

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРКАСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

БОЙКО ВОЛОДИМИР ВОЛОДИМИРОВИЧ



УДК 004: [656.1.07:656.05] (043)

**ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ЛОГІСТИЧНИХ
СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ТА БЕЗПЕКИ
РУХУ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ**

05.13.06 – інформаційні технології

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Черкаси – 2021

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі комп'ютерних наук та системного аналізу Черкаського державного технологічного університету Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент,
Підгорний Микола Володимирович,
Черкаський державний технологічний університет,
м. Черкаси, декан факультету комп'ютеризованих
технологій машинобудування і дизайну

Офіційні опоненти: **Шостак Ігор Володимирович**, доктор технічних наук, професор, професор кафедри інженерії програмного забезпечення Національного аерокосмічного університету ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут»
Барабаш Олег Володимирович, доктор технічних наук, професор, професор кафедри автоматизації проектування енергетичних процесів і систем теплоенергетичного факультету Національного технічного університету України «КПІ ім. Ігоря Сікорського», м. Київ.

Захист відбудеться “ 08 ” квітня 2021 р. о 12⁰⁰ на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 73.052.04 при Черкаському державному технологічному університеті за адресою: 18006, Черкаси, бульвар Шевченка, 460, корпус 1, конференц зала.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Черкаського державного технологічного університету за адресою: 18006, Черкаси, бульвар Шевченка, 460.

Автореферат розісланий “ 05 ” березня 2021 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 73.052.04
к.т.н., доцент



Ю. Ю. Бондаренко

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. На сучасному етапі розвитку світового суспільства відбувається зростання рівня його урбанізації – мегаполіси, що постійно збільшуються і поглинають усе нові території, вимагають залучення нових трудових людських ресурсів з оточуючих територій, що економічно занепадають. Ця проблема стосується й України. Так, згідно щорічного звіту Департаменту Організації Об'єднаних Націй з економічних та соціальних питань, рівень урбанізації в Україні станом на кінець 2020 року становить 70,1%.

У той же час, більшість населення України здійснюючи переміщення містами використовує громадський транспорт (73,2%), тоді, як лише 24,1% надають перевагу власному автотранспорту. При цьому кількість користувачів громадського транспорту поступово зростає. Більшості пасажирів громадського транспорту перевага надається саме міському пасажирському транспорту, який, на відміну від комерційного, є більш економічно вигідним, доступним для будь-яких соціальних груп населення, зручним та відносно безпечним.

Питаннями забезпечення ефективності руху та якості обслуговування пасажирів пасажирським транспортом займалися багато закордонних та вітчизняних наукових шкіл, а також окремих вчених, серед яких: Аксьонов З.І., Дауенгауер Н.А., Ігнатенко О.С., Кухтенко О.І., Лубенцов В.С., Маруніч В.С., Новіков А.М., Соловійов Ю.А., Шипович В.Є., Черкасов О.Н. та інші.

Проте, не зважаючи на наукові здобутки цих вчених, а також явні переваги міського пасажирського транспорту, основним його недоліком залишається відсутність належної організації логістики, як окремих маршрутів, так і всієї транспортної системи міста. Крім того, слабкі автоматизація управління та забезпечення безпеки пасажироперевезень, що пов'язані з недостатнім телекомунікаційно-навігаційним та інформаційно-комп'ютерним забезпеченням транспортних засобів, а також об'єктів диспетчеризації, гальмують подальший розвиток системи громадських пасажирських перевезень та обмежують економічні інтереси і можливості запровадження сучасних методів і засобів безпеки усіх учасників руху.

З огляду на це, розроблення інформаційної технології організації логістичних систем автоматизованого управління безпечними перевезеннями міським пасажирським транспортом є актуальним науковим завданням.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Роботу виконано в Черкаському державному технологічному університеті в межах державної науково-дослідної теми: “Наукові основа та методи еволюційної оптимізації процесів створення, функціонування та модернізації віртуальних підприємств” (№ ДР 0109U002749, 2009 – 2011 р.р., молодший науковий співробітник). В даній роботі автором запропоновано удосконалений метод прогнозування розвитку віртуальних підприємств в залежності від попиту на їх продукцію та соціально-економічного стану держави, і який був

реалізований у програмному середовищі «С++».

Мета і задачі дослідження. *Метою дисертаційної роботи є підвищення ефективності та якості обслуговування пасажирів міського транспорту шляхом використання інформаційної технології організації логістичних систем автоматизованого управління пасажирськими перевезеннями, що забезпечує визначення найбільш раціональних маршрутів та графіків руху з одночасним дотриманням безпеки усіх його учасників.*

Для досягнення цієї мети необхідно було вирішити такі завдання:

- розробити моделі міських пасажирських перевезень з використанням телекомунікаційно-навігаційних комп'ютерних технологій та урахуванням вимог безпеки і економічних інтересів усіх учасників руху;

- запропонувати метод проектування логістичної системи управління міським пасажирським транспортом в межах міст;

- дослідити ефективність удосконаленої інформаційної системи підтримки прийняття рішень для автоматизації управління та безпеки руху міським пасажирським транспортом;

- запропонувати метод отримання спеціалізованих баз знань, що ґрунтується на інформаційних технологіях, в основу яких покладено елементи штучного інтелекту, що забезпечує роботу інформаційної системи підтримки прийняття рішень для автоматизації управління міським пасажирським транспортом.

Об'єкт дослідження – організаційно-логістичне та інформаційне забезпечення систем управління міськими пасажироперевезеннями.

Предмет дослідження – методи, моделі, алгоритми та інформаційна технологія підтримки рішень для автоматизації управління та безпеки руху міським пасажирським транспортом.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених задач використовувалися: елементи теорії транспортних перевезень, методи системного аналізу (визначення параметрів логістичної системи управління), методи математичного моделювання (перевірка працездатності створеної моделі), методи теорії інформаційних систем (вибір архітектури та програмних засобів інформаційних систем), методи штучного інтелекту і теорії штучних нейронних мереж (створення бази знань і оброблення експериментальних даних), а також методи математичної статистики (збирання, оброблення та інтерпретації експериментальних даних).

Наукова новизна одержаних результатів полягає у наступному:

1. Вперше розроблено модель пасажирських перевезень громадським транспортом в межах міста, в основі якої покладено нейронну мережу, що базується на методі довгої короткострокової пам'яті (LSTM) і, на відміну від існуючих, використовує алгоритм Мандамі та центроїдний метод дефазифікації, що дозволяє здійснювати гнучкий пошук маршрутів з використанням телекомунікаційно-навігаційних комп'ютерних технологій, а також враховувати вимоги безпеки та економічні інтереси усіх учасників руху.

2. Удосконалено метод проектування логістичної системи управління міським пасажирським транспортом, який ґрунтується на теорії транспортної логістики в пасажирських перевезеннях і на відміну від існуючих, дозволяє охарактеризувати розгалужені багатопотокові транспортні процеси і системи в межах міст, веде до зниження витрат і вартості послуг перевізника та побудований на базі сучасних інформаційно-комп'ютерних технологій.

3. Удосконалено інформаційну систему підтримки прийняття рішень для автоматизації пасажирських перевезень та безпеки руху, в основі якої лежать логістичні системи управління пасажирським транспортом, що дозволило підвищити якість обслуговування пасажирів.

4. Запропоновано метод отримання спеціалізованих баз знань, що ґрунтується на інформаційній технології, в основі якої покладено елементи штучного інтелекту на базі нечітких нейронних мереж для забезпечення роботи інформаційної системи підтримки прийняття рішень, що дозволяє автоматизувати процес раціонального управління пасажирськими транспортними засобами.

Практичне значення одержаних результатів. Теоретичні положення та висновки доведено до рівня практичних рекомендацій. Практична цінність отриманих результатів полягає в наступному:

- запропоновано динамічну модель пасажирських перевезень громадським транспортом та розроблені алгоритми її реалізації;
- розроблено алгоритми для гнучкого пошуку за допомогою телекомунікаційно-навігаційних комп'ютерних технологій найбільш раціональних маршрутів транспортних міських пасажироперевезень;
- отримано спеціалізовані бази знань для забезпечення роботи інформаційної системи підтримки управлінських рішень при автоматизації засобів міського пасажирського транспорту.

Результати теоретичних та експериментальних досліджень, моделі та алгоритми гнучкого пошуку маршрутів міських пасажирських перевезень, а також розроблене технічне і програмне забезпечення, знайшли практичне використання та впровадження (підтверджено довідкою) на ДП «Чарз-Авто» м. Черкаси.

Основні результати дисертації використовуються в навчальному процесі кафедри комп'ютерних наук та системного аналізу Черкаського державного технологічного університету з курсів дисциплін «Системи аналітичної обробки даних» та «Інтелектуальний аналіз даних» (підтверджено актом впровадження).

Особистий внесок здобувача. Основні теоретичні, розрахункові та експериментальні результати отримано здобувачем самостійно. Наукові положення, що виносяться на захист, та висновки дисертаційної роботи належать автору.

У роботах, опублікованих у співавторстві, автором дослідження:

- наведені результати автоматизованого управління пасажирськими перевезеннями [1, 21];

- проведена постановка та вирішення задач автоматизації процесу управління транспортними засобами [2, 4, 8, 10, 12, 14, 25] та транспортними підприємствами [11, 17];
- обґрунтовано системний підхід до моделювання [13, 16, 19, 22] та проектування систем безпечного руху транспортних засобів [3, 5, 20, 23, 24];
- проведено розв'язання задач ідентифікації складних систем [6, 9];
- одержано управлінські рішення в організації автотранспортного підприємства [7, 15, 18].

Апробація результатів дисертаційного дослідження. Матеріали, основні положення та результати дисертаційної роботи доповідались і опубліковані у збірках доповідей та матеріалів науково-технічних конференцій, а саме: IV МНПК "Математика сучасних інформаційних технологій" (Прага, 2008), МНПК "Современные направления теоретических и прикладных исследований '2009" (Одесса, 2009), XI МНТК "Системний аналіз та інформаційні технології" (Київ, 2009), МНПК "Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании '2009" (Одесса, 2009), VI МНТК "Сучасні проблеми радіотехніки та телекомунікацій «РТ-2010»" (Севастополь, 2010), II МНТК "Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті" (Херсон, 2010), V МНПК "Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС '2010" (Київ, 2010), МНПК "Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте '2010" (Одесса, 2010), XVII МК "Автоматика – 2010" (Харків, 2010), X МНПК "Контроль і управління в складних системах (КУСС-2010)" (Вінниця, 2010), IV МК "Комп'ютерні науки та інженерія. CSE-2010" (Львів, 2010), I МНТК "Обчислюваний інтелект – 2011 (результати, проблеми, перспективи)" (Черкаси, 2011), III МНПК "Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2011)" (Херсон, 2011), IV МНПК "Інтегровані інтелектуальні робототехнічні комплекси (ІРТК-2011)" (Київ, 2011), XVIII МК "Автоматика – 2011" (Львів, 2011), МНПК "Інформаційні технології в освіті, науці і техніці (ІТОНТ-2012)" (Черкаси, 2012), XVII МК "Машини. Технології. Матеріали" (Варна, Болгарія, 2019).

Публікації. Результати досліджень, що подані в дисертації, опубліковані у 25 наукових працях, у тому числі 8 статей у наукових фахових виданнях (з них 1 стаття у виданнях іноземних держав, 1 стаття у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз), 17 тезах доповідей в збірниках матеріалів міжнародних наукових конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається з анотації, змісту, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг роботи становить 214 сторінок, з них обсяг основного тексту – 146 сторінок, 56 рисунків, 21 таблиця, список використаних джерел складає 143 найменування і займає 16 сторінок, а також 10 додатків на 34 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** представлена загальна характеристика роботи, обґрунтована актуальність наукової теми, сформульовані мета і задачі дослідження, відображено наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів, наведено дані щодо їх апробації та впровадження.

У **першому розділі** проведено критичний аналіз вітчизняних та закордонних літературних джерел та джерел мережі Інтернет щодо сучасного стану проблемних питань організації транспортних пасажирських перевезень у межах міст України, оцінки якості та ефективності таких перевезень громадським транспортом; наведені сучасні інформаційні технології та системи для автоматизованого управління рухом міського громадського транспорту; зроблено огляд логістичних систем автоматизованого управління пасажирськими перевезеннями. Проаналізована концепція державної програми підвищення безпеки пасажирських перевезень. Визначено, що основними задачами, що виникають при використанні пасажирського транспорту є: відсутність належної організації логістичних транспортних схем, а також недостатня автоматизація управління та незабезпечення безпеки пасажироперевезень громадським транспортом. Вирішення зазначених питань полягає у необхідності розроблення інформаційних технологій організації логістичних систем автоматизованого управління безпечними пасажирськими перевезеннями громадським транспортом. Так, на основі критичного аналізу, визначені мета та задачі, які потребують вирішення і пов'язані з необхідністю реалізації гнучкої системи автоматизованого управління пасажирськими перевезеннями громадським транспортом в умовах міста.

У **другому розділі** проводиться вибір методу прогнозування пасажиропотоку та подальше розроблення моделі гнучкого пошуку маршрутів транспортних перевезень.

Основним завданням організації руху громадського пасажирського транспорту (ГПТ) є забезпечення якості перевезень, яка оцінюється, насамперед, середньою тривалістю очікування пасажирів на зупинці та/або середнім інтервалом руху транспортних засобів на маршруті. Якість таких перевезень, крім цього, також визначають швидкість сполучення та наповненість салону транспортного засобу. Саме комплексне застосування цих показників визначають комфортність, безпеку та привабливість користування кожним видом громадського транспорту.

В результаті емпіричних досліджень встановлено, що основний вплив на ступінь заповнення салонів транспортних засобів чинять такі фактори: маршрут, інтервали та інтенсивність руху, середня швидкість транспортного потоку, що опосередковано пов'язані між собою. Так, наприклад, інтервал руху розглядається, як інтервал часу, коли транспортний засіб знаходиться на маршруті.

Після дослідження предметної області та аналізу найпоширеніших методів для прогнозування часових подій виявлено, що на даний момент

основні існуючі підходи у прогнозуванні пасажиропотоку в Україні, як правило, використовують традиційні методи замість методів машинного навчання, що не задовольняє вимог щодо точності прогнозування. Тому, для прогнозування пасажироперевезень в роботі використано мережу «довгої короткочасної пам'яті» (LSTM), яка, за умови достатньої кількості вузлів мережі, належну матрицю вагових коефіцієнтів може проводити навчання, класифікацію, обробку або передбачення подій в умовах часових затримок невідомої тривалості між важливими подіями.

Провівши порівняльний аналіз експериментально отримуваних даних з результатами прогнозування на прикладі міського пасажирського маршруту

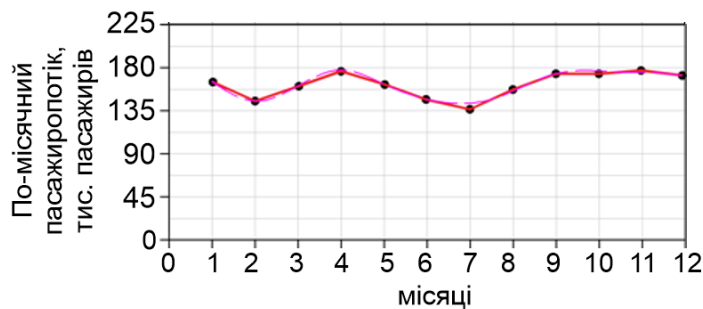


Рис.1. Порівняльний аналіз експериментально отриманих статистичних даних (○) і результатів прогнозування пасажироперевезень з використанням мережі LSTM (—) (на прикладі маршруту №25 (м.Черкаси) за 2019 рік)

збіжність між ними, що доводить доцільність використання мережі LSTM для пошуку раціонального пасажиропотоку міським пасажирським транспортом. Аналогічна висока точність співпадіння експериментально спрогнозованих значень з експериментальними статистичними даними було отримано з використанням мережі LSTM за іншими громадськими маршрутами м. Черкаси.

Таким чином, в результаті визначення ступеня привабливості основних маршрутів громадського транспорту (на прикладі м. Черкаси) встановлені основні показники якості пасажироперевезень, а застосування методу довгої короткострокової пам'яті, що покладено в основу створення рекурентної нейронної мережі, дозволило проводити високоточне прогнозування пасажиропотоку та обрання найраціональніших маршрутів для забезпечення максимальної їх завантаженості пасажирами.

Для вирішення однієї із задач дисертаційного дослідження розроблена динамічна модель вибору маршруту пасажироперевезень громадським транспортом та проведене її подальше застосування з використанням графоаналітичних засобів, що входять у додаток нечіткого виведення Fuzzy Logic Toolbox системи комп'ютерної математики MATLAB. У даній моделі використовується механізм нечіткого виведення за Мамдані та центроїдний

№25, встановлено (рис. 1), що по-місячний пасажиропотік має квазігармонічний характер, в якому спади перевезень передбачувано припадають на місяці зимових та літніх канікул та відпусток, коли обсяги пасажироперевезень помітно знижуються.

У результаті порівняльного аналізу експериментально-отриманих та прогнозованих даних можна побачити високу

метод дефазифікації. В якості вхідних параметрів в моделі задаються: загальний час доїзду до пункту призначення T , середній інтервал руху транспортних засобів на маршруті I , наповненість їх салонів N , а як вихідний параметр виступає привабливість маршруту P . Результуючі залежності привабливості маршруту від вхідних параметрів зображуються у вигляді графіків, які забезпечує режим перегляду поверхні системи нечіткого ведення (рис. 2).

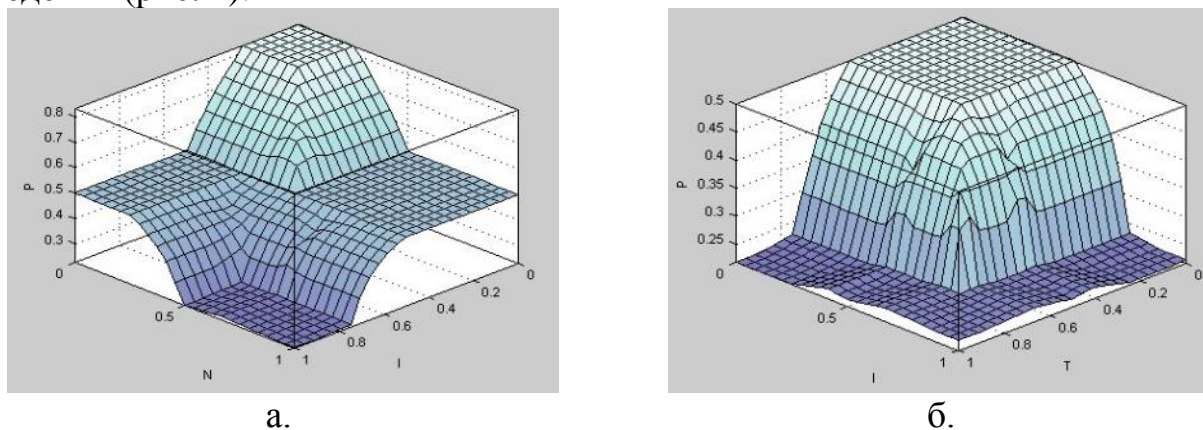


Рис. 2. Залежність привабливості маршруту від середнього інтервалу руху та загального часу доїзду до пункту призначення (а) від наповненості салону та середнього інтервалі руху (б)

У результаті реалізації розробленої нечіткої динамічної моделі отримано розподіл значення привабливості для різних варіантів маршрутів з кількох запропонованих з урахуванням вимог безпеки та економічних інтересів усіх учасників руху.

У розділі також проводилося покращення логістичної системи управління громадським транспортом. В цілому, застосування логістичних підходів в діяльності громадського транспортного підприємства надає останньому суттєві переваги в боротьбі за ринок і конкурентів, а також дозволяє знизити витрати та вартість послуг. На практиці це дає громадським транспортним підприємствам скорочення логістичних витрат на величину від 10% до 18%.

За для вдосконалення логістичного підходу в управлінні транспортним підприємством, автором дисертації рекомендується запроваджувати сучасні інформаційно-телекомунікаційні рішення для управління як окремими транспортними засобами, так і транспортними підприємствами в цілому. Загалом, основні можливості впровадження інформаційних рішень управління транспортними підприємствами наведено на рис. 3.

Застосувавши розроблену схему логістичної системи управління міським пасажирським транспортом визначено найбільш раціональний за часом проїзду маршрут (на прикладі громадського автобусного маршруту №25) та проведено подальше оцінювання доцільності запропонованих заходів шляхом встановлення ефективності інвестиційних вкладень в розвиток даного маршруту. Так, розрахований діапазон значень індексу

рентабельності становив $PI = (1,13...7,91) > 1$, що доводить доцільність таких інвестицій.



Рис. 3. Логістична схема основних можливостей застосування інформаційно-телекомунікаційних рішень для управління транспортними підприємствами

Таким чином, на основі теорії транспортної логістики в пасажирських перевезеннях, проведено удосконалення методу проектування логістичної системи управління міським пасажирським транспортом, який на відміну від існуючих, дозволяє охарактеризувати розгалужені багатопотокові транспортні процеси і системи в межах міст, веде до зниження витрат і вартості послуг перевізника та побудований на базі сучасних інформаційно-комп'ютерних технологій

У третьому розділі розглянуто особливості побудови інтелектуальної системи підтримки прийняття рішень та виконана експериментальна верифікація отриманих результатів.

Невизначеність методів досягнення максимальної ефективності перевезень пасажирським транспортом, нестабільність дотримання режимів та умов пасажироперевезень – є головними проблемами на усіх етапах життєвого циклу транспортного підприємства. Подолання цих питань запропоновано шляхом розроблення нової інформаційної системи підтримки прийняття рішень для автоматизації пасажирських перевезень та безпеки руху.

В якості базового методу групового прийняття рішення для математичного опису предметної області обрано метод переваг, особливістю якого є те, що він заснований на розподілі альтернатив за певними

показниками експертною групою, кожен член якої проводить такий розподіл за кожним показником окремо. Обиралися наступні вхідні дані:

- кількість експертів, $M=3$ (по одному фахівцю з таких напрямків: особливості функціонування громадської транспортної системи; розподіл різних соціальних груп населення за районами їх проживання та інфраструктурних потреб; транспортна безпека пасажироперевезень в рамках міста);

- кількість груп альтернатив, $N=4$ (за маршрутами руху; за перевізниками; за завантаженістю руху на транспортних маршрутах; за щільністю розподілу населення за соціальними групами).

Порядок прийняття рішення, що базується на основі методу переваг, полягає в наступному.

1. Кожний член експертної групи виконує ранжування альтернатив за i -м показником. Альтернативі A_j надається номер «1», якщо на думку експерта вона є найкращою за даним показником; номер «4» – для альтернативи, що є найгіршою. Обрані членами експертної групи оцінки X_{ij}^* , де $i = 1, \dots, M; j = 1, \dots, N$, вносяться до матриці розміром $M \times N$, де M – кількість експертів; N – кількість альтернатив; K_n – показник розподілу; p – кількість показників.

2. Проводиться перетворення матриці згідно формули:

$$X_{ij} = N - X_{ij}^*, \quad (1)$$

де X_{ij}^* – оцінка поставлена i -тим членом експертної групи j -тій альтернативі.

3. Для перетвореної матриці оцінок обчислюються суми за n -м показником для j -тої альтернативи:

$$C_j^n = \sum_{i=1}^M X_{ij}, \quad (2)$$

де $j = 1, \dots, N$.

4. Обраховується сумарна оцінка:

$$C = \sum_{j=1}^N C_j^n = 18, \quad (3)$$

яка представляє собою суму рангів в діапазоні від 0 до $(p-1)$, де $p=4$.

5. Обраховується залишкова цінність j -тої альтернативи за n -м показником:

$$V_j^n = C_j^n / C. \quad (4)$$

6. Загальна цінність j -тої альтернативи визначається, як сума добутків коефіцієнтів важливості кожного з показників на відповідні чисельні значення залишкової цінності альтернатив:

$$W_{Aj} = \sum_{n=1}^p k_n V_j^n, \quad (5)$$

де p – кількість показників; k_n – ваговий коефіцієнт n -го показника; V_j^n – залишкова цінність j -тої альтернативи за n -м показником.

Остаточо, провівши ранжування альтернатив за оцінками через порівняння W_{Aj} встановлено, що найкращою альтернативою є та, що враховує завантаженість руху транспортом за маршрутами (19,5 бали або 65%), тоді, як найгіршою – та, що враховує перевізників (1,43 бали або 4%).

Таким чином, на основі отриманих даних про ранжування альтернативних варіантів рішень для автоматизації безпечних

пасажироперевезень було складено функціональну схему розроблюваної СППР (рис. 4).

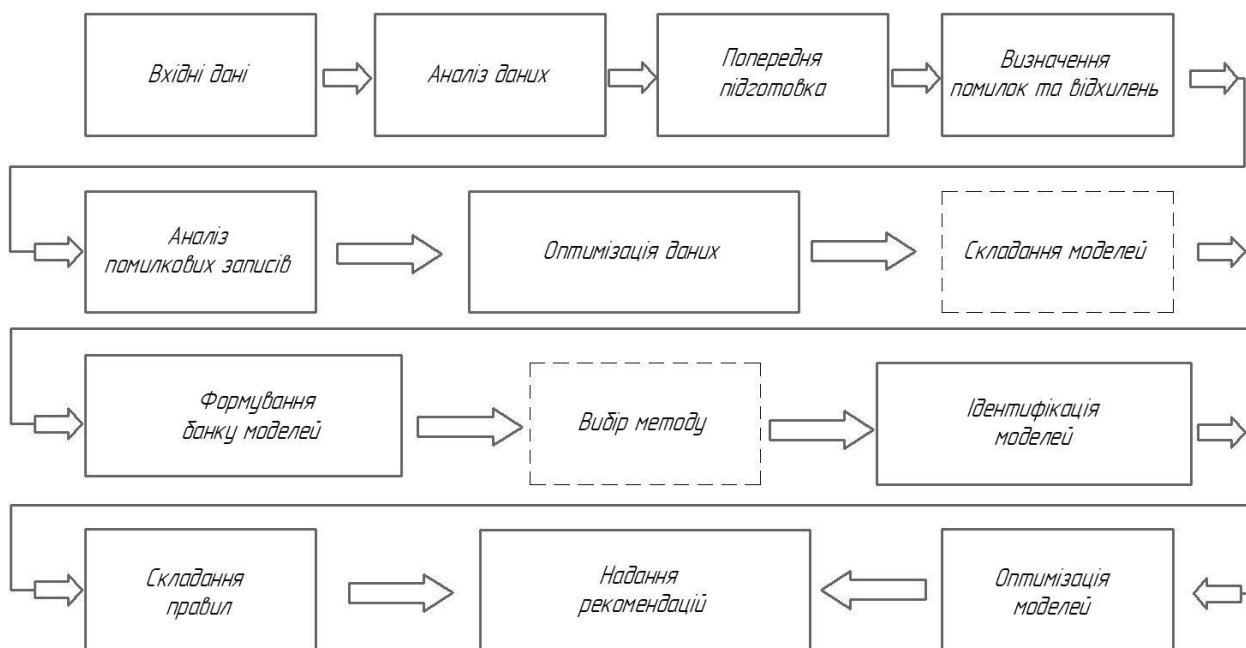


Рис. 4. Функціональна схема розробленої системи підтримки прийняття рішень

Систематизація завдань, вирішення яких веде до розв'язання питання автоматизації пасажироперевезень може бути здійснена шляхом алгоритмізації інтелектуальних методів та створення на їх основі системи підтримки прийняття рішень.

Тому, в розділі вперше розроблюється інтелектуальна система підтримки прийняття рішень для автоматизації пасажирських перевезень, основним призначенням якої є прогнозування та своєчасна автоматична стабілізація надзвичайних (аварійних, стресових) ситуацій при громадському перевезенні пасажирів, а також проводиться верифікація методів відновлення даних для такої системи. Така інтелектуальна СППР базується на нейронечітких мережевих методах. Для навчання такої нейромережі пропонується алгоритм TSK (Takagi-Sugeno-Kanga) із нечітким логічним виведенням, який викорис-товується при пошуку узагальнень для правил, що не мають аналогів у базі знань СППР. Перевагами даного алгоритму є менша похибка апроксимації функції ніж у інших алгоритмів, простіша реалізація та значно менший час на обчислення.

Таким чином, удосконалення інформаційної системи підтримки прийняття рішень дозволяє автоматизувати процес прийняття рішень при міському пасажироперевезенні, що враховує думку групи фахівців. Це дозволило підвищити якість обслуговування пасажирів та забезпечити безпеку їхнього руху. Дана система є прототипом додатку, який можна використовувати на транспортних підприємствах з перевезення пасажирів, при цьому вона може бути легко автоматизованою для виконання усіх необхідних функцій для підтримки прийняття рішень в ситуаційних центрах.

Для експериментального підтвердження працездатності та коректності роботи розробленої СППР наповнювалася база знань, частина якої отримувалася моделюванням шляхом урахування припущень експертів щодо розподілу значень цих даних, а інша частина – зі статистичних даних, отриманих від перевізників. Враховуючи, що в процесі отримання даних про пасажиропотік можлива втрата деяких даних внаслідок помилок та пропусків, тому постає необхідність відновлення цих втрачених даних. В результаті проведення ряду експериментів із різнотипними даними була досліджена ефективність розробленої інформаційної системи підтримки прийняття рішень для автоматизації управління та безпеки руху громадським транспортом. Проведені дослідження та результати порівняльного аналізу свідчать про переваги запропонованих методів. Зокрема, при невеликій кількості незалежних факторів (до чотирьох) і невеликій кількості втрачених даних (помилки та пропуски – до 20%) встановлено, що середньоквадратичне відхилення склало від 0,64 до 1,8% для методу, який базується на використанні еволюційної стратегії, та від 0,5 до 1,9% – для генетичного алгоритму, що доводить ефективність запропонованих методів відновлення втрачених даних.

Таким чином, запропоновано метод отримання спеціалізованих баз знань, що ґрунтується на інформаційній технології, в основі якої покладено елементи штучного інтелекту на базі нечітких нейронних мереж для забезпечення роботи інформаційної системи підтримки прийняття рішень, що дозволяє автоматизувати процес раціонального управління пасажирськими транспортними засобами.

У четвертому розділі наводяться результати застосування системи автоматизованого управління, що дозволяє підвищити ефективність управлінської діяльності транспортного підприємства. Показано, що реалізація необхідних інформаційно-технічних характеристик, властивостей надійності у комплексі з автоматизацією етапів життєвого циклу шляхом використання інформаційної технології дозволяють виробити і обґрунтувати конструктивний підхід до удосконалення процесів експлуатації, організації контролю та прогнозування громадських пасажироперевезень.

У результаті дослідження системи автоматизованого управління пасажироперевезеннями в межах міст України була побудована її модель, рис. 5, яка дозволяє покращити рівень транспортних перевезень пасажирів шляхом застосування комунікаційно-інформаційних технологій та з урахуванням вимог безпеки і економічних інтересів учасників руху.

За моделлю (рис. 5) пропонується проводити обов'язковий моніторинг перевезень пасажирів громадськими транспортними засобами для подальшого аналізу інформації про маршрут та стан транспортного засобу на основі інформаційних технологій. Модель системи автоматизованого управління пасажироперевезень в міському транспорті передбачає здійснення інтелектуальних дій, незалежно від логістичної системи управління, проводити аналіз, записування, передавання екстреним службам

усіх необхідних даних для розроблення рішень попередження і у випадку можливої НС, оперативно відреагувати з наступними можливостями проведення аналізу і експертизи подій. Таким чином, модель системи автоматизованого управління пасажироперевезеннями підвищує ефективність системи безпечного перевезення та виключає можливість приховування інформації щодо прибутків фірмами перевізниками та логістичними компаніями.

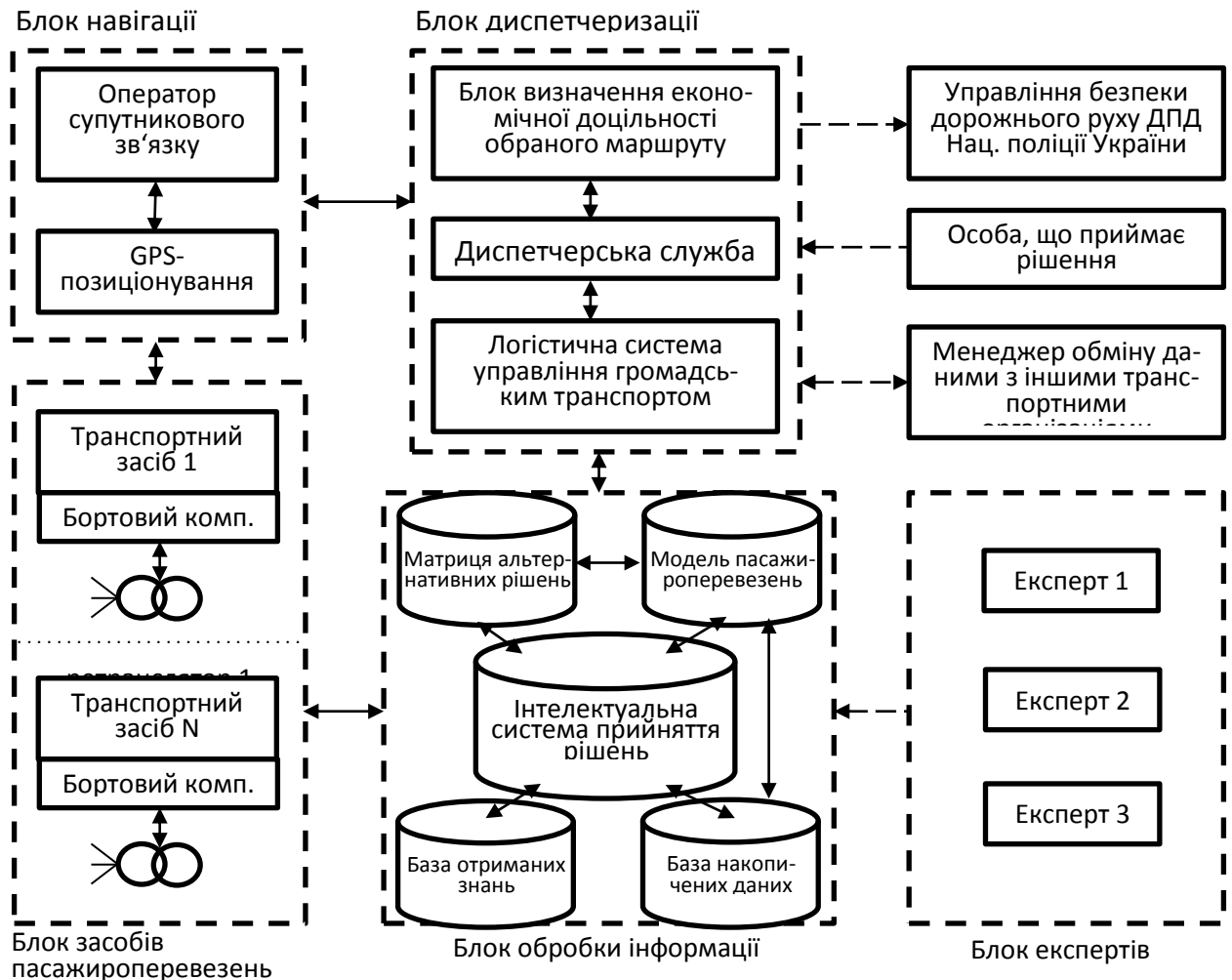


Рис. 5. Запропонована модель системи автоматизованого управління безпечними пасажироперевезеннями в міському транспорті:

→ односторонній обмін інформацією; ↔ двосторонній обмін інформацією; - -> періодичний обмін інформацією

Апробацію системи автоматизованого управління безпечним рухом міським пасажирським транспортом здійснено шляхом застосування інформаційних технологій підтримки прийняття рішень під час перевезення пасажирів в громадському транспорті м. Черкаси.

При цьому, підвищення надійності системи управління забезпечується за рахунок резервування структури за умов її обмежень, а оптимізація структури передбачається шляхом її максимізації критеріальної функції: $E(t) \rightarrow \max$. В той же час, у реальних умовах функціонування такої системи,

отримуються такі ефекти: зменшуються помилки водія транспортного засобу, покращуються динамічні характеристики транспортного засобу на всіх етапах життєвого циклу; проводиться оперативне функціональне діагностування елементів транспортного засобу; вдосконалюються методи і засоби забезпечення безпечних транспортних систем пасажироперевезень.

Встановлено, що оптимальними засобами для автоматизації процесів пасажироперевезення є технології телекомунікаційних та інформаційних систем, що полягають у створенні автоматизованого робочого місця диспетчера транспортного громадського підприємства, яким забезпечуються наступні функції: масштабування та навігація по карті; керування режимами відображення карти; підключення даних з кількох інфоресурсів; пошук та редагування об'єктів на карті; автоматизоване збирання даних по надзвичайній ситуації. Елементи системи автоматизованого управління пасажироперевезеннями міським транспортом покладені в основу створеного автоматизованого робочого місця (АРМ) диспетчера, що представляє собою електронну інтерактивну карту м. Черкаси (рис. 6, а), яка містить такі основні об'єкти: межі районів, розподіл зон міста по кількості населення, мережі маршрутів (основних та альтернативних), місця розташування зупинок, деякі соціальні та інші важливі об'єкти інфраструктури; забезпечує такі основні функції (рис. 6, б): масштабування та навігацію по карті; керування режимами відображення карти; підключення даних з кількох інфоресурсів; пошук об'єктів на карті за їх ідентифікаторами; редагування маршрутів по карті та перерахунок графіку руху; автоматизований збір даних по надзвичайній ситуації.

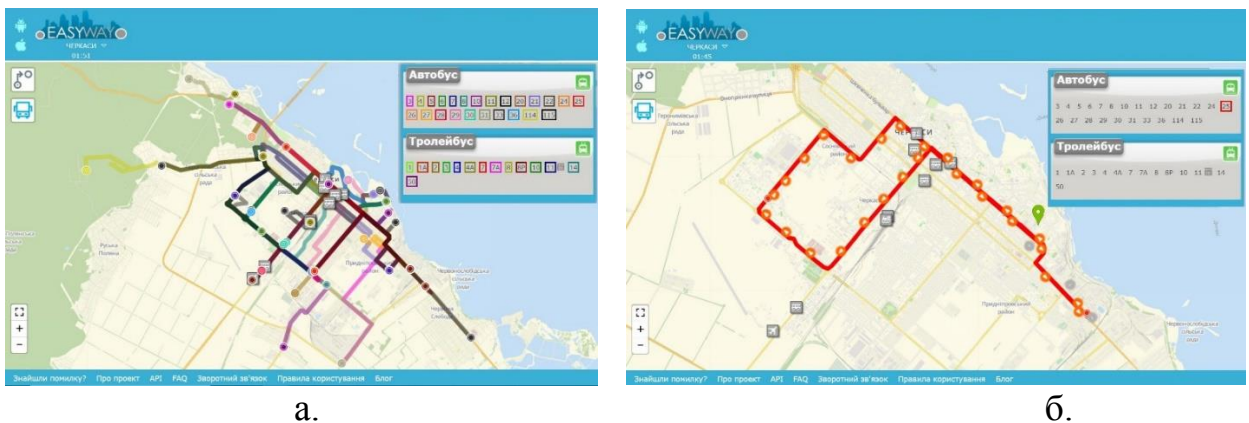


Рис. 6. Загальний вигляд автоматизованого робочого місця диспетчера (електронної інтерактивної карти м. Черкаси) з основними маршрутами пасажирського транспорту (а) та при активації автобусного маршруту №25 (б)

Для оцінювання привабливості обраного маршруту проводиться визначення ефективності реалізації інформаційної технології на основі критерію, що враховує вагові коефіцієнти окремих етапів інформаційної технології, а також коефіцієнти ефективності на етапі пошуку та етапі оцінювання привабливості обраного маршруту, відповідно.

Достовірність вибірки зібраних даних пошуку раціонального маршруту по відношенню до генеральної вибірки визначалась за допомогою t -критерія Стьюдента і становила (при 9 дослідах та рівні значимості 0,05) $t=3,15 > t_{кр}=2,26$.

Таким чином, запропонована інформаційна технологія дозволяє збільшити у 1,5 – 2,2 рази швидкість збирання даних системою автоматизованого управління. Також передбачається встановлення інформаційної системи на транспорті, що дозволяє у 2,5 – 3 рази швидше обробляти дані за рахунок автоматизації процесу експертного оцінювання та використання веб-сервісів і геопорталів.

У розділі також наведені рекомендації щодо використання розробленої інформаційної технології організації логістичних систем при автоматизованому управлінні пасажирським транспортом та у навчальному процесі.

У **додатках** наведені графіки та лістинги, що не увійшли в основний текст дисертації, тестувальна вибірка для створення нової бази нечітких правил порівняння, а також довідки про використання результатів дослідження та список праць і апробацій результатів дисертаційної роботи.

ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі проведене теоретичне узагальнення і отримане нове рішення наукового завдання розроблення інформаційної технології організації логістичних систем автоматизованого управління безпечними пасажирськими перевезеннями міським транспортом, що відповідає меті та задачам дослідження і відображене в науковій новизні.

1. Вперше створено нову динамічну модель пасажирських перевезень громадським транспортом в межах міста, в основі якої покладено нейронну мережу, що базується на методі довгої короткострокової пам'яті (LSTM) і яка, на відміну від існуючих, використовують механізм нечіткого виведення за Мамдані, повну базу правил, сформованих на трикутних (вхідних) і гаусівських (вихідних) функціях належності та центроїдний метод дефазифікації, а також графо-аналітичні засоби, що входять у додаток нечіткого виведення Fuzzy Logic Toolbox математичного процесору MATLAB, чим дозволяє здійснювати гнучкий пошук маршрутів транспортних засобів з використанням телекомунікаційно-навігаційних комп'ютерних технологій та враховуючи вимоги безпеки і економічні інтереси усіх учасників руху (обрання менш завантаженого шляху за умов зменшення часу проїзду до кінцевого пункту призначення на 15 – 22% та економічної рентабельності обраного маршруту (індекс рентабельності $PI = 3,54 – 7,91$)).

2. Розроблена нова модель інформаційної технології логістичної системи автоматизованого управління транспортними перевезеннями пасажирів, що дозволяє розраховувати можливі альтернативні та аварійні маршрути руху транспортних засобів пасажироперевезення, чим дозволить підвищити у 2,5 – 3 рази швидкість прийняття рішень під час ситуаційного направлення додаткових транспортних засобів та створення безпечних альтернатив маршруту для розвантаження перевантажених районів міста до місця

призначення з координацією в автоматичному режимі з диспетчерськими службами.

3. Удосконалено метод проектування логістичної системи управління міським пасажирським транспортом, який ґрунтується на теорії транспортної логістики в пасажирських перевезеннях і на відміну від існуючих, дозволяє охарактеризувати розгалужені багатопотокові транспортні процеси і системи в межах міст та побудований на базі сучасних інформаційно-комп'ютерних технологій, що на практиці призводить до скорочення логістичних витрат на 10 – 18% та дозволяє знизити витрати і вартість послуг на 8 – 12%.

4. Удосконалено інформаційну систему підтримки прийняття рішень для автоматизації пасажирських перевезень та безпеки руху, в основі якої лежать логістичні системи управління пасажирським транспортом, запропоновані методи, моделі та засоби шляхом додаткового використання та поєднання інформаційних ресурсів, яке забезпечило візуалізацію процесів прийняття рішення в багатофакторній системі управління та безпеки руху громадським транспортом, що дозволило підвищити якість обслуговування пасажирів (зменшити навантаженість транспортних засобів на громадських маршрутах з 85 – 100% до 45 – 65%, розвантажити найбільш заселені райони міста).

5. На основі інформаційних технологій, запропоновано метод отримання спеціалізованих баз знань шляхом застосування елементів штучного інтелекту на базі нечітких нейронних мереж для забезпечення роботи інформаційної системи підтримки прийняття рішень, що привели до автоматизації процесу раціонального управління пасажирськими транспортними засобами для безпечних перевезень пасажирів.

6. Вперше експериментально доведено, що ефективність розробленої інформаційної системи підтримки прийняття рішень для автоматизації системи управління та безпеки руху міським пасажирським транспортом полягає в цільовому використанні результатів наукового дослідження для потреб диспетчерських служб громадських транспортних підприємств, визначеній доступності цих результатів, точності пошуку (похибки визначення найбільш раціонального маршруту методом LSTM не перевищувала 1,7%), моделювання процесів (ефективності раціонального маршруту та його автоматизації), використанні баз знань (при чотирьох незалежних факторах та невеликим обсягом втрачених даних (до 20%) середньоквадратичне відхилення склало від 0,5 до 1,9%), яку можна редагувати оператором, самообслуговуванням та індивідуальним сервісом (редагування інтерактивної карти, з доповненням важливої оперативної інформації) та економічною обґрунтованістю використання даного програмного продукту.

7. Розроблено та впроваджено у комунальне господарство окремих міст України рекомендації по використанню розробленої інформаційної технології організації логістичних систем автоматизованого управління міським пасажирським транспортом. Основні результати дисертаційної роботи знайшли практичне застосування на вітчизняному автотранспортному

підприємстві (ДП «Чарз-Авто», м.Черкаси), а також використовуються в навчальному процесі кафедри комп'ютерних наук та системного аналізу і кафедри автомобілів та технології їх експлуатації Черкаського державного технологічного університету в курсі дисциплін "Системи аналітичної обробки даних", "Інтелектуальний аналіз даних", "Електронне та електричне обладнання автомобілів", "Автоматизація виробничих процесів на автотранспорті".

Отримані результати дозволили підвищити якість (зменшити наповненість салонів транспортних засобів на міських маршрутах з 85 – 100% до 45 – 65%, середню тривалість очікування пасажирів на зупинці з 12 – 15 до 5 – 8 хвилин) та ефективність обслуговування пасажирів міського транспорту (збільшити індекс економічної рентабельності проекту з 1,13 до 7,91; збільшити швидкість збирання даних системою автоматизованого управління у 1,5 – 2,2 рази та зменшити похибку визначення найбільш раціонального маршруту методом LSTM до 1,7%). Саме комплексне застосування цих показників дозволяє покращити комфортність, безпеку та привабливість користування міським пасажирським транспортом.

В якості перспектив подальших досліджень, які можуть бути здійснені в напрямку даної дисертаційної роботи слід зазначити застосування штучного інтелекту для диспетчеризації та узгодженості пасажирських перевезень різними маршрутами, що, в цілому, дозволить мінімізувати час доїзду людини до будь-якого посадкового майданчика міста.

СПИСОК ПРАЦЬ, ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. А. А. Tymchenko, M. V. Pidgornyj, G. O. Zaspа, V. V. Voiko, "Car power supply system unloading control tasks solution", Вісн. Черкас. держ. технол. ун-ту. (спецвипуск), 33 – 35 (2009). *Здобувачем проведено дослідження систем управління автомобілями.*
2. В. В. Бойко, "Інформаційна технологія активної безпеки автомобіля", Вісн. Черкас. держ. технол. ун-ту. (4), 8 – 13 (2010). *Здобувачем проведено дослідження інформаційних технологій, що знайшли застосування в системах активної безпеки автомобілів.*
3. В. В. Бойко, "Структурний синтез системи автоматичного управління безпечним рухом автомобіля", Вісн. Черкас. держ. технол. ун-ту. (1), 105 – 109 (2011). *Здобувачем проведено теоретичні дослідження синтезу системи автоматичного управління безпечним рухом автомобіля.*
4. В. В. Бойко, "Система інформаційних технологій управління активною безпекою автомобіля", Вісн. Черкас. держ. технол. ун-ту. (2), 9 – 14 (2012). *Здобувачем розроблена інформаційна технологія системних досліджень процесів безпечного руху транспортних засобів.*
5. А. А. Тимченко, В. В. Бойко, та В. В. Скоробрещук, "Аналітичний огляд задач та методів побудови моделей складних систем", Зб. наук. праць "Індуктивне моделювання складних систем". Київ: Міжнар. Наук.-навч. Центр інформ. Технологій та систем НАН та МОН України (2), 247 – 256

(2010). *Здобувачем встановлені основні задачі та методи побудови моделей складних систем на прикладі автотранспортної системи.*

6. А. А. Тимченко, В. В. Бойко, В. В. Скоробрещук, та А. М. Гаврилей, "Статистичний підхід до розв'язання детермінованих задач ідентифікації", Зб. наук. праць "Індуктивне моделювання складних систем". Київ: Міжнар. Наук.-навч. Центр інформ. Технологій та систем НАН та МОН України (3), 224 – 235 (2011). *Здобувачем проведено розв'язання детермінованих задач ідентифікації використовуючи статистичний підхід.*

7. V. V. Voiko, "Improvement of logistics system of municipal transport management", Вісн. Черкас. держ. технол. ун-ту. (1), 19 – 26 (2020). DOI: 10.24025/2306-4412.1.2020.193005.

8. А. Тимченко and V. Boyko, "Features of solving identification problems in transport technologies", Intern. Scient. J. "INDUSTRY 4.0", V (5), Iss.2, 63 – 67 (2020). URL: <https://stumejournals.com/journals/i4/2020/2/63.full.pdf>. *Здобувачем проведено аналіз отриманих моделей та знайдена модель оптимальної складності.*

9. А. А. Тимченко, В. В. Бойко, та В. В. Скоробрещук, "Порівняльний аналіз методів розв'язання задач ідентифікації", Зб. наук. праць "Індуктивне моделювання складних систем". Київ: Міжнар. Наук.-навч. Центр інформ. Технологій та систем НАН та МОН України (1), 219 – 228 (2009). *Здобувачем проведено дослідження основних задач ідентифікації та методів їх розв'язання.*

10. М. В. Підгорний, та В. В. Бойко, "Автоматизована система керування оперативним пожежогасінням", в: Математика сучасних інформаційних технологій: тези доп. IV Міжнар. наук.-практ. конф. (Прага, 2008), С. 40 – 42. *Здобувачем складена універсальна функціональна схема автоматизації систем керування на прикладі системи для проведення оперативного пожежогасіння.*

11. О. В. Тьорло, А. В. Бурлай та В. В. Бойко, "Автотранспортне підприємство, як об'єкт системного проектування", в: Современные направления теоретических и прикладных исследований '2009: матер. Междунар. науч.-практ. конфер. Том 1. Транспорт. (Черноморье, Одесса, 16 – 27 марта 2009), С. 116 – 118. *Здобувачем проведено огляд існуючих автотранспортних підприємств та розроблено підхід щодо їх системного проектування.*

12. А. А. Тимченко, М. В. Підгорний, та В. В. Бойко, "Системний підхід до проектування систем активної безпеки автомобіля", в: Системний аналіз та інформаційні технології: Матеріали XI Міжнар. наук.-техн. конфер. (ННК «ПСА» НТУУ «КПІ», Київ, 26 – 30 травня 2009), С. 216. *Здобувачем розроблена загальна концепція проектування систем активної безпеки в автомобільному транспорті для пасажирських перевезень.*

13. А. А. Тимченко, М. В. Підгорний, та В. В. Бойко, "Системний аналіз задач синтезу структури системи метрологічного забезпечення автомобільного транспорту", в: Современные проблемы и пути их решения в

науке, транспорті, виробництві і освіті '2009: Матер. Міжнарод. наук.-практ. конф. Том 1. Транспорт, Туризм (Чорномор'є, Одеса, 21 – 28 грудня 2009), С. 76 – 78. *Здобувачем проаналізована задача синтезу структури засобів метрологічного забезпечення громадського автомобільного транспорту.*

14. А. А. Тимченко, Н. В. Підгорний, и В. В. Бойко, "Формалізована постановка задач створення автоматизованих систем управління енергосистемою автомобіля", в: Сучасні проблеми радіотехніки та телекомунікацій «РТ-2010»: Матер. шостої Міжнарод. наук.-техн. конфер. (СевНТУ, Севастополь, 19 – 24 квітня 2010), 519 с. *Здобувачем проведено аналіз автоматизованих систем управління енергетичними системами автомобілів цивільного транспорту.*

15. А. А. Тимченко, О. В. Тьорло, и В. В. Бойко, "Координованість по формуванню управлінських рішень у дворівневій системі організації управління автотранспортного підприємства", в: Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті: Матер. другої Міжнарод. наук.-техн. конфер. (Херсон, 25 – 27 травня 2010). – С. 99 – 102. *Здобувачем розглянуто та сформовано основні управлінські рішення у дворівневій системі організації управління автотранспортного підприємства для пасажироперевезень.*

16. А. А. Тимченко, М. В. Підгорний, та В. В. Бойко, "Математичне моделювання динамічних процесів безпечного руху автомобіля", в: Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС '2010: Матер. п'ятої наук.-практ. конфер. з міжнарод. участю (Київ, 21 – 25 червня 2010), С. 156 – 157. *Здобувачем проведено математичне моделювання динамічних процесів при безпечному русі автотранспорту.*

17. О. В. Тьорло та В. В. Бойко, "АСУ автотранспортного підприємства. Прогресивні інформаційні технології розробки та впровадження", в: Перспективні інновації в науці, освіті, виробництві і транспорті '2010: Матер. Міжнарод. наук.-практ. конф. Том 4. Технічні науки. (Чорномор'є, Одеса, 21 – 30 червня 2010), С. 34 – 36. *Здобувачем прийнято участь у розробці інформаційної технології автоматизованої системи управління громадським автотранспортним підприємством для пасажироперевезень.*

18. А. А. Тимченко, М. В. Підгорний, О. В. Тьорло та В. В. Бойко, "Оптимізація процесів функціонування АТП в умовах комплексної автоматизації", в: Автоматика – 2010: Матер. XVII міжнарод. конфер. з автомат. управ. (ХНУРЕ, Харків, 27 – 29 вересня 2010), С. 289 – 291. *Здобувачем розроблений порядок визначення критеріїв оптимуму та проведена оптимізація процесів функціонування транспортного підприємства.*

19. А. А. Тимченко та В. В. Бойко, "Системний аналіз етапів життєвих циклів галузі автомобілебудування (аналітичний огляд)" в: Контроль і управління в складних системах (КУСС-2010): Матер. X Міжнарод. наук.-практ. конфер. (ВНТУ, Вінниця, 19 – 21 жовтня 2010), С. 238. *Здобувачем розроблено підхід*

до системного аналізу різних етапів життєвих циклів експлуатації автомобільного транспорту.

20. В. В. Бойко, М. В. Підгорний та А. А. Тимченко, "Комп'ютерна інженерія та проблеми активної безпеки автомобіля", в: Комп'ютерні науки та інженерія. CSE-2010: Матер. четвертої Міжнар. конф. молод. вчених (Вид-во Львівської політехніки, Львів, 25 – 27 листопада 2010), С. 192 – 193.

Здобувачем розглянуті основні проблеми безпеки автотранспорту.

21. В. В. Бойко, "Інтелектуальна автомобільна система, як системна інтеграція сучасних інформаційних технологій і засобів автоматизації", в: Обчислюваний інтелект – 2011 (результати, проблеми, перспективи): Матер. першої Міжнар. наук.-техн. конфер. (Черкаси, 10 – 13 травня 2011), С. 284.

Здобувачем розглянуті основні типи та різновиди інтелектуальної автомобільної системи.

22. А. А. Тимченко та В. В. Бойко, "Системний аналіз та математичне моделювання складних систем автономного функціонування", в: Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT-2011): Матер. третьої Міжнар. наук.-практ. конфер. (ХДМІ, Херсон, 23 – 25 травня 2011), С. 82 – 84. *Здобувачем проведено математичне моделювання складних систем автономного функціонування на базі пункту диспетчеризації АТП.*

23. А. А. Тимченко та В. В. Бойко, "Інформаційна технологія системного проектування складних систем", в: Інтегровані інтелектуальні робото технічні комплекси (ІРТК-2011): Матер. четвертої Міжнар. наук.-практ. конфер. (НАУ, Київ, 23 – 25 травня 2011), С. 284 – 286. *Здобувачем проведено системне проектування складних систем на прикладі комунального господарства для перевезення пасажирів.*

24. А. А. Тимченко та В. В. Бойко, "Системний аналіз інформаційної технології автоматизації системи контролю керування для безпечного руху автомобіля", в: Автоматика – 2011: Матер. XVIII міжнар. конфер. з автомат. управ. (НУ "Львівська політехніка", Львів, 28 – 30 вересня 2011), С. 202 – 203. *Здобувачем визначено час надійної експлуатації зондів АСМ та проведено корегування точності вимірювання наноструктур на функціональних матеріалах.*

25. А. А. Тимченко та В. В. Бойко, "Системні принципи управління безпечним рухом автотранспортних засобів", в: Інформаційні технології в освіті, науці і техніці (ІТОНТ-2012): Міжнар. наук.-практ. конфер. (ЧДТУ, 25 – 27 квітня 2012), С. 82 – 83. *Здобувачем виведені основні системні принципи управління безпечним рухом автотранспорту.*

АНОТАЦІЯ

Бойко В.В. Інформаційна технологія організації логістичних систем автоматизованого управління та безпеки руху міського пасажирського транспорту. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні технології. – Черкаський державний технологічний університет, Черкаси, 2021.

Дисертаційна робота присвячена розробленню інформаційної технології організації логістичних систем автоматизованого управління безпечними перевезеннями міським пасажирським транспортом.

У дисертаційній роботі проведено підвищення ефективності та якості обслуговування пасажирів міського транспорту шляхом використання інформаційної технології організації логістичних систем автоматизованого управління пасажирськими перевезеннями, що забезпечує визначення найбільш раціональних маршрутів та графіків руху з одночасним дотриманням безпеки усіх його учасників.

Для досягнення мети дисертації були отримані такі наукові результати: вперше розроблено модель пасажироперевезень міським транспортом, що дозволяє здійснювати гнучкий пошук маршрутів, а також враховувати вимоги безпеки та економічні інтереси усіх учасників руху; удосконалено метод проектування логістичної системи управління міським пасажирським транспортом, що веде до зниження витрат і вартості послуг перевізника; удосконалено інформаційну систему підтримки прийняття рішень, що дозволило підвищити якість обслуговування пасажирів; запропоновано метод отримання спеціалізованих баз знань, що дозволяє автоматизувати процес раціонального управління пасажирськими транспортними засобами.

Ключові слова: інформаційні технології, міський пасажирський транспорт, пасажирські перевезення, автоматизоване управління, логістична система, безпека руху.

АННОТАЦИЯ

Бойко В.В. Информационная технология организации логистических систем автоматизированного управления и безопасности движения городского пассажирского транспорта. - На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 - информационные технологии. - Черкасский государственный технологический университет, Черкассы, 2021.

Диссертация посвящена разработке информационной технологии организации логистических систем автоматизированного управления безопасными перевозками городским пассажирским транспортом.

В диссертационной работе проведено повышение эффективности и качества обслуживания пассажиров городского транспорта путем использования информационной технологии организации логистических систем автоматизированного управления пассажирскими перевозками, что обеспечивает определение наиболее рациональных маршрутов и графиков движения при соблюдении безопасности всех его участников.

Для достижения цели диссертации были получены следующие научные результаты: впервые разработана модель пассажироперевозок городским транспортом, позволяющая осуществлять гибкий поиск маршрутов, а также учитывать требования безопасности и экономические интересы всех участников движения; усовершенствован метод проектирования логистической системы управления городским пассажирским транспортом, что ведет к

снижению затрат и стоимости услуг перевозчика; усовершенствована информационная система поддержки принятия решений, что позволило повысить качество обслуживания пассажиров; предложен метод получения специализированных баз знаний, позволяющий автоматизировать процесс рационального управления пассажирскими транспортными средствами.

Ключевые слова: информационные технологии, городской пассажирский транспорт, пассажирские перевозки, автоматизированное управление, логистическая система, безопасность движения.

ANNOTATION

Boyko V.V. Information technology for organizing logistics systems for automated control and traffic safety of urban passenger transport. - As a manuscript.

Dissertation for the degree of candidate of technical sciences in specialty 05.13.06 - information technology. - Cherkasy State Technological University, Cherkasy, 2021.

In administrative cities and business centers - the main concentration of jobs is located in the central part of the city, in industrial cities - in peripheral areas and in tourist cities - they can be distributed both in the central and peripheral parts of the city - depending on the tourist attractions, and sleeping areas are usually located in the buffer part of the city - between the center and industrial zones.

At the same hour, the movement of the urban population mainly takes place with the help of local passenger or private transport. However, in addition to the advantages of light transport, their disadvantages should be noted, including: lack of proper organization of logistics transport schemes, insufficient automation of management and safety of passenger transportation. The main technical reasons for these shortcomings are the lack of information support for light transport, as well as a dispatch base. Therefore, the development of information technology for the organization of logistics systems for automated management of safe transportation of urban passenger transport is an important and relevant scientific task.

The purpose of the dissertation is improving the efficiency and quality of public transport passengers through the use of information technology for the organization of logistics systems for automated management of passenger traffic, which ensures the definition of the most rational routes and schedules while maintaining the safety of all its participants.

The dissertation reveals scientific tasks, substantiates the relevance of the dissertation, formulates the goal and objectives of scientific research. The data on publications and approbation of works are shown. The choice of the method for forecasting the passenger traffic is made and the further development of the model for the flexible search for transport routes is carried out. The features of building an intelligent decision support system are considered and an experimental verification of the results obtained is carried out. A new information system for decision-making support for the automation of passenger transportation and traffic safety has been proposed. The results of the practical application of the automatic

control system, which makes it possible to increase the control efficiency, are presented.

To achieve the goal of the dissertation, the following scientific results were obtained: for the first time, a model of passenger transportation by urban transport was developed, which allows for a flexible search for routes, as well as taking into account the safety requirements and economic interests of all traffic participants; the method of designing a logistics management system for urban passenger transport has been improved, which leads to a decrease in the costs and cost of carrier services; the information system for decision-making support was improved, which made it possible to improve the quality of passenger service; a method for obtaining specialized knowledge bases is proposed, which makes it possible to automate the process of rational management of passenger vehicles.

The results of theoretical and experimental research, models and algorithms for flexible search of urban passenger transport routes, as well as developed hardware and software, have found practical use and implementation (confirmed by the certificate) at "Charz-Auto" in Cherkasy. The main results of the dissertation are used in the educational process of the Department of Computer Science and Systems Analysis of Cherkasy State Technological University in the courses "Analytical Data Processing Systems" and "Data Mining" (confirmed by the act of implementation).

Keywords: information technologies, urban passenger transport, passenger transportation, automated control, logistics system, traffic safety.