичного моделювання і системний підхід. Для прогнозування параметрів вантажопотоків ТНС у великих містах використані методи моделювання на підставі нейронних мереж. Для обґрунтування законів розподілу параметрів потоку заявок на доставку ТНС у великих містах використані методи математичної статистики. Моделювання процесів обслуговування клієнтури транспортних підприємств, а також реалізація алгоритму формування віртуальних маршрутів доставки здійснені на підставі принципів об'єктно-орієнтованого підходу. З метою визначення залежності критерію ефективності від параметрів потоку заявок на доставку ТНС у великих містах застосовані методи регресійного аналізу.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у запропонованому підході до підвищення ефективності процесу доставки ТНС у великих містах за рахунок формування віртуальних маршрутів в умовах стохастичного попиту на доставку вантажів.

Вперше запропоновано підхід до формування раціональних віртуальних маршрутів доставки вантажів, який, на відміну від існуючих, дозволяє визначати траси маршрутів в поточному режимі для стохастичних параметрів попиту на доставку.

Удосконалений метод прогнозування параметрів вантажопотоків на доставку вантажів в умовах великого міста, заснований на використанні нейронних мереж, за рахунок розробки такої структури нейронної мережі, що дозволяє врахувати періодичний характер попиту на доставку вантажів.

Отримав подальший розвиток підхід до формування інформаційної системи збору даних про параметри вантажопотоків, заснований на використанні клієнт-серверних СУБД, за рахунок нормалізації структури бази даних про параметри вантажопотоків шляхом виділення окремих таблиць, що містять атрибути-характеристики клієнтів і заявок.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблена віртуальна система управління процесами доставки товарів народного споживання у містах дозволяє:

- прийняти та обробити інформацію о параметрах вантажопотоку;
- виконувати прогнозування параметрів вантажопотоку для оперативного планування процесу доставки вантажів;
- розробляти віртуальні маршрути перевезень ТНС з урахуванням часу виконання замовлення, ефективності розроблених маршрутів, а також з урахуванням вантажності транспортних засобів, які використовуються для перевезення;
- використовувати запропоновані методи збору інформації про параметри вантажопотоку у великих містах під час прогнозування параметрів попиту ТНС, розробки віртуальних маршрутів доставки ТНС у торгівельну мережу.

Основні результати дослідження використовуються:

- у ТОВ «С-Транс» при прогнозуванні параметрів попиту на молочні вироби в м. Харків;
- у ТОВ «С-Транс» в м. Харків при доставці молочних виробів;
- у ХНАДУ при організації навчального процесу студентів факультету транспортних систем за спеціальністю 275 «Транспортні технології» (автомобільний транспорт) з дисципліни «Інтегровані логістичні системи».

Особистий внесок здобувача. Основні результати наукових досліджень отримані автором особисто і наведено в роботах [1-12]. У наукових роботах, які опубліковані у співавторстві, особистий вклад здобувача полягає в наступному: в роботі [1] автором запропонований критерій визначення оптимальності схем доставки ТНС; в статті [2] запропонована сучасна структура інформаційно – керуючої моделі для підтримки прийняття рішень суб'єктами транспортних ринків; в роботі [3] запропонована методика формування віртуальних маршрутів по доставці товарів народного споживання в міських умовах, використовуючи гібридний алгоритм; розроблена структура функціонування віртуальної системи управління процесами доставки ТНС у містах [4]; в статті [5] запропонована методика рішення задачі збору інформації про параметри вантажопотоків у великих містах; розроблені теоретичні основи для побудови нейромережевої моделі прогнозування параметрів вантажопотоку у містах [6, 7]; в роботі [8] розроблена програма для визначення прогнозних значень попиту на перевезення вантажів в межах міста; в роботі [9] розроблена програма для формування маршрутів доставки вантажів в умовах стохастичного попиту; в роботі [10] автор провів обґрунтування вибору СУБД; в роботі [11] обґрунтований критерій ефективності формування маршрутів доставки ТНС у

великих містах; в роботі [12] запропонована модель штучного нейрону для прогнозування значень параметра вантажопотоку на заданий день тижня.

Апробація результатів дисертації. Основні положення та результати дисертаційного дослідження доповідались, обговорювались та отримали позитивну оцінку на:

– 74–79-й науково-технічних конференціях та науково-методичних семінарах ХНАДУ (м. Харків, 2010–2015 рр.);

– 7,8-й всеукраїнській науково-практичній конференції студентів та аспірантів «Підвищення надійності машин і обладнання» (м. Кіровоград, 2013–2014 р.);

– 76-й міжнародній науково-технічній конференції «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті» (УкрДАЗТ, м. Харків, 2014 р.);

– 12-й міжнародній науково-технічній конференції «Організація дорожнього руху та перевезення пасажирів і вантажів» (БНТУ, м. Мінськ, 2014 р.);

– 6-й міжнародній науково-технічній конференції «Проблеми розвитку транспортних систем і логістики» (Східноукраїнський університет ім. В. Даля, КНУ ім. М. Остроградського, Сєверодонецьк-Кременчук, 2015 р.);

– наукових семінарах кафедри транспортних технологій ХНАДУ (м. Харків, 2013–2015р.);

Дисертаційна робота в повному обсязі доповідалась на міжкафедральному науковому семінарі кафедр транспортних технологій, організації і безпеки дорожнього руху та транспортних систем і логістики ХНАДУ (м. Харків, 2015 р.).

Публікації. За матеріалами дисертаційної роботи опубліковано 12 наукових праць, з яких – 5 статей в спеціальних наукових виданнях, що входять до переліку МОН України, 4 статті – у виданнях, що входять до міжнародних науково-метричних баз, 3 репрезентовано в електронному вигляді, 1 у закордонному виданні, 4 тези у збірниках матеріалів конференції, отримано 2 авторських свідоцтва.

Структура і обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Повний обсяг роботи становить 208 сторінок, 21 рисунок, 15 таблиць, список використаних джерел із 93 найменувань на 10 сторінках, 5 додатків на 46 сторінках

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність проблеми, визначено мету і основні задачі дослідження. Сформульовано наукову новизну і методи дослідження, визначено практичне значення результатів дослідження.

У **першому розділі** наведені результати дослідження розвитку систем управління процесами доставки вантажів в Україні та за кордоном. Питаннями ефективного управління, планування та моделювання матеріальних потоків, на підставі концепції логістичних ланцюгів постачань відображено в роботах

Дж. Шапиро, Д. Уотерса, Д. Бауерсокса, М. Ліндерс, Ф. Джонсон, Р. Хендфіла. Аспекти логістичних процесів також відображені у багатьох наукових працях вітчизняних і зарубіжних авторів, серед яких слід виділити О.І. Авена, Б.О. Анікіна, М.М. Биченко, Б.Ф. Брагіна, А.І. Воркута, М.П. Гордона, В.І. Гриценко, Г.П. Гриневича, В.К. Губенко, В.М. Дегтяренко, А.А. Колобова, Є.В. Крикавського, С.Є. Ловецького, В.В. Литвинова, О.Б. Малікова, Л.Б. Миротина, В.Є. Ніколайчука, А.Н. Родникової, А.А. Сміхова, Ю.М. Цветова, Р.Н. Ballou, Д. Бауэрсокса, Д. Клосса, Ф. Джонсон, М. Ліндерса, J. Magee, та інших.

Аналіз існуючих теоретичних підходів до систем управління процесами доставки ТНС у великих містах показав, що методики потребують подальшого розвитку із застосуванням сучасних логістичних принципів, які б в повному ступені відповідали ситуації, що склалася на ринку транспортних послуг з доставки ТНС в містах.

Аналіз практики функціонування вітчизняних і зарубіжних систем доставки вантажів з використанням віртуальних підприємств і їх аналогів показав, що дана організаційна форма підприємства має досить широку галузь застосування. Однак, при проектуванні даних систем логісти-практики стикаються з низкою проблем, при виборі транспортних засобів, перевізника, закріпленням перевізників за відповідною зоною обслуговування для забезпечення високого значення коефіцієнта використання пробігу і проектуванням маршрутної мережі в районі обслуговування.

У **другому розділі** представлена методологія розробки віртуальної системи управління процесами доставки ТНС у великих містах (рис. 1). Запропонована структурна схема віртуальної системи управління процесами доставки ТНС дозволяє здійснювати організацію доставки ТНС в режимі реального часу з максимальним рівнем обслуговування.

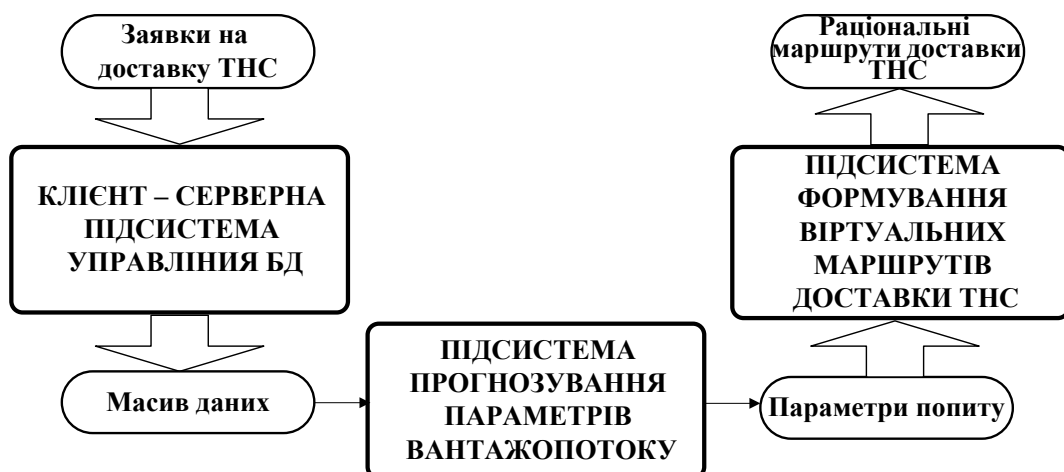


Рисунок 1 – Структурна схема віртуальної системи управління процесами доставки ТНС у великих містах

Розроблена схема заснована на роботі трьох підсистем: збору інформації про параметри вантажопотоку, прогнозування параметрів попиту, формування

віртуальних маршрутів (ВМ) доставки ТНС, що дозволяє задовольнити вимоги власника вантажу при доставці ТНС, ґрунтуючись на принципі організації в реальному часі.

Для вирішення завдання збору вихідних даних про параметри вантажопотоків у великих містах найбільш правильним з точки зору практичної реалізації і подальшого розвитку системи обслуговування вантажовласників є варіант розробки спеціалізованої інформаційної системи з відкритим кодом. Запропонована клієнт – серверна підсистема управління БД, що описує параметри вантажопотоків, і її реалізація у вигляді системи збору інформації, дозволяють отримати швидкий доступ до даних для їх аналізу і подальшої розробки організаційно-технологічних заходів щодо вдосконалення процесів обслуговування вантажовласників.

Клієнт – серверна підсистема збору інформації про параметри вантажопотоків розроблена з використанням сучасної скриптової мови програмування PHP. Дана мова програмування, в безлічі випадків, застосовується для розробки веб-додатків і веб-сайтів, що дозволяє власнику вантажу розмістити заявку на доставку ТНС використовуючи мережу Інтернет. Розрахункові модулі розробленої системи збору інформації про параметри вантажопотоків у великих містах, та їх програмна реалізація здійснена в середовищі EasyPHP DevServer.

Останнім часом одним з найбільш поширених інноваційних підходів до прогнозування вважається визначення прогнозних значень на базі моделей нейронних мереж. Аналіз визначення основних переваг нейронних мереж, як інструмент прогнозування попиту на перевезення вантажів показав, що:

- нейронні мережі є потужним методом моделювання, що дозволяє відтворювати надзвичайно складні залежності;
- нейронні мережі здатні успішно вирішувати завдання, спираючись на неповну, викривлену, зашумлену і внутрішньо суперечливу вхідну інформацію;
- найбільш цінною властивістю нейронних мереж є здатність навчатися на безлічі прикладів в тих випадках, коли невідомі закономірності розвитку ситуації, а також залежності між вхідними та вихідними даними.

У математичному вираженні функціонування нейрона описується парою рівнянь:

$$u_k = \sum_{j=1}^m w_{kj} \cdot x_j ; \quad (1)$$

$$y_k = \varphi(u_k + b_k), \quad (2)$$

де m – кількість вхідних сигналів;

x_1, x_2, \dots, x_m – значення вхідних сигналів;

$w_{k1}, w_{k2}, \dots, w_{km}$ – синаптичні ваги нейрона k ;

u_k – лінійна комбінація вхідних впливів;

b_k – значення порогового елемента;

y_k – вихідний сигнал нейрона;

$\varphi(\cdot)$ – функція активації.

Однією з основних особливостей вантажопотоків в містах є їх сезонність, що відбивається в значеннях чисельних параметрів вантажопотоків, представлених у формі ряду. Сезонність є відображенням властивостей циклічності функціонування транспортних систем міст, для опису якої використовується поняття тимчасового лага – періоду часу між подіями, що знаходяться в причинно-наслідковому зв'язку. Величина тимчасового лага при прогнозуванні параметрів вантажопотоків відображає сезонність різного порядку: лаг величиною в 24 години характеризує добові коливання параметрів вантажопотоків, лаг в 7 днів – тижневі коливання, 30 днів – місячні коливання і т.д.

На (рис. 2) представлений загальний вигляд моделі штучного нейрона для прогнозування параметрів вантажопотоків. До її складу входять значення вхідних сигналів, вагові коефіцієнти, пороговий елемент, суматор і функція активації.

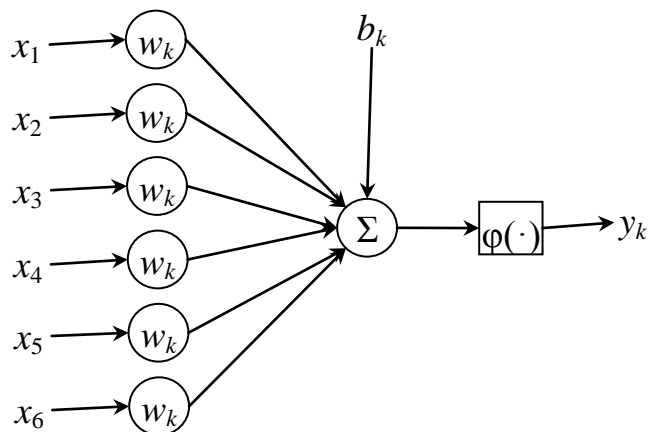


Рисунок 2 – Модель штучного нейрона для прогнозування значення параметра вантажопотоку на заданий день тижня(лаг $T_l = 7$ днів)

Аналіз літературних джерел дозволив дійти висновку, що найбільш поширеною функцією, яку використовують для створення штучних нейронних мереж, є сигмоїдальна активаційна функція.

Як варіант сигмоїдальної функції, прийнятої при розробці моделі нейрона для прогнозування параметрів вантажопотоку, використана логістична функція

$$y'_k = \frac{1}{1 + \exp(-a_k \cdot v_k)} \quad (3)$$

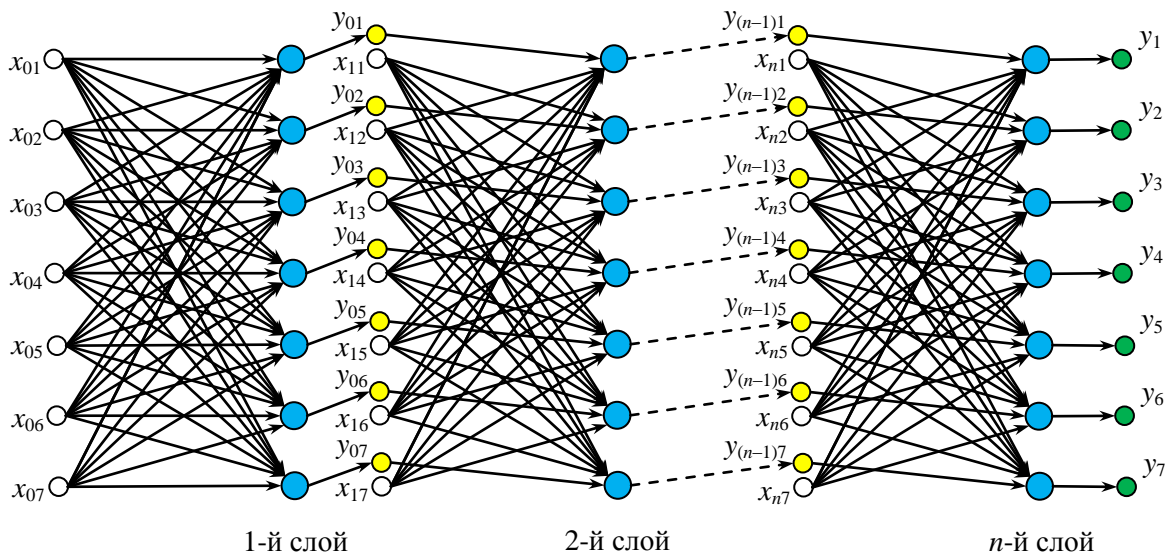
Параметр функції активації

$$a_k = \frac{1}{v_k} \cdot \ln \frac{y'_k}{1 - y'_k}. \quad (4)$$

Аргумент функції активації

$$v_k = b'_k + \frac{1}{y'_k} \sum_{j=1}^m (x'_j)^2. \quad (5)$$

Для моделі штучного нейрона, описаного на рис. 2, об'єднання нейронів в мережу пропонується здійснювати за принципом, представленим на рис. 3.



Рисунк 3 – Загальний вигляд нейронної мережі для прогнозування значень параметра вантажопотоку(лаг $T_l = 7$ днів)

Оскільки функція активації має область значень $(0, 1)$, то при ініціалізації нейронів x_j , y_k і b_k попередньо значення кодується, щоб їх значення перебували в інтервалі між 0 і 1 використовуючи коефіцієнт масштабування

$$x'_j = \frac{x_j}{M_k}, j = 1 \dots m, \quad (6)$$

$$y'_k = \frac{y_k}{M_k}, b'_k = \frac{b_k}{M_k}, \quad (7)$$

де x'_j , y'_k , b'_k – кодовані значення вхідного сигналу, вихідного сигналу, а також значення порогового елемента нейрона відповідно;

M_k – коефіцієнт масштабування для нейрона k .

Коефіцієнт масштабування

$$M_k = 1 + \max(\max_{j=1 \dots m} x_j, y_k, b_k). \quad (8)$$

На підставі значень аргументу і параметрів функції активації визначається параметр нахилу функції активації, який в сукупності зі значеннями вагових коефіцієнтів синаптичних зв'язків дозволяє описати перетворення вхідних сигналів у вихідний сигнал.

$$y_k = \frac{M_k}{1 + \exp \left[-a_k'' \cdot \left(b_k' + \sum_{j=1}^m w_{kj}'' \cdot x_j' \right) \right]}, \quad (9)$$

де w_{kj}'' – значення ваги j -го синапсу k -го нейрона після процедури навчання;

a_k'' – параметр нахилу для функції активації k -го нейрона після процедури навчання.

Для реалізації запропонованої моделі прогнозування в середовищі EasyPHP DevServer розроблені класи `neuron`, які дозволяють реалізувати окремий нейрон, і `neuronet`, що описує нейронну мережу.

Запропонована структура нейронної мережі прогнозування параметрів вантажопотоків в умовах великого міста дозволяє враховувати періодичний характер попиту на доставку ТНС. Модель реалізована у вигляді модуля інформаційної системи, яка характеризується високою швидкістю і дозволяє досягти точності прогнозу в 10^{-3} за рахунок проведення 4–7 циклів навчання.

З метою обґрунтування критерію ефективності для формування маршрутів доставки, на підставі аналізу існуючих критеріїв зроблено висновок, що існуючі підходи в більшості випадків враховують інтереси лиш одного суб'єкта транспортного ринку і застосовні в умовах детермінованих характеристик попиту. При базі даних, що динамічно змінюється, в якості критерію пропонується використовувати R_c (рівень обслуговування) (рис. 4).

В якості порівняльного критерію ефективності для побудови маршруту пропонується використовувати γ_d – динамічний коефіцієнт вантажопідйомності, оскільки він дозволяє врахувати як рівень використання вантажопідйомності, так й просторовий аспект.

Показник якості обслуговування характеризується рівнем обслуговування вантажовласника

$$R_c = \frac{n_{\text{обсл}}}{n_{\Sigma}} \rightarrow 1, \quad (10)$$

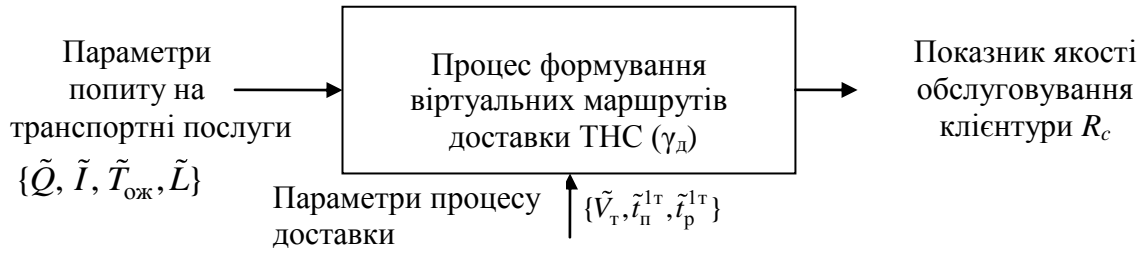
де R_c – рівень обслуговування вантажовласників;

$n_{\text{обсл}}$ – кількість обслужених заявок, од;

n_{Σ} – загальна кількість заявок в потоці, од.

Таким чином, завдання формування маршрутів доставки товарів народного споживання можна сформулювати як визначення в процесі обслуговування

клієнтури такої сукупності маршрутів S_p , для якої значення рівня обслуговування вантажовласників буде оптимальним $R_c \rightarrow 1$.



\tilde{Q} – випадкова величина обсягу партії вантажу, т;

\tilde{I} – випадкова величина інтервалу надходження заявок, год;

$\tilde{T}_{ож}$ – випадкова величина граничного часу очікування виконання заявки, год;

\tilde{L} – випадкова величина відстані доставки для вхідного потоку заявок, км;

$\tilde{t}_п^{1т}, \tilde{t}_р^{1т}$ – випадкова величина часу навантаження і розвантаження 1 т, год;

$\tilde{V}_т$ – випадкова величина технічної швидкості, км/год

Рисунок 4 – Кібернетична модель процесу формування маршрутів доставки товарів народного споживання

При вирішенні завдання в приведеному формулюванні необхідно враховувати такі обмеження:

1) обмеження за часом виконання заявок: для заявок, сформованих в маршрут, інтервал їх надходження не повинен перевищувати допустимий час очікування заявки, що надійшла раніше

$$t_{оч}^{(1)} \geq t_{п}^{(2)} - t_{п}^{(1)}, \quad (11)$$

де $t_{п}^{(1)}, t_{п}^{(2)}$ – час надходження заявки на доставку від FO_1 до FO_2 і від FO_3 до FO_4 відповідно, год;

$t_{оч}^{(1)}$ – допустимий час очікування початку обслуговування для заявки на доставку від FO_1 к FO_2 , год;

2) обмеження по ефективності маршрутів доставки: критерієм прийняття рішення про доцільність формування маршруту доставки в момент часу t є виконання для сформованої сукупності заявок нерівності

$$\gamma_d^t \geq \gamma_d^*, \quad (12)$$

де γ_d^t – значення динамічного коефіцієнта використання вантажо-підйомності для сукупності заявок, сформованих в маршрут;

γ_d^* – прийняте мінімально допустиме значення динамічного коефіцієнта використання вантажопідйомності (дане значення визначається співвідношенням ринкових тарифів і собівартості транспортного обслуговування);

3) обмеження за обсягом партії вантажів: для доставки ТНС використовуються автомобілі, вантажопідйомність яких має значення, не менш, ніж максимально можливе значення партії відправки; у разі, якщо обсяг партії відправки перевищує значення вантажопідйомності, така партія розглядається як дві або більше відправок зі значеннями обсягу партії, що не перевищують вантажопідйомність автомобіля

$$q_n \geq q_r. \quad (13)$$

Задачу формування маршрутів доставки ТНС у великих містах пропонується вирішувати як завдання максимізації прийнятого критерію ефективності – рівня обслуговування клієнтури. При цьому необхідно враховувати обмеження по необхідному часу виконання заявок, по ефективності сформованих маршрутів доставки, а також по вантажопідйомності транспортних засобів, що використовуються при доставці ТНС.

У **третьому розділі** надане формування віртуальних маршрутів доставки товарів народного споживання у великих містах.

В якості порівняльного критерію ефективності для побудови маршруту пропонується використовувати динамічний коефіцієнт використання вантажопідйомності, оскільки він дозволяє врахувати як рівень використання вантажності, так й просторовий аспект.

$$\gamma_d = \frac{\sum_{i=1}^{n_c} q_{\phi i} \cdot l_i}{q_n \cdot \sum_{i=1}^{n_c} l_i} = \frac{\sum_{i=1}^{n_c} \frac{q_{\phi i}}{q_n} \cdot l_i}{\sum_{i=1}^{n_c} l_i} = \frac{\sum_{i=1}^{n_c} \gamma_{ci} \cdot l_i}{\sum_{i=1}^{n_c} l_i}, \quad (14)$$

де γ_{ci} – статичний коефіцієнт використання вантажопідйомності для i -го сегмента маршруту;

$q_{\phi i}$ – маса вантажу в кузові автомобіля для i -го сегмента, т.;

l_i – довжина i -го сегмента маршруту, км.;

q_n – номінальна вантажність автомобіля, т.

Розроблений алгоритм формування маршрутів доставки ТНС в умовах динамічно змінної бази заявок (рис. 5) можна описати представленою блок – схемою, з якої видно, що в якості вхідної інформації приймається заявка на транспортне обслуговування, після чого проводиться процедура пошуку пари для заявки, яка знову надійшла на підставі γ_d ; в разі знаходження пари формується маршрут, в іншому випадку знижується значення γ_d і пошук пари триває.

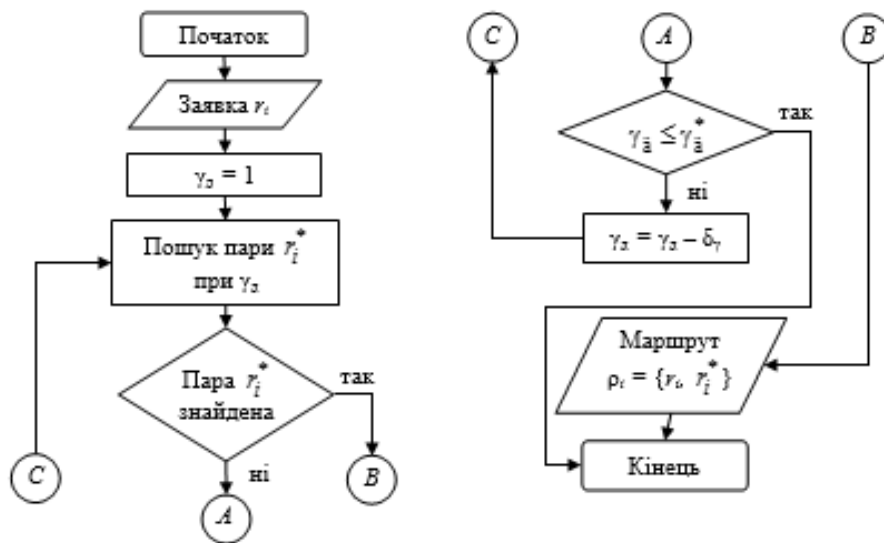


Рисунок 5 – Алгоритм методики формування маршрутів доставки ТНС в умовах бази заявок, що динамічно змінюються

У **четвертому розділі** дисертаційної роботи проведено оцінку відтворюваності експериментальних досліджень, розроблені регресійні моделі, розраховане значення абсолютного і відносного економічного ефекту при запропонованих варіантах обслуговування.

Для проведення експериментальних досліджень проведено збір даних на параметри доставки проводився у ТОВ «С-Транс». Замовниками молочної продукції є роздрібні магазини і супермаркети м. Харкова. Аналіз сформованої бази даних інформаційної системи дозволив виявити 171 замовника. На базі даного полігону проведено повнофакторний імітаційний експеримент на 64 серії для 3-х варіантів обслуговування: кільцювання (підхід при формуванні віртуальних маршрутів з обслуговування потоку заявок з використанням БД, що динамічно змінюється, розвізного (базовий варіант формування віртуальних маршрутів по обслуговуванню потоку заявок з використанням методу Кларка-Райта) і змішаного (варіант формування маршрутів, при якому обслуговування потоку заявок здійснюється по розвізним маршрутам; для відхилених заявок обслуговування здійснюється за запропонованим підходом кільцювання).

Проведений експеримент з визначення залежності рівня обслуговування на доставку ТНС у великих містах від чисельних характеристик параметрів попиту є відтворюваним, та отримані в ході аналізу результатів залежності можна вважати за коректні. Коректність результатів експерименту при цьому обумовлюється тим, що отримані дані є значущими, та будуть повторені в ході проведення експерименту з такими самими вихідними даними.

Отримані наступні регресійні моделі оцінки чисельного значення рівня обслуговування клієнтури.

За пропонуваним алгоритмом кільцювання рівень обслуговування клієнтури R_p визначається на підставі наступної моделі

$$R_p = 0,07711 \cdot \ln \lambda_I + 0,09660 \cdot \ln \mu_T. \quad (15)$$

Для варіанту обслуговування клієнтури по розвізним маршрутам рівень обслуговування R_D оцінюється відповідно до залежності

$$R_D = 0,20344 \cdot m_Q + 0,08737 \cdot \ln \lambda_I + 0,01506 \cdot \ln \mu_T. \quad (16)$$

Для змішаного варіанту обслуговування вантажовласників при доставці ТНС в умовах великого міста рівень обслуговування клієнтури розраховується з використанням наступної регресійної моделі

$$R_M = 0,13834 \cdot m_Q + 0,09971 \cdot \ln \lambda_I + 0,09120 \cdot \ln \mu_T. \quad (17)$$

Отримані регресійні моделі доцільно використовувати при оцінці чисельних значень рівня обслуговування клієнтури при відомих параметрах потоку заявок на доставку ТНС, а також для обґрунтування найбільш ефективного варіанту обслуговування в умовах стохастичного попиту.

Для кожного з параметрів попиту на доставку ТНС отримані наступні вирази з метою визначення меж областей найбільш ефективного використання технологій обслуговування.

Залежність рівня обслуговування при відношенні ризику для інтервалу надходження заявок:

$$\begin{cases} m_Q^{PD} = 0,40079 \cdot \ln \mu_T - 0,05040 \cdot \ln \lambda_I, \\ \lambda_I^{PD} = \exp[7,95205 \cdot \ln \mu_T - 19,84104 \cdot m_Q], \\ \mu_T^{PD} = \exp[2,49508 \cdot m_Q + 0,12575 \cdot \ln \lambda_I], \end{cases} \quad (18)$$

де m_Q^{PD} , λ_I^{PD} і μ_T^{PD} – межі областей найбільш ефективного використання запропонованої технології кільцювання заявок і варіанти обслуговування по розвізним маршрутам для медіани обсягу партії вантажу, відношення ризику інтервалу надходження заявок і математичного очікування граничного часу очікування відповідно, т, год⁻¹ і год (рис. 6).

Таким чином, на рис. 6 найбільш ефективним є варіант обслуговування з використанням запропонованої технології кільцювання заявок для значень відношення ризику для інтервалу надходження заявок до 0,26 год⁻¹, а для значень відношення ризику $\lambda_I > 0,26$ год⁻¹ найбільш ефективним є змішаний варіант обслуговування.

Залежність рівня обслуговування від середнього значення граничного часу очікування:

$$\begin{cases} m_Q^{PM} = 0,03900 \cdot \ln \mu_T - 0,16331 \cdot \ln \lambda_I, \\ \lambda_I^{PM} = \exp[0,23879 \cdot \ln \mu_T - 6,12322 \cdot m_Q], \\ \mu_T^{PM} = \exp[25,64293 \cdot m_Q + 4,18782 \cdot \ln \lambda_I], \end{cases} \quad (19)$$

де m_Q^{PM} , λ_I^{PM} и μ_T^{PM} – межі областей найбільш ефективного використання запропонованої технології кільцювання заявок і змішаного варіанту обслуговування для медіани обсягу партії вантажу, відношенню ризику для інтервалу надходження заявок і математичного очікування граничного часу очікування відповідно, т, год⁻¹ і год (рис. 7).

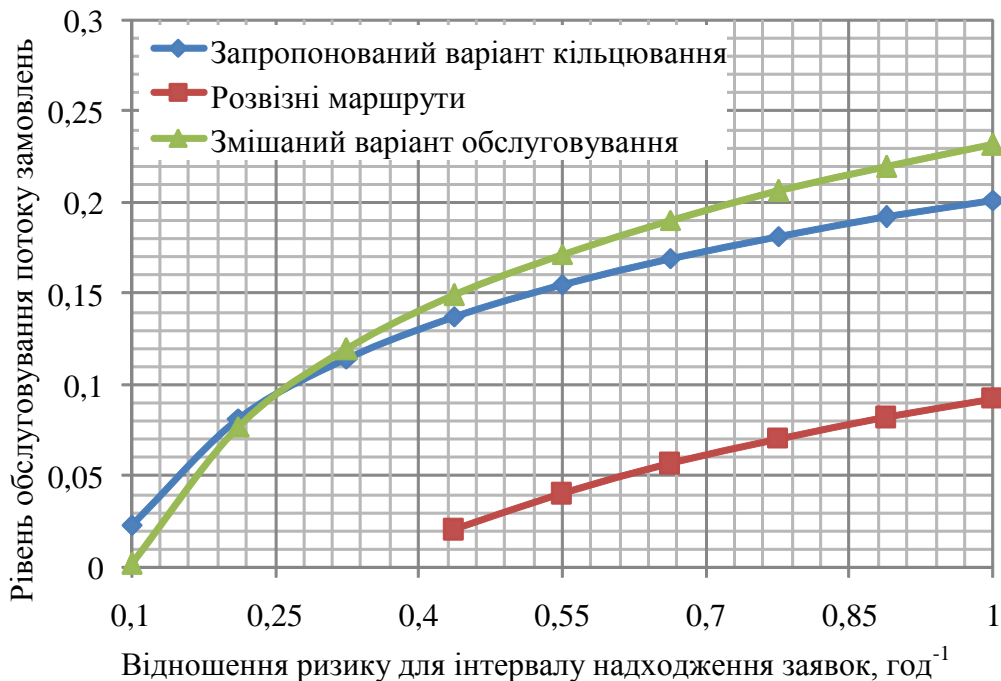


Рисунок 6 – Залежність рівня обслуговування потоку від співвідношення ризику для величини інтервалу надходження заявок ($m_Q = 0,3$ т, $\mu_T = 8$ год)

Як видно на рис. 7, найбільш ефективним варіантом обслуговування є доставка ТНС по розвізним маршрутам для середнього значення граничного часу очікування до 14,55 год, а для значень математичного очікування $\mu_T > 14,55$ год найбільш ефективним варіантом є обслуговування по змішаного варіанту.

Залежність рівня обслуговування від медіани випадкової величини обсягу партії вантажу

$$\begin{cases} m_Q^{DM} = 0,18954 \cdot \ln \mu_T - 1,16961 \cdot \ln \lambda_I, \\ \lambda_I^{DM} = \exp[5,27589 \cdot m_Q - 6,17070 \cdot \ln \mu_T], \\ \mu_T^{DM} = \exp[0,85499 \cdot m_Q - 0,16206 \cdot \ln \lambda_I], \end{cases} \quad (20)$$

де m_Q^{DM} , λ_I^{DM} и μ_T^{DM} – межі областей найбільш ефективного використання технології обслуговування потоку заявок по розвізним маршрутам і змішаного варіанту обслуговування для медіани обсягу партії вантажу, відношенням ризику для інтервалу надходження заявок і математичного очікування граничного часу очікування відповідно, т, год⁻¹ і год. Таким чином, як видно на рис. 8, при значеннях медіани обсягу партії вантажу, менших 0,35 т, найбільш ефективним варіантом обслуговування потоку заявок на доставку ТНС є запропонований варіант кільцювання; для інтервалу значень $0,35 \text{ т} \leq m_Q < 2,32 \text{ т}$ найбільш ефективним є використання змішаного варіанту обслуговування; а для значень медіани партії вантажу, великих 2,32 т, найбільш ефективною є доставка по розвізним маршрутам.

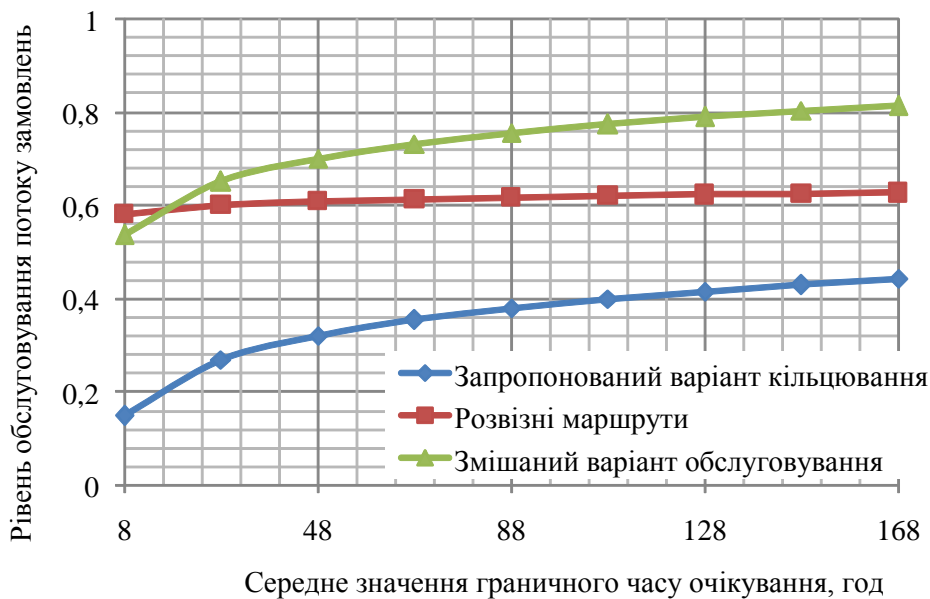


Рисунок 7 – Залежність рівня обслуговування потоку від середнього значення граничного часу очікування ($m_Q = 3,0 \text{ т}$, $\lambda_I = 0,5 \text{ ч}^{-1}$)

Проведені дослідження з оцінки областей найбільш ефективного використання альтернативних варіантів обслуговування потоку заявок на доставку ТНС в умовах великого міста дозволяють зробити висновок, що для відомих значень параметрів попиту необхідна попередня оцінка доцільності застосування запропонованої технології обслуговування. Вибір найбільш ефективного варіанту обслуговування v_{opt} при цьому проводиться наступним чином:

$$v_{opt} = \arg \max_{i \in \{P, D, M\}} R_i, \quad (21)$$

де $\{P, D, M\}$ – множина альтернативних варіантів обслуговування потоку заявок: P – варіант обслуговування за запропованою технологією кільцювання, D – варіант обслуговування з використанням розвізних маршрутів, M – змішаний варіант обслуговування;

R_i – значення рівня обслуговування для i -го варіанта.

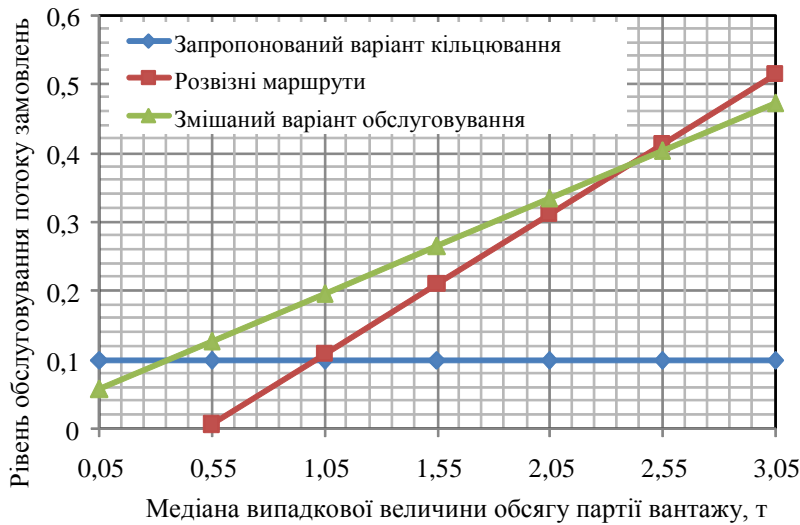


Рисунок 8 – Залежність рівня обслуговування потоку від медіани величини обсягу партії вантажу ($\mu_T = 10$ ч, $\lambda_I = 0,2$ ч⁻¹)

При оцінці економічного ефекту від використання запропованої в рамках даної роботи технології кільцювання заявок пропонується в якості базового варіанту розглядати обслуговування заявок по розвізним маршрутам. З урахуванням отриманих регресійних моделей (15)–(17) абсолютний економічний ефект від використання запропонованого в даній роботі варіанту кільцювання заявок і змішаного варіанту обслуговування можна визначити на підставі відповідних виразів:

– при варіанті кільцювання:

$$E_P = T_m \cdot \lambda_I \cdot \pi_r \cdot m_Q \cdot (0,08154 \cdot \ln \mu_T - 0,01025 \cdot \ln \lambda_I - 0,20344 \cdot m_Q); \quad (22)$$

– при змішаному варіанті обслуговування:

$$E_M = T_m \cdot \lambda_I \cdot \pi_r \cdot m_Q \cdot (0,07614 \cdot \ln \mu_T + 0,01234 \cdot \ln \lambda_I - 0,06510 \cdot m_Q). \quad (23)$$

де T_m – кількість годин у періоді, год;

π_r – середнє значення питомого прибутку обслуговуючого транспортного підприємства, грн / т.

Найбільш ефективним варіантом обслуговування потоку заявок на доставку продукції ТОВ «С – Транс» в м. Харків є використання розробленої технології кільцювання заявок. При цьому відносний ефект від використання запропонованої технології обслуговування дорівнює 4,43, а абсолютне значення економічного ефекту складає 2590 грн/міс.

ВИСНОВКИ

1. В результаті аналізу літературних та інтернет-джерел встановлено, що в даний час системи управління процесами доставки товарів народного споживання у великих містах не відповідають вимогам комерційного ринку доставки і потребують подальшого розвитку із застосуванням сучасних логістичних принципів. Доведено доцільність використання нової моделі системи доставки, яка буде спрямована на підвищення рівня обслуговування вантажовласників при здійсненні доставки ТНС в торгівлю мережу.

2. Запропонована структурна схема віртуальної системи управління процесами доставки ТНС, яка дозволяє здійснювати організацію доставки ТНС в режимі реального часу, з максимальним рівнем обслуговування. Розроблена схема заснована на роботі трьох підсистем: збору інформації про параметри вантажопотоку, прогнозування параметрів попиту, формування ВМ доставки ТНС, що дозволяє задовольнити вимоги власника вантажу при доставці ТНС, ґрунтуючись на принципі організації в реальному часі.

3. Розроблена інформаційна система збору даних про параметри вантажопотоків заснована на використанні клієнт-серверних систем управління базами даних СУБД за рахунок нормалізації структури бази даних про параметри вантажопотоків, які задаються як значення глобальних змінних в модулі.

4. Для прогнозування параметрів вантажопотоків у великих містах доцільно використовувати моделі на базі нейронних мереж, оскільки вони дають можливість врахувати і описати динаміку зміни прогнозних показників в процесі навчання, що забезпечує гнучкість прогнозних моделей і, як результат, – точність прогнозу. Запропонована нейромережева модель прогнозування параметрів вантажопотоків і її реалізація у вигляді модуля інформаційної системи характеризується високою швидкістю і дозволяє досягти точності прогнозу в 10^{-3} за рахунок проведення 4–7 циклів навчання.

5. Для оцінки ефективності процесу формування маршрутів доставки ТНС доцільно використовувати технологічний показник, що відображає ефективність обслуговування потоку заявок. В якості такого показника в дослідженнях процесу формування маршрутів доставки пропонується використовувати рівень обслуговування – відношення кількості обслужених замовлень до загальної кількості замовлень, що надійшли. При цьому формування маршрутів доставки ТНС слід здійснювати на підставі динамічного коефіцієнта використання вантажопідйомності як критерію порівняльної ефективності, оскільки

даний показник дозволяє комплексно оцінити не тільки використання вантажопідйомності автомобілів, а й пробігу рухомого складу.

6. Запропонована методика формування віртуальних маршрутів доставки ТНС у великих містах дозволяє вирішити задачу максимізації критерію ефективності в наведеній постановці, яка, на відміну від існуючих, дозволяє визначати траси маршрутів в поточному режимі для стохастичних параметрів попиту на доставку з урахуванням описаних обмежень і припущень.

7. Розроблений алгоритм побудови віртуальних маршрутів в умовах параметрів попиту, що динамічно змінюється є основою методики формування маршрутів. Принцип роботи якого полягає в прийомі заявки на транспортне обслуговування, після чого проводиться процедура пошуку пари для наступної заявки на підставі γ_d ; в разі знаходження пари формується маршрут, в іншому випадку знижується значення γ_d і пошук пари триває.

8. Для вирішення завдань підвищення ефективності процесу формування маршрутів доставки ТНС в умовах великого міста пропонується використовувати імітаційну модель, реалізовану на базі розробленої бібліотеки класів.

9. В результаті економічної оцінки вибору ефективного варіанту обслуговування, використовуючи заявки на доставку вантажу ТОВ «С – Транс» в м. Харків, отримано варіант кільцювання маршрутів. При цьому значення економічного ефекту складає 2590 грн/міс і є коректним для стабільного попиту на доставку молочної продукції. При зміні параметрів попиту ефективний варіант обслуговування і економічний ефект приймають інші значення.

НАУКОВІ ПРАЦІ, В ЯКИХ ОПУБЛІКОВАНІ ОСНОВНІ НАУКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Нефедов М. А. Визначення критерію оптимальності схем доставки товарів народного споживання / М. А. Нефедов, О. С. Черпаха // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – 2006. – Вып. 19. – С. 62–65.

2. Нагорный Є. В. Постановка задачи разработки модели поддержки принятия решений субъектами транспортных рынков / Є. В. Нагорный, О. С. Черпаха, Д. О. Музыльов // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2011. – №54. – С. 21–23.

3. Нагорный Е. В. Методика проектирования виртуальных маршрутов при перевозке товаров народного потребления / Е. В. Нагорный, А. С. Черпаха, Д. А. Музыльов // Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр. – 2012. – Вып. 56. – С. 151–156.

4. Нагорный Є. В. Совершенствование технологии перевозок ТНС в городах с использованием логистических принципов / Є. В. Нагорный, О. С. Черпаха, Д. О. Музыльов // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2012. – №57. – С. 44–46.

5. Нагорный Є. В. Структура інформаційної системи збору даних про параметри вантажопотоків у великих містах / Є. В. Нагорный, В. С. Наумов, О. С. Черпаха // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – 2014. – Вып. 34. – С. 74–78.

6. Нагорный Е.В. О целесообразности прогнозирования объемов перевозок товаров народного потребления на базе моделей нейронных сетей / Е.В. Нагорный, В.С. Наумов, А.С. Черепаха, А.А. Васютина // Сб. науч. тр. Белорус. нац. ун-та, 2013. – С. 3–10.

7. Нагорный Є. В. Нейромережева модель прогнозування параметрів вантажопотоку у містах / Є. В. Нагорний, В. С. Наумов, О. С. Черепаха // Вісник СНУ імені В. Даля. – 2015. – №2. – С. 145–149.

8. А. с. Програма для визначення прогнозних значень попиту на перевезення вантажів в межах міста/ Є.В. Нагорний, В.С. Наумов, О.С. Черепаха, Г.О. Васютина (Україна).–№53226.–21.01.14.

9. А. с. Програма для формування маршрутів доставки вантажів в умовах стохастичного попиту/ Є.В. Нагорний, В.С. Наумов, О.С. Черепаха, Г.О. Васютина (Україна). – №59186. – 07.04.15.

10. Черепаха О. С. Вибір СУБД для інформаційної системи збору даних про параметри вантажопотоку / О. С. Черепаха // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2014. – №143. – С. 313–314.

11. Черепаха О. С. Обґрунтування критерію ефективності для формування маршрутів доставки товарів народного споживання у великих містах [Електронний ресурс] / О. С. Черепаха // МІК «Наукова спільнота». – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.spilnota.net.ua/ua/article/id-1297/>.

12. Черепаха А. С. Разработка нейросетевой модели прогнозирования параметров грузопотоков в городах [Електронний ресурс] / А. С. Черепаха // БНТУ. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <http://rep.bntu.by/handle/data/13140>.

АНОТАЦІЯ

Черепаха О.С. Формування віртуальної системи управління процесами доставки товарів народного споживання у великих містах. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.01 – транспортні системи. – Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Міністерство освіти і науки України, Харків, 2016.

Дисертація присвячена вирішенню задачі формування віртуальної системи управління процесами доставки ТНС у великих містах.

На основі проведеного аналізу розробок в області віртуальних систем управління процесами доставки була розроблена методологія віртуальної системи обслуговування заявок при доставці ТНС у великих містах. В роботі в якості складових елементів віртуальної системи доставки пропонується використовувати три підсистеми, які вперше дозволять визначати траси маршрутів доставки вантажів в поточному режимі для стохастичних параметрів попиту на доставку, використовуючи в якості критерію ефективності рівень обслуговування. При розробки інформаційної системи збору даних о параметрах вантажопотоку отримав подальший розвиток підхід, який використовує клієнт-серверну систему управління базами даних в поточному режимі. В роботі

удосконалений метод прогнозування вантажопотоку, який оснований на використанні нейронних мереж прямого розповсюдження, враховуючи періодичний характер попиту на доставку ТНС.

Отримані результати експериментальних досліджень дозволили одержати області найбільш ефективного використання варіанту обслуговування потоку заявок на доставку.

Практичне значення отриманих результатів полягає в розробці віртуальної системи управління процесами доставки, яка використовує запропоновані методи: збору інформації про параметри вантажопотоку у великих містах, прогнозування параметрів попиту ТНС, розробці віртуальних маршрутів доставки ТНС у торгівельну мережу, що підтверджується актами впровадження у ТОВ «С-Транс» та в навчальному процесі ХНАДУ.

Ключові слова: віртуальна система доставки, параметри попиту, інформаційні системи збору даних, нейронні мережі, віртуальні маршрути.

АННОТАЦІЯ

Черпаха А.С. Формирование виртуальной системы управления процессами доставки товаров народного потребления в крупных городах. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.01 – транспортные системы. – Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Министерство образования и науки Украины, Харьков, 2016.

Диссертация посвящена решению задачи формирования виртуальной системы управления процессами доставки ТНП в крупных городах.

На основе проведенного анализа разработок в области виртуальных систем управления процессами доставки, была доказана целесообразность использования новой модели системы доставки, которая будет направлена на повышение уровня обслуживания грузовладельцев при осуществлении доставки ТНП в торговую сеть. Предложена структурная схема виртуальной системы управления процессами доставки ТНП, которая позволяет осуществлять организацию доставки ТНП в режиме реального времени с максимальным уровнем обслуживания. В работе в качестве составляющих элементов виртуальной системы доставки предлагается использовать три подсистемы, которые впервые позволят определять трассы маршрутов при доставке грузов в текущем режиме для стохастических параметров спроса на доставку, используя в качестве критерия эффективности уровень обслуживания. При разработке информационной системы сбора данных о параметрах грузопотока получил дальнейшее развитие подход, который использует клиент-серверную систему управления базами данных в текущем режиме. В работе усовершенствован метод прогнозирования грузопотока, который основан на использовании нейронных сетей прямого распространения, учитывая периодический характер спроса на доставку ТНП. Предложенная

методика формирования виртуальных маршрутов доставки ТНП в крупных городах позволяет решить задачу максимизации критерия эффективности в приведенной постановке, который, в отличие от существующих, позволяет определять трассы маршрутов в текущем режиме для стохастических параметров спроса на доставку с учетом описанных ограничений и допущений.

Полученные результаты экспериментальных исследований позволили получить области наиболее эффективного использования варианта обслуживания потока заявок на доставку.

Практическое значение полученных результатов заключается в разработке виртуальной системы управления процессами доставки, которая использует предложенные методы: сбора информации о параметрах грузопотока в больших городах, прогнозирования параметров спроса на ТНП, разработке виртуальных маршрутов доставки ТНП в торговую сеть, что подтверждается актами внедрения на ООО «С-Транс» и в учебном процессе ХНАДУ.

Ключевые слова: виртуальная система доставки, параметры спроса, информационные системы сбора данных, нейронные сети, виртуальные маршруты.

ABSTRACT

Cherepakha A. Formation of the virtual management system for delivery process of the consumer goods in large cities. – Manuscript.

Thesis to obtain the degree of candidate of technical sciences, specialty 05.22.01 – Transportation Systems. – Kharkov National Automobile and Highway University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2016.

Thesis is devoted to the task of forming a virtual management system for the consumer goods delivery in large cities.

Based on the analysis of developments in the area of the delivery process virtual management systems, the methodology has been developed for a virtual request service system in time of the consumer goods delivery in large cities. In the paper as constituent elements of virtual delivery system three subsystems are proposed to use that, for the first time, will allow determining the consumer good delivery in real time for stochastic demand parameters using the service level as an efficiency criterion. In the development of the freight flow parameters data acquisition system an approach has been further developed that uses a real time client-server database management system. In the paper the freight flow forecasting method has been improved that is based on the use of neural networks of direct distribution taking into account the periodic nature of the consumer goods delivery demand.

The results of experimental studies have provided the fields of the most effective options in servicing the delivery request flow.

The practical significance of the results is to develop the delivery process virtual management system that uses the proposed methods: information gathering on the freight flow parameters in large cities, demand parameters forecasting with respect to consumer goods, developing the virtual consumer goods delivery routes to

the trade network. This has been supported by the introduction acts in the «S-Trans» Ltd. and the educational process at the KhNADU.

Keywords: virtual delivery system, demand parameters, information data acquisition systems, neural networks, virtual routes.