

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

МНАЦАКАНЯН МАРІЯ СЕРГІЇВНА

УДК 004.891.3:656.11

**МОДЕЛЮВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ В
УМОВАХ ВПЛИВУ ГЕТЕРОГЕННИХ ФАКТОРІВ НЕСТАЦІОНАРНОГО
СЕРЕДОВИЩА**

05.13.06 – Інформаційні технології

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ - 2019

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі технології міжнародних перевезень і логістики ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Маріуполь

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Баранов Георгій Леонідович,
Національний транспортний університет
Міністерства освіти і науки України,
професор кафедри інформаційних систем та технологій

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Шутко Володимир Миколайович,
Національний авіаційний університет
Міністерства освіти і науки України,
професор кафедри інженерії програмного забезпечення

кандидат технічних наук, доцент
Цюцюра Микола Ігорович,
Київський національний університет будівництва і архітектури
Міністерства освіти і науки України,
доцент кафедри інформаційних технологій

Захист дисертації відбудеться «10» грудня 2019 р. о 13⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.059.01 у Національному транспортному університеті за адресою: 01010, м. Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, к.333.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного транспортного університету за адресою: 01103, м. Київ, вул. М. Бойчука, 42.

Автореферат розісланий «7» листопада 2019 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
кандидат технічних наук, професор

О.І. Мельниченко

ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РОБОТИ

Актуальність теми. Кожна складна динамічна система (СДС) для накопичення у власній пам'яті досвіду практичного функціонування у просторово-часовому континуумі застосовує власні внутрішні інформаційні технології (ІТ). Фактичні знання реальних актів дії у екологічному просторово-часовому континуумі відображають інфокомунікаційні властивості взаємозалежностей між зовнішнім оточуючим середовищем (ЗОС) та всіма складовими об'єктами життєдіяльності СДС. Коли природна адекватність взаємозалежностей за екологічними критеріями безпеки життя СДС порушується, тоді стрибкоподібно зростають проблеми загрози для біологічних істот у наслідок потепління атмосфери, зростання CO₂ та інших брудних газів. Глобальні наслідки сучасних тенденцій наближення до критичних рівнів втрати звичайних форм життя підкреслюють всі вітчизняні та закордонні вчені, інженери, менеджери, включаючи ООН. Майже всі приділяють увагу біобезпеці та екологічній чистоті.

Враховуючи виняткову важливість транспорту в питаннях екологічної безпеки та забезпечення населення можливістю вільного пересування, актуальним є реалізація ефективного управління міськими інтелектуальними транспортними системами (МІТС). Застосовуючи засоби ІТ до теми оперативного диспетчерського керування (ОДК) МІТС відоме протиріччя, з одного боку треба максимально підвищити пропускну здатність, а з іншого - звести до мінімуму антропогенне навантаження на біосферу. Але експертні системи обробки інформації для прийняття рішень поки що не забезпечують ефективних техніко-технологічних рішень.

Методам інформаційного забезпечення моніторингу та планування транспортних потоків велику увагу приділили в дослідженнях: Бушуєв С.Д., Воркут Т.А., Гожий О. П., Прокудін Г.С., Данчук В.Д., Аль-Амморі А.Н., Попков А.П., Цюцюра С.В., Юргенсон А.Ю., Chang J-M., Cher Y., Glockner G.D., Kohler E., Lammel R., LiuMmgyan, Staniford-ChenS. та інших.

Існуючі на сьогодні системи інформаційного забезпечення не відповідають сучасним вимогам і потребують розробки єдиного підходу до підвищення ефективності МІТС з одночасним покращанням інтегрованих показників безпеки життєдіяльності СДС у просторово-часовому континуумі. Тому дана дисертаційна робота, що присвячена розробці засобів моделювання МІТС в умовах впливу гетерогенних факторів нестаціонарного середовища промислових центрів України, є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами та грантами. Розділи дисертаційної роботи, що виконувались на кафедрі технології міжнародних перевезень і логістики ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет» є складовою частиною науково-дослідної роботи кафедри за темами: «Стале збереження довкілля в умовах розвитку транспортної логістики Приазов'я» (номер державної реєстрації 0307U003331); «Імплементація парадигми сіті логістичних рішень ефективною транспортною мережею в умовах раціонального природокористування» (номер державної реєстрації 0113U001330); «Інтелектуальні транспортні системи в сітілогістичному середовищі» (номер державної реєстрації 0113U006290); «Інтелектуалізація транспортних технологій» (номер державної

реєстрації 0117U007310). Особистий внесок автора полягає в розробці теоретичних та методичних підходів щодо удосконалення інтелектуальних транспортних систем промислового регіону в умовах раціонального природокористування.

Метою дисертаційного дослідження є підвищення ефективності моделювання інтелектуальних транспортних систем в умовах впливу гетерогенних факторів нестаціонарного середовища на ділянках вулично-дорожньої мережі промислових центрів.

Для досягнення поставленої мети в роботі визначені наступні задачі:

- провести аналіз існуючих методів та інформаційних технологій, що застосовуються для управління рухом транспорту промислових центрів.

- формалізувати архітектуру інформаційної технології моделювання процесів функціонування просторово-координованих об'єктів для управління екологічним станом інтелектуальної транспортної системи.

- розробити комплексну базу знань орієнтованих систем підтримки прийняття рішень ієрархічного управління просторово-координованими об'єктами у режимі 24/7 на основі нейромережевого аналізу функціонування СДС та впливу сезонних гетерогенних факторів нестаціонарного ЗОС.

- розробити комплексне оцінювання засобами ІТ рівня екологічної безпеки МІТС для гарантованого адаптивного управління поточним станом руху транспортних засобів (ТЗ).

- надати рекомендацію щодо подальшого впровадження розроблених алгоритмів і програмних засобів забезпечення комплексної обробки даних для інформаційної підтримки управління МІТС.

Об'єктом дисертаційного дослідження є процеси обробки інформації для прийняття рішень в умовах впливу гетерогенних факторів нестаціонарного середовища на ділянках вулично-дорожньої мережі промислових центрів.

Предметом дисертаційного дослідження є методи та засоби ІТ для моделювання інтелектуальних транспортних систем в умовах впливу гетерогенних факторів нестаціонарного середовища.

Методи дослідження базуються на застосуванні принципів сучасних методів штучного інтелекту, програмної інженерії, зокрема об'єктно-орієнтованих методах аналізу та синтезу ПЗ, а також на використанні базових положень теорії управління, математичного апарату теорії множин, експертних методів теорії прийняття рішень, методів теорії графів і теорії гіпермереж, які містять нейромережеве моделювання і fuzzy-логіку.

Наукова новизна одержаних результатів:

вперше:

- розроблено метод розподілення операційних функцій між взаємодіючими просторово-координованими об'єктами МІТС, який відрізняється від існуючих процесів обробки інформації за рахунок спеціалізованого розгалуження контрольованих потоків даних, врахуванням динаміки тенденцій подальших прогностичних змін, що дозволяє з необхідним упередженням на тривалість часу реагування виконавцями приймати ефективні управлінські рішення щодо покращення екологічного стану в критичних зонах промислового центру;

- формалізовано моделі технологічних процесів оцінювання поточних впливових факторів зовнішнього середовища, що відрізняються від існуючих ІТ

документами для запобігання затримок передачі інформації в виробничих і організаційних структурах реалізації функцій і завдань, що підвищують ефективність ділянок ВДМ промислових центрів за рахунок гарантування в цих умовах не перевищення екологічних норм припустимих концентрацій;

дістав подальшого розвитку:

- метод автоматизованого комплексного моделювання складних динамічних систем, який на відміну від існуючих імітаційних засобів ІТ забезпечує врахування тривалості інтеграційних процесів, а саме комплексного оцінювання станів та якості роботи МІТС, що впливає на швидкість контактної оперативної взаємодії рухів просторово-координованих об'єктів, які моделюються;

удосконалено:

- метод оперативного диспетчерського керування який, на відміну від відомих прямих фізичних впливів, реалізує опосередковані впливи на технологічні процеси МІТС під час безпосереднього формування загрозливих тенденцій у контрольованих зонах соціальної активності міста шляхом керованого зниження рівня транспортного навантаження на ділянках ВДМ за реальних життєвих циклів системи.

Практичне значення отриманих результаті полягає в тому, що на основі узагальнення існуючих результатів і використання наукових результатів, які були отримані автором, закладається сучасний науково-практичний базис інтелектуалізації транспортних систем промислових центрів шляхом реалізації на ділянках ВДМ технології гарантованого адаптивного управління транспортними засобами та їх потоками за інтегральним критерієм безпеки.

Розроблена інформаційна технологія моделювання процесів для стратегічного, тактичного та оперативного управління екологічним станом за критеріями якості безпеки життя, що забезпечує якість, ефективність та надійність функціонування МІТС завдяки:

- врахуванню інтеграційних процесів комплексного оцінювання, координації та самоорганізації визначальних підсистем;

- аналізу альтернативних варіантів маршруту, що ліквідує запізнення, які існують у традиційних неавтоматизованих технологіях спільного опису різнотипної інформації про об'єкти та характеристики транспортної інфраструктури, що дозволяє синхронізувати роботу з просторовою та атрибутивною інформацією.

Практичну значущість наукових результатів дослідження підтверджено впровадженням на КП «Комунальник» (акт впровадження від 08.10.2018), а також у роботі «Департаменту інформаційних технологій» Маріупольської міської ради (акт впровадження від 15.09.2018) та «Управління екології, енергоменеджменту та охорони праці» (акт впровадження від 20.07.2018) та при організації навчального процесу студентів в ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», Національний транспортний університет.

Особистий внесок здобувача. Всі основні результати, що виносяться на захист, отримані особисто здобувачем і ґрунтуються на опублікованих наукових результатах. При підготовці публікацій зі співавторами внесок здобувача був визначальним: у [1] розроблено ситуаційний підхід на основі «fuzzy» логіки, [2] проведено дослідження ІТ механізмів управління транспортними потоками, [3] –

формалізовано модель управління міськими інтелектуальними транспортними системами, [4] розроблено систему екологічного моніторингу відрізків маршрутів вантажного транспорту, у [5] розроблено методи врахування комплексних показників при функціонуванні системи індустріального центру, у [6] розроблено S-гіпермережа промислового центру на прикладі м. Маріуполь, [7] розроблено модифікацію методів інформаційного управління транспортними системами промислових центрів, у [8] розроблено комплекс лінгвістичних методів управління роботою системи в екологічно нестабільному середовищі, у [9] розроблено комплекс методів усунення конфліктних ситуацій при ситуаційному збігу різноманітних обставин.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дослідження доповідалися і обговорювалися на: міжнародних науково - практичних конференціях: «Комп'ютерні науки для інформаційного суспільства» (Луганськ, 22-23.2010р.), «Транспорт і логістика» (Донецьк, 13-14.10.2010р.), «Логістика промислових регіонів» (Донецьк - Святогірськ, 6-9.04.2011р.), «Логістика промислових регіонів» (Донецьк - Святогірськ, 23-25.04.2012р.), «Логістика промислових регіонів» (Донецьк, 3-4.04.2013р.), «VI international conference transport problems 2014» (Катовіце, 23.06.2014р.); «Прикладні інформаційні системи і технології» (Київ, 1.10.2018р.), міжнародних науково - технічних конференціях: «Університетська наука - 2011» (Маріуполь, 15-17.05.2011р.), «Університетська наука - 2012» (Маріуполь, 24-27.05.2012р.), «Університетська наука – 2014р.» (Маріуполь, 20-21.05.2014р.), «Проблеми інфокомунікацій» (Полтава, 5.12.2018); LXXV науковій конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів Національного транспортного університету (м. Київ, 15-17.05.2019 р.).

Публікації. Основні результати за темою дисертації опубліковано у 20 наукових працях, у тому числі 9 статей – з них: 6 - у спеціалізованих виданнях, 3 – у виданнях, цитованих у науково-метричних базах Index Copernicus, РІНЦ та ін. і 11 публікацій - у збірниках праць наукових конференцій.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 171 сторінок, включаючи 153 сторінок основного тексту, 15 таблиць, 41 рисунка, список використаних джерел зі 157 найменування та 2 додатки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** розглянута доцільність розробки наукової проблеми, обґрунтована актуальність теми дисертаційного дослідження, представлені задачі дослідження, визначені положення наукової новизни, подане теоретичне й практичне значення отриманих результатів, а також представлено інформацію щодо апробації отриманих результатів та їх практичної реалізації.

Перший розділ дисертації присвячено аналітичному огляду, класифікації моделей і методів вирішення завдань управління рівнем екологічного навантаження на ЗОС засобами транспортної інфраструктури промислових центрів, що є однією із під задач міських інтелектуальних транспортних систем. МІТС застосовуються для

вирішення завдань організації дорожнього руху, на основі сучасних інформаційних технологій, організації інформаційних потоків щодо функціонування транспортної інфраструктури. У розділі наведені результати аналізу функціонування існуючих МІТС та їх можливостей управління об'єктами транспортної інфраструктури. МІТС характеризує комплекс інтегрованих засобів управління транспортним потоком, що застосовуються для вирішення всіх видів транспортних завдань, на основі сучасних технологій, методів моделювання транспортних процесів, програмного забезпечення, організації інформаційних потоків про функціонування транспортної мережі в *real-time*.

Аналіз функціонування МІТС показує, що концепція їх розвитку включає вивчення функцій існуючих систем управління рухом і перевезеннями, оцінку ступеня впливу різних підсистем на розвиток транспортної системи, створення архітектури і погодження стандартів для розвитку МІТС, як інтегрованих систем.

Аналіз існуючих просторово-аналітичних систем показав недостатню присутність в них такого інструменту, як методи штучного інтелекту, що дозволяють вирішувати завдання великої розмірності за допомогою моделювання природних процесів мислення. Великі успіхи останнім часом досягнуті в області штучних нейронних мереж. При пошуку прихованих закономірностей у просторово-координованих даних може бути використана одна з основних властивостей нейронних мереж - можливість апроксимувати будь-яку характеристику із заданою точністю. На якість обробки інформації суттєво впливає структура нейронної мережі, підбір якої є нетривіальним завданням, внаслідок чого перспективними є механізми самоорганізації нейронних мереж.

Проведений аналіз показав необхідність комплексного розгляду проблеми побудови аналітичних систем, здатних підтримувати прийняття рішень для ефективного управління транспортною інфраструктурою промислових центрів в умовах впливу гетерогенних факторів на ЗОС та забезпечувати інформаційну підтримку управління просторово-координованими об'єктами за допомогою нейронних мереж, що самоорганізуються.

Методи даного напрямку прогнозування засновані на експертних системах, мережах штучних нейронів і системах на базі *fuzzy* - логіки. *Fuzzy* управління виявляється особливо корисним, коли технологічні процеси є занадто складними для аналізу за допомогою загальноприйнятих кількісних методів або коли доступні джерела інформації інтерпретуються неточно або невизначено.

Таким чином, у зв'язку з тим, що процеси прогнозування зміни стану просторово - координованого об'єкта в організаційних МІТС досить складні для аналізу за допомогою загальноприйнятих кількісних методів, а поточний стан дорожніх об'єктів може дуже зручно інтерпретуватися якісною інформацією, вважаємо, що для прогнозування зміни стану об'єктів в МІТС великі можливості відкриває використання *fuzzy*- логіки і *fuzzy neural networks*.

Другий розділ присвячено розробці методів оцінки та прогнозування стану складного об'єкта з метою інтелектуальної підтримки прийняття управлінських рішень.

Умовою ефективного управління складною динамічною системою є розробка комплексу взаємопов'язаних моделей, що адекватно описують властивості і поведінку системи з позиції досягнення поставленої мети. Описуючи рівні

деталізації і різні аспекти використання, статичні моделі дозволяють проводити послідовну багаторівневу декомпозицію досліджуваної системи з подальшою стратифікацією.

Для управління та забезпечення мінімізації екологічного навантаження необхідна просторово-координована і атрибутивна інформація про інциденти на ВДМ промислових центрів. Інформаційна підтримка дозволяє проводити просторовий аналіз гетерогенного впливу і забезпечувати рекомендаціями по розробці схем дислокації технічних засобів дорожнього руху та маршрутів промислових транспортних засобів.

Аналіз транспортної інфраструктури та діяльності організацій, що надають на неї безпосередній вплив, дозволив запропонувати схему використання просторово-координованої і атрибутивної інформації за інформаційної підтримки управління екологічною безпекою і пропускнуою спроможністю ВДМ (рис. 1).

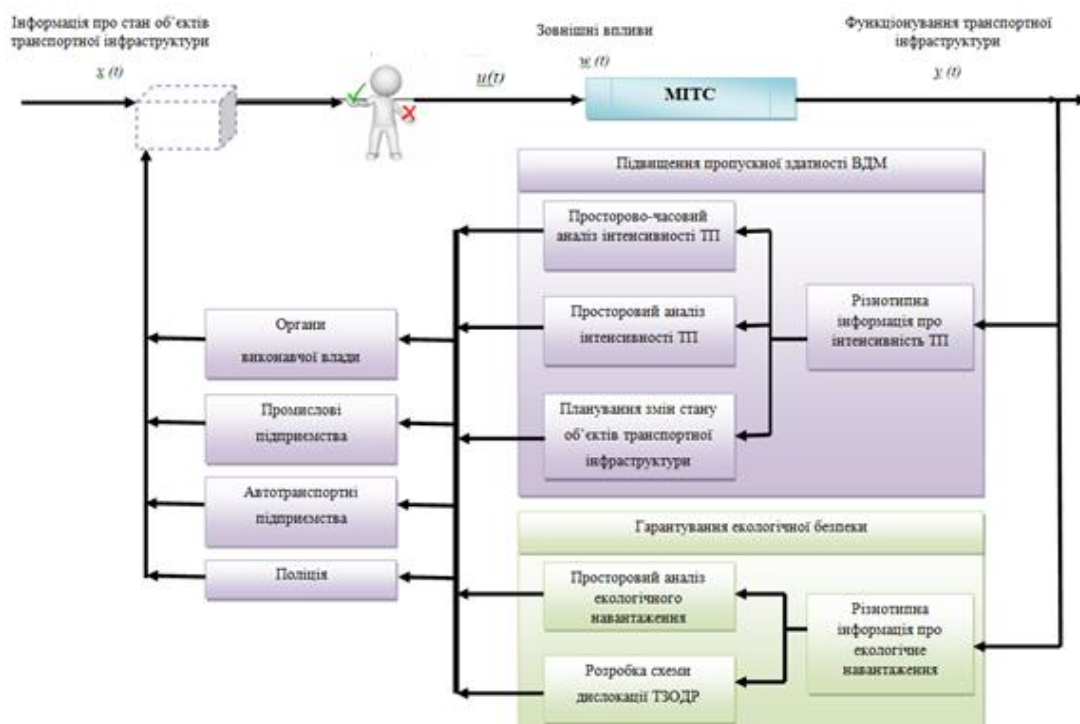


Рисунок 1 – Схема використання просторової та атрибутивної інформації

Транспортна інфраструктура розглядається в онтологічному базисі, що містить три елементи: $\{\tilde{E}, \tilde{A}, \tilde{R}\}$ $\tilde{E}$ – множина сутностей предметної області; $\tilde{A}$ – множина атрибутів сутностей; $\tilde{R}$ – множина відносин між сутностями.

Математична модель транспортної інфраструктури надається у вигляді: $\{\tilde{\Theta}, \tilde{S}, \tilde{O}\}$ $\tilde{\Theta}$ – ВДМ; $\tilde{S}$ – макромодель транспортного потоку; $\tilde{O}$ – дорожні об'єкти. ВДМ $\tilde{\Theta}$ – це сукупність трьох множин $\{\tilde{\Theta}^X, \tilde{V}, \tilde{E}\}$ – ділянок, вузлів та дуг, відповідно.

Тріада $\{\tilde{\Theta}^X, \tilde{V}, \tilde{E}\}$ є базисом математичної моделі транспортної інфраструктури, всі інші об'єкти так чи інакше прив'язані до цього базису.

Геометрична складова математичної моделі ділянки ВДМ надається:

$$G^{\theta_i^x}(\xi_{i,1}^x, \xi_{i,2}^x, \dots, \xi_{i,N_i}^x),$$

де $\xi_{i,j}^x(X_{i,j}^{\theta^x}, Y_{i,j}^{\theta^x})$, $i = 1 - M^{\theta}$, $j = 1 - N_i^{\theta}$ – вершини полігона; $(X_{i,j}^{\theta^x}, Y_{i,j}^{\theta^x})$ – координати вершини полігона; M^{θ} – число ділянок ВДМ; N_i^{θ} – кількість вершин полігону i -ої ділянки.

Вузол є вершиною орієнтованого графа гіпермережі, що каналізує транспортні потоки на ВДМ. Вузол $v_k \in \tilde{V}$ завжди розташований на кордоні двох ділянок і володіє наступними іманентними властивостями: приналежність до ділянок, між якими розташований вузол $\{\theta_i^x, \theta_j^x\}$, де $\theta_i^x, \theta_j^x \in \theta^x$; $\theta_i^x \notin \emptyset$; $\theta_i^x \notin \theta_j^x$; $i, j = 1 - M^{\theta}$; величина кута між ділянками $y^{v_k} \in [1, \pi]$. Дуга $e_l \in \tilde{E}$ – це елемент орієнтованого графа гіпермережі, що задає напрямок руху потоку на ділянці.

В рамках макроскопічного підходу транспортний потік $\tilde{S} = \{\tilde{s}_i\}$, $i=1,2,\dots,n$, що рухається по ВДМ – по дугах $e_l \in \tilde{E}$, характеризується загальною середньою швидкістю v , щільністю потоку k і інтенсивністю руху I в певний момент часу в заданому місці вулично-дорожньої мережі.

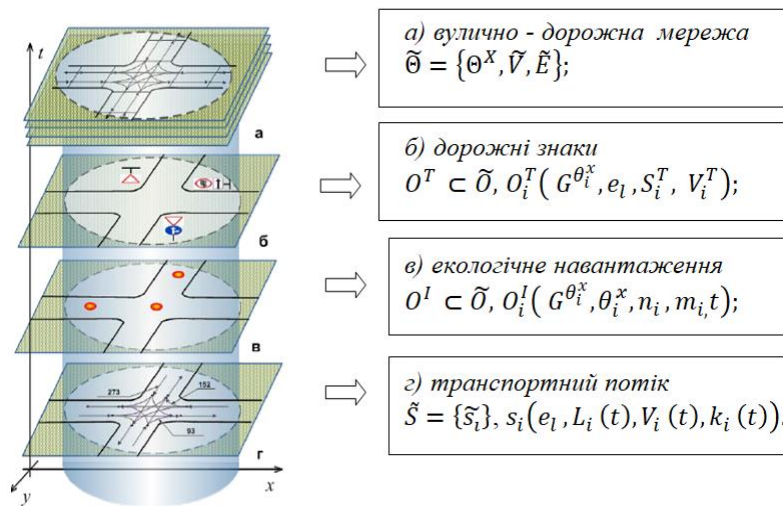


Рисунок 2 - Спільний опис різнотипних геооб'єктів

В розділі розроблено також метод надбання самонавчання і нейромережева топологія ГАУ в нестаціонарних середовищах. Критерії роботи системи ГАУ було сформовано наступним чином:

- 1) система в нестаціонарному середовищі повинна виконувати цільову функцію;
- 2) система ГАУ повинна мінімізувати коефіцієнт екологічного навантаження;
- 3) при виконанні завдання на підставі інформації від зовнішнього середовища об'єкт, при необхідності, змінює свою поведінку (маршрут);
- 4) наступний шар нейромережі навчається на своїх помилках, шляхом виявлення зміненого характеру впливу середовища (система ГАУ виробляє нові способи реакції на дії);

5) нейромережа повинна адаптуватися до середовища в процесі виконання завдання перевезення вантажу. Необхідно побудувати систему управління потоком промислового транспорту таку, що адаптується в процесі виконання маршруту, без попереднього навчання (самонавчання). Вимога адаптації в процесі виконання завдання (здійснення перевезення), без попереднього навчання в конкретному середовищі промислового центру, є принципово відмінною вимогою постановки завдання даної роботи.

Для реалізації системи ГАУ МІТС будемо використовувати топологію з двома компонентами - компонентою «ОПР» (особа що приймає рішення) і компонентою «експерт». Основна компонента системи - вирішальна («ОПР»). Вона отримує на вхід відомості про поточний стан середовища, поточний стан об'єкта та видає на вихід керуючі впливи.

Найважливіша частина системи - компонента навчання («експерт»). Тут оцінюється стан середовища з точки зору зміни тактики поведінки, а також формуються змінені правила поведінки системи. На вхід цієї компоненти подаються відомості про стан середовища, оброблені сенсорною компонентою.

Система ГАУ повинна мінімізувати коефіцієнт екологічного навантаження (KE). KE використовується для виявлення зміни стратегії поведінки. Таким чином данні про екологічний стан системи є основним джерелом інформації для побудови ефективної схеми самонавчання. При цьому KE обчислюється на основі обробки відомостей про зовнішнє середовище.

Вся система в цілому побудована на єдиній нейронній мережі розробленої топології. Топологія в структурному вигляді представлена на рис. 3.

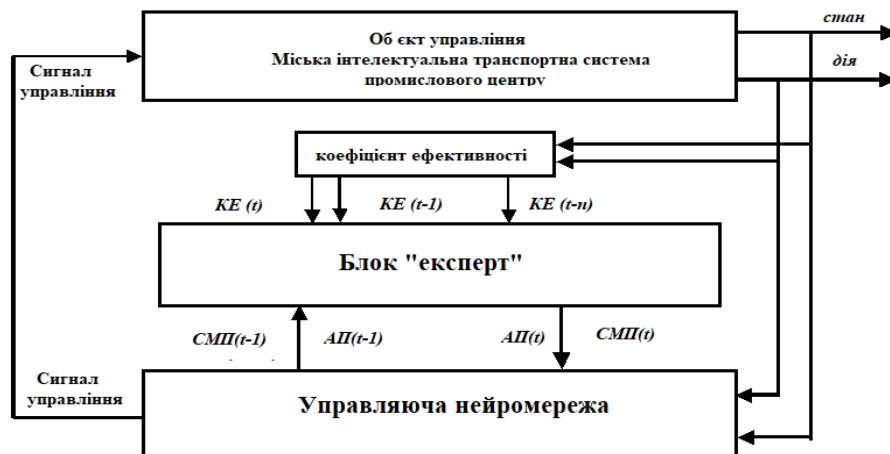


Рисунок 3 – Топологія, що використовується для реалізації системи ГАУ МІТС

Таким чином знаходження залежностей між різнотипними параметрами об'єктів можливо за допомогою апарату нейронних мереж. Зокрема, апроксимований аналіз проведено за допомогою багатошарового персиптрона.

Для вирішення кожного з поставлених завдань визначена оптимальна архітектура багатошарового персиптрона. Показана достатність одного прихованого шару і розроблена методика знаходження оптимального числа нейронів в прихованому шарі на основі комплексного використання зовнішніх критеріїв і середнього відхилення значень залежних параметрів.

Основним моментом алгоритму самоорганізації нейронів є установка тільки критерію оптимальності, а ефективні входи вибираються самими нейронами в процесі самоорганізації. (рис. 4).

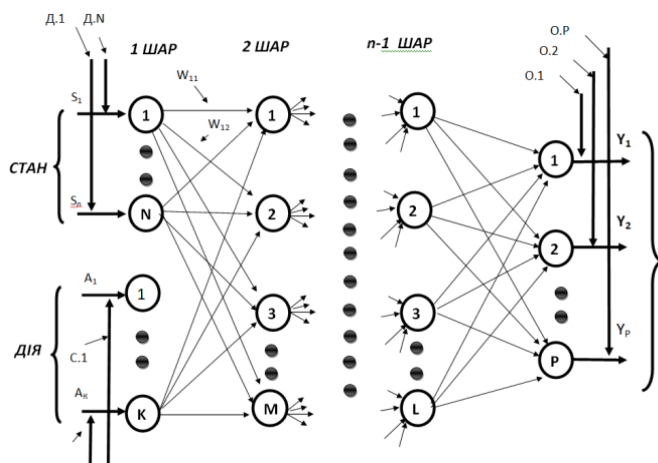


Рисунок 4 - Етапи процесу самоорганізації нейронної мережі в компоненті «експерт»

У **третьому розділі** розглядається процес синтезу інформаційних моделей управління просторово-координованими об'єктами в умовах впливу гетерогенних факторів на основі систему ANFIS (Adaptive Neuro – Fuzzy Inference System). Розглянуто на (рис. 5) уніфіковану концептуальну модель ситуаційного управління МІТС.

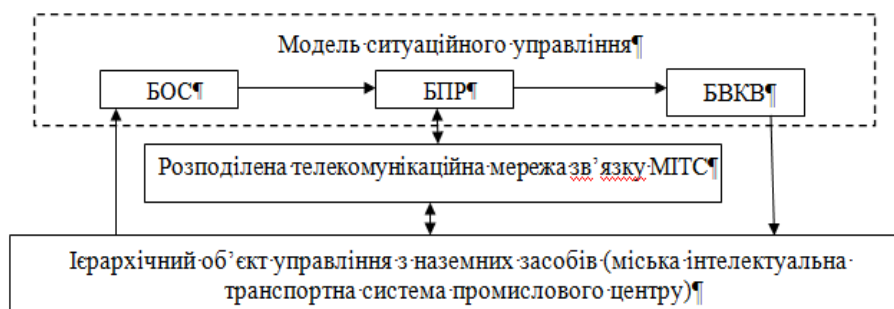


Рисунок 5 - Структура ситуаційного управління МІТС

Нехай $P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$ – кортеж m ознак, що описують стан транспортних об'єктно-орієнтованих компонентів транспортної системи індустріального центру. Кожна поточна ознака p_i розгортається відповідно до лінгвістичної змінної:

$$\langle p_i, T_i, D_i \rangle, \quad \forall i = \overline{1, m}, \quad (1)$$

де $T_i = \{T_1^i, T_2^i, \dots, T_{m_i}^i\}$ – терм-множина сутнісної лінгвістичної змінної; m_i – число терм-множин лінгвістичної змінної якісної p_i ознаки; D_i – базова множина ознак p_i для кожного типового кортежу.

Терми $T_j^i (i \in \{1, 2, \dots, m\}, j \in \{1, 2, \dots, m_i\})$ описуються з використанням fuzzy множин A_{ij} , що задаються значенням функції приналежності $\mu_{A_j}(p_i)$ у відповідних базових множинах $p_i \in D_i$:

$$A_{ij} = \left\{ \left(\mu_{A_j}(p_i) / p_i \right) \right\}, p_i \in D_i, \quad (2)$$

Реальна *fuzzy* ситуація $\mathcal{S}$ відображає опис множин другого рівня:

$$\mathcal{S} = \{(\mathcal{S}(p_i) / p_i)\}, \quad i = (1, 2, \dots, m), \quad (3)$$

$$\mathcal{S}(p_i) = \left\{ \left(\frac{\mu_{A_j}(p'_i)}{T_j^i} \right) \right\}, \quad j = (1, 2, \dots, m_i), \quad (4)$$

де $\mu_{A_j}(p'_i)$ – значення функції приналежності при заданому p_i значенні ознаки.

Надійність функціонування МІТС промислового центру при виникненні відмов {вершини (аварія на перехресті, екологічний стан, затор); фізичної мережі (ДТП або з дорожнім полотном); ребра логістичної мережі (комутаційні маніпуляції, неправильна передача, відмова інформаційного потоку)} можна оцінити такими інтегрованими факторами, як стійкість і ресурс живучості у просторі та часі для аналізу якості реальних транспортних потоків, що моделюємо по ребрах гіпермережі.

Наприклад, ситуація, що описує одне з *fuzzy* станів надійності системи на певній ділянці ВДМ МІТС або ТДК при заданих значеннях ознак $\{p_1$ – стійкість, p_2 – ресурс живучості} Буде чисельно представлена наступним чином.

$\mathcal{S}_k = \{((0,2 / \text{«низька»}), (0,5 / \text{«середня»}), (0,9 / \text{«висока»} / \text{стійкість})); ((0,1 / \text{«низька»}), (0,7 / \text{«середня»}), (0,3 / \text{«висока»}) / \text{живучість})\}$.

Кортежі керуючих рішень, необхідних для виведення рішень щодо поточної ситуації, а також їх послідовність для досягнення цільової ситуації визначають стратегію почергового управління - маршрутом в FSN між поточною і цільовою ситуаціями.

У зв'язку з вище переліченим FSN виглядає наступним чином:

$$G = (\mathcal{S}, R, \alpha), \quad (5)$$

де $\mathcal{S} = \{\mathcal{S}_1, \mathcal{S}_2, \dots, \mathcal{S}_w\}$ – вершини FSN, відповідні еталонним лінгвістично описаним ситуаціям з типового кортежу ПАК;

$R = (R_1, \dots, R_f)$ – кортеж f дуг (гілок, ребер) між вершинами, що представляють можливі ресурсозабезпечені для реалізації гарантовані управлінські рішення;

$\alpha(\mathcal{S}_i, R_j)$ – ступінь переваги застосування керуючого рішення R_j в ситуації $\mathcal{S}_i$ в порівнянні з іншими керуючими рішеннями згідно типового R кортежу.

Ступеневі переваги керуючих рішень залежать від ситуації і визначають ГАУ у просторі та часі. Тому поточні рішення ПАК в процесі моделювання МІТС промислового центру залежить від заздалегідь формалізованої моделі.

При моделюванні переходів системи з однієї ситуації в іншу попередньо виявляють множину можливих оперативнокеруючих рішень $R = (R_1, \dots, R_f)$, які задаються у вигляді відносин між термами $T_i = \{T_1^i, T_2^i, \dots, T_{m_i}^i\}$ ознак $P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$. Для кожної ситуації $\mathcal{S}_k \in \mathcal{S}$ формується підмножина ситуацій $\mathcal{S}^k \in \mathcal{S}$, в які може перейти система із ситуації $\mathcal{S}_k$ під дією керуючих рішень з множини R . Після цього вершина FSN $\mathcal{S}_k$ об'єднується дугами кожною вершиною з $\mathcal{S}^k$. Дуги визначають відповідні рішення і ступеня їх переваг в ситуації $\mathcal{S}_k$. Дана процедура повторюється для всіх ситуацій з множини $\mathcal{S}$.

Моделювання переходу з поточної ситуації ζ_k , $\forall k = \overline{1, K}$ у цільову поточну ситуацію ζ_l під дією керуючих рішень $R_y \in R$ виконується на підставі мінімаксної композиції і східного значення ознаки p_i ситуації ζ_k та відношення M_j^i $\forall j = \overline{1, J}$, що задає рішення R_g конкретній оптимізаційній задачі.

$$\zeta_l = \max_{k \in K} \left\{ \min_{j \in J} [\zeta_k, M_j^i] \right\}. \quad (6)$$

Таким чином, запропонований метод формалізації якісних суджень з подальшою їх математичною обробкою дозволить використовувати якісну інформацію експертів на рівні з точними даними інструментальних вимірювань. На його основі розроблена виробничо-орієнтована система ідентифікації стану МІТС, а також комплексної оцінки негативного впливу на ЗОС.

Fuzzy neural network (FNN) включає в себе як механізм композиційного виведення прогнозованого стану конструктивних елементів МІТС, так і процедуру навчання. Реалізація навчання на основі використання статистичних даних дозволяє підвищити об'єктивність і точність моделі прогнозування зміни стану просторово-координованих об'єктів МІТС до необхідної величини. На рис.6 реалізовано *FNN* з прогнозування зміни СДС на прикладі стану оточуючого середовища МІТС з використанням трьох правил, яка здатна здійснювати прогноз мінливого стану складного об'єкта в організаційних системах ВДМ на основі методу *fuzzy* виводу. При цьому результати прогнозу *FNN* не відрізняються від роботи *fuzzy* - композиційного виведення.

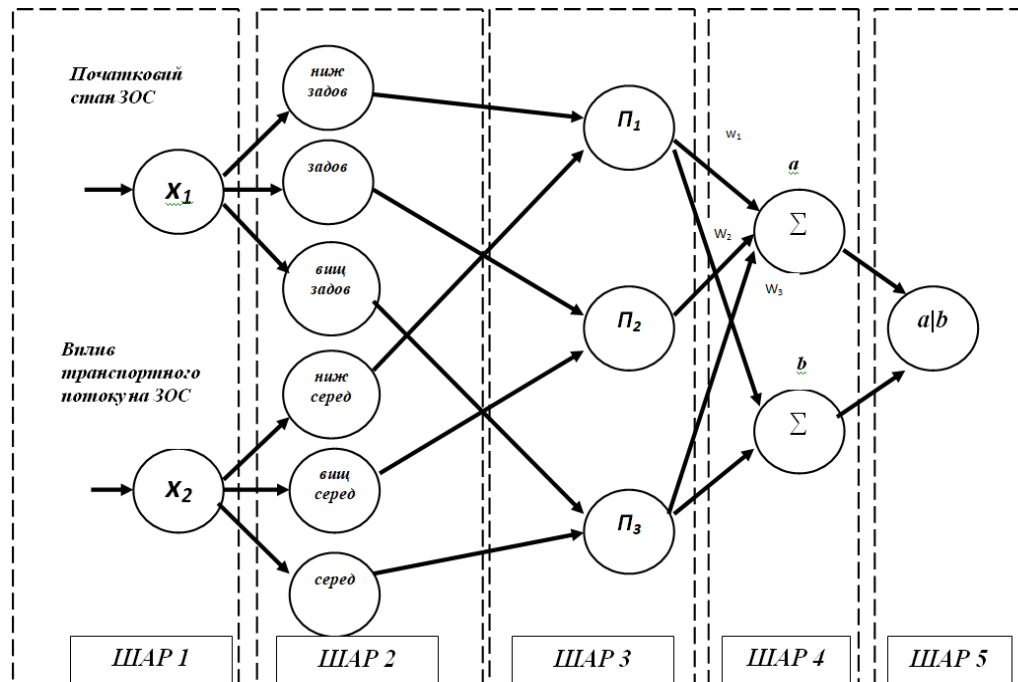


Рисунок 6 – Реалізація *FNN* з прогнозування зміни СДС на прикладі стану навколишнього середовища МІТС

На рис 7 представлено розрахунок прогнозованого стану МІТС під впливом гетерогенних факторів нестаціонарного середовища за допомогою побудованої математичної моделі наведеної *FNN*.

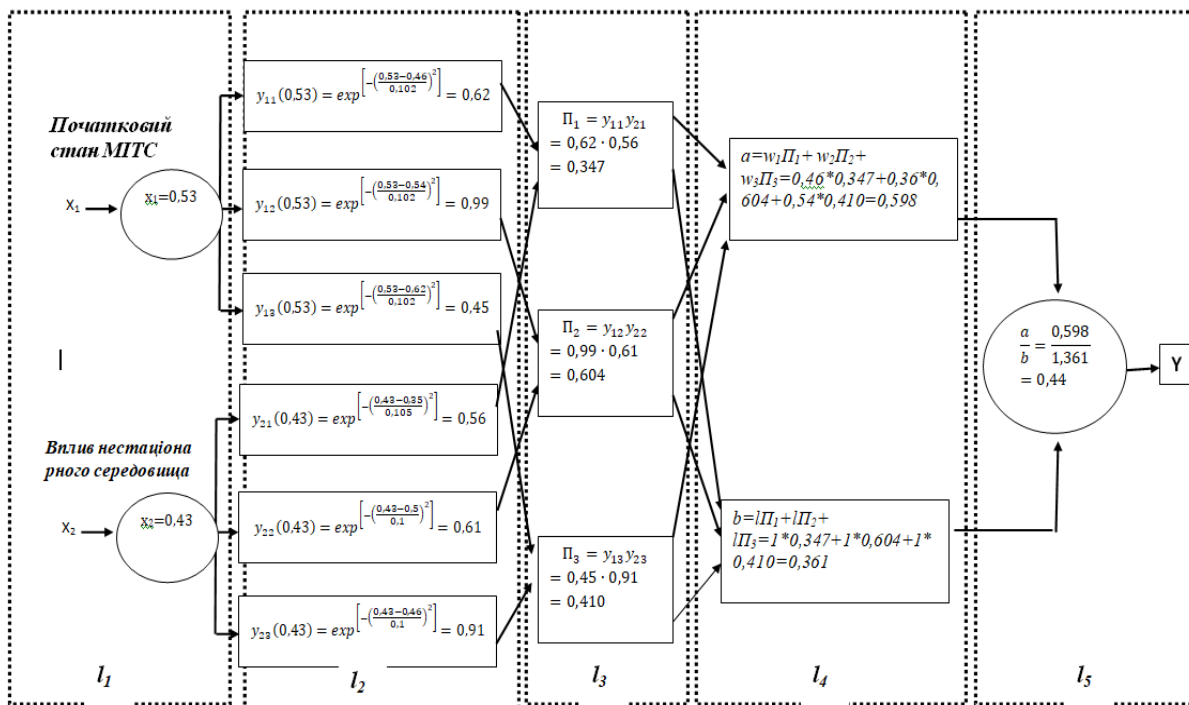


Рисунок 7 - Розрахунок прогнозового стану МІТС на основі FNN

Таким чином, робота FNN в «прямому напрямку», тобто прогноз стану складного об'єкта, по суті є альтернативним поданням fuzzy композиційного виведення. Однак на відміну від моделі, заснованої виключно на fuzzy - логіці, модель, використовує гібридний механізм FNN, і тому здатна навчатися, підвищуючи точність прогнозу.

FNN за допомогою навчання дозволяє усунути вразливі місця моделі прогнозування зміни якісного стану МІТС, заснованої виключно на fuzzy висновку, а саме:

- 1) сітка правил створена експертним шляхом, а отже, несе відому частку суб'єктивізму;
- 2) функції належності входних змінних будуються з опорою на нормативні джерела лише частково, а тому також досить суб'єктивні.

Перейдемо до розгляду процедур навчання нечіткої нейронної мережі. Умовно навчання мережі, що лежить в основі моделі прогнозування зміни стану об'єкта, можна розділити на дві складові:

1. Навчання, що ставить за мету коригування вагових коефіцієнтів зв'язків між третім і четвертим шаром.

Налаштування вагових коефіцієнтів дозволить скорегувати праву частину fuzzy правил, тобто вираз, що йде після слова «то». По суті, дана складова являє собою коригування виду fuzzy правил, оскільки ваги зв'язків є не що інше, як центр функцій приналежності вихідних fuzzy множин. Завдяки реалізації даного напрямку в моделі прогнозування зміни стану об'єкта буде усунутий суб'єктивізм в формулюванні набору fuzzy правил.

2. Навчання, що ставить за мету коригування форми гаусовських функцій, що представляють нейрони другого шару. Дана складова навчання являє собою коригування форми функцій належності fuzzy множин, що використовуються як лівій частині fuzzy правил, тобто виразів, яким передуює слово «якщо».

Завдяки реалізації даного напрямку в моделі прогнозування зміни стану об'єкта буде усунутий суб'єктивізм у функціональному описі *fuzzy* множин.

В результаті ПАК формує поточну у просторі та часі взаємоузгоджену ситуацію, що відображає стан ГАУ на ділянках МІТС промислового центру, відповідно до стану екологічних змін в наслідок впливів нестаціонарного середовища. У разі, якщо сформована ситуація не задовольняє логістичним, ресурсним, технологічним поточним обмеженням й вимогам, що пред'являються до системи транспортних потоків, то моделюється подальший перехід до інших варіантів. Даний процес циклічно повторюється до переходу системи в цільову ситуацію, що задовольняє багатокритеріальним вимогам, за предикативним критерієм рівня надійності, живучості, функціональної стійкості та екологічної безпеки.

У **четвертому розділі** наводиться оцінювання ефективності моделювання програмного засобу, що реалізує методи і алгоритми обробки різнотипної інформації про об'єкти транспортної інфраструктури промислового центру на основі нейромережових і геоінформаційних технологій. Дослідна експлуатація показала адекватність розроблених в дисертації інформаційних моделей, а також запропонованих методів і алгоритмів. Розроблений аналітичний інструментарій має функції редагування і аналізу просторово-координованих об'єктів за умов впливу гетерогенних факторів і містить засоби автоматизації проведення обчислювального експерименту на моделях. Даний функціонал дозволяє вирішити завдання гарантованого адаптивного управління об'єктами транспортної інфраструктури. На рис. 8 представлено інтерфейс аналітичного інструментарію користувача призначений для вирішення завдання просторового аналізу екологічного навантаження.

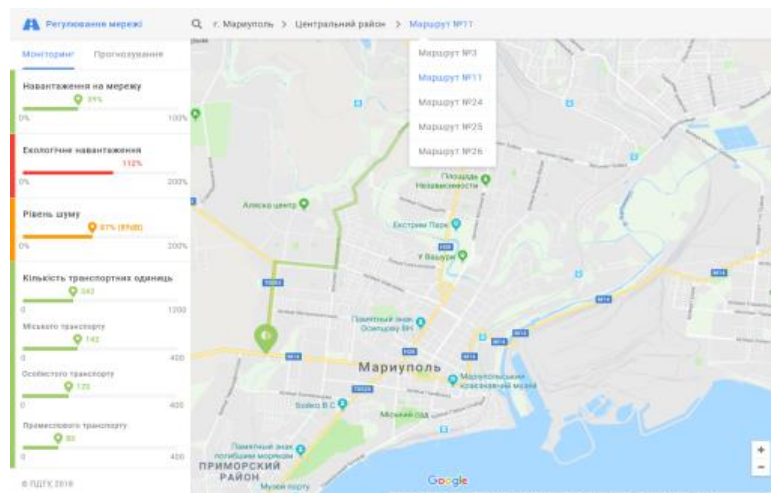


Рисунок 8 - Аналітичний інструментарій МІТС

Методологія дослідження просторово-координованих об'єктів за умов впливу гетерогенних факторів спирається на комплексне використання розроблених інструментальних засобів, що дозволяють здійснювати введення вихідних даних, попередню обробку і дослідження МІТС, порівняння результатів аналізу і застосування побудованих в ході дослідження моделей. Варіювання даних параметрів з подальшим розрахунком екологічного навантаження на систему або

інтенсивності транспортного потоку дозволяє швидко і ефективно знаходити оптимальні керуючі впливи на транспортну інфраструктуру. Практичні розрахунки було проведені на прикладі транспортної системи м. Маріуполь. Розрахунки по заходах оптимізації на прикладі управління станом екологічного навантаження м. Маріуполь (ланцюг підприємство-перевізник-споживач) представлені в табл. 1.

Таблиця 1 - Аналіз змін екологічного навантаження на транспортну систему при здійсненні оптимізаційних заходів

Найменування маршруту промислового транспорту	Факт КиЗА (згідно даним управління екології міської ради м. Маріуполь)		Прогноз ЕН при оптимізації	Зниження ЕН при оптимізації	
	2017 г.	2018р.		абсол	віднос
Маршрут: І прохідні «І» -порт	0,67	0,72	0,775	0,055	7,6
Маршрут: ІІ прохідні «І» - порт	0,73	0,69	0,744	0,054	7,8
Маршрут: Східні прохідні «А»- порт	0,72	0,66	0,709	0,049	7,4
Маршрут: Центральні прохідні «А» - порт	0,59	0,63	0,675	0,045	7,1
Маршрут: Центральні прохідні «І» - виїзд з міста (траса Запоріжжя)	0,57	0,62	0,661	0,041	6,6
Маршрут: Центральні прохідні «А» - виїзд з міста (траса рекреаційного центру)	0,54	0,68	0,739	0,059	8,7

Загальна кількість прикладів-кілометрів у виборці склало більше півтори тисячі. Для отримання даних транспортної системи використовувались як візуально-вербальне експертне оцінювання так і данні досліджень. Для отримання оцінки впливу погодно-кліматичних факторів використовувались данні метеослужби м. Маріуполь. Результати прогнозного стану транспортної системи на прикладі інтенсивності з використанням правил по окремим ділянкам відрізняються від фактичного на 10-12% при цьому сумарна похибка на всю ділянку не перевищує 8%. Данні результати отримано при швидкості навчання 0,1, похибка прогнозування за тестовою вибіркою задавалась не більш 0,01 – 0,03. При необхідності можливо підвищення точності прогнозування, але це значним чином збільшить час навчання.

Після того, як точність прогнозування АСУ «ST» налаштована до необхідної величини, здійснювався пошук оптимальних рішень при управлінні якісним станом об'єктів в МІТС. Перший тип оптимізаційних розрахунків призначений для вибору маршрутів промислового транспорту таким чином, щоб досягти мінімального екологічного навантаження при заданому значенні показника швидкісного завдання.

Відомо, що в плануванні маршрутів присутній суб'єктивізм ОПР. В результаті кінцевий стан складного об'єкта в МІТС досягається шляхом більшого екологічного

впливу на ЗОС, ніж могли б мати місце при обґрунтованій системі розподілу маршрутів. Запропонований тип оптимізаційних розрахунків призначений для отримання заданого якісного стану системи з найменшим екологічним навантаженням.

Для аналізу обрані понад сто найбільш завантажених перехресть. Дослідна експлуатація програмного засобу МІТС дозволила підвищити якість екологічного стану зовнішнього оточуючого середовища м. Маріуполь. Запропоновані практичні рекомендації дозволили зменшити час простою транспортних засобів в міських мережах і покращити їх енергоефективність на 3% від існуючих нормативів і зменшити викид парникових газів на 5% від існуючих показників. Впровадження і використання результатів даної роботи дозволяють зробити висновок, що запропоноване методичне забезпечення при нестаціонарному впливі ЗОС гарантує інформаційну технологію для ефективного оцінювання інтегрального показника якості функціонування МІТС протягом 24 годин кожної поточної доби.

ВИСНОВКИ

Головним результатом роботи є створення методології інтелектуальної підтримки прийняття управлінських рішень в організаційних системах МІТС, що дозволяє, використовуючи лінгвістичні експертні оцінки і нечіткі нейронні алгоритми з необхідним ступенем адекватності, описувати процес розвитку об'єкта на різних рівнях деталізації, враховувати динаміку зміни його елементів, формалізувати ресурси та інші обмеження і вирішувати на єдиній методологічній основі класу задач інтелектуального забезпечення процесу управління.

За підсумками роботи сформульовані такі основні висновки:

1.Проведений аналіз існуючих методів та інформаційних технологій показав той факт, що транспортні сполучення й перевезення у межах транспортної системи промислових центрів керуються відповідно до заздалегідь визначених правил розподілу функцій на полосах кожної з ділянок ВДМ з вимогами до обмежень швидкості руху транспортних засобів та диспетчерського формування поточної «зеленої хвилі» світлофорами на переходах. Існуючі технології не вирішують проблему оперативного диспетчерського керування діяльності транспорту та його впливу на зовнішнє оточуюче середовище.

2. Формалізація архітектури інформаційної технології моделювання процесів функціонування просторово-координованих об'єктів міської інтелектуальної транспортної системи для управління екологічним станом за критеріями безпеки життя у цьому просторі дала можливість сформувати інформаційну базу реальних чинників для забезпечення достовірності, високої точності та результативності у формі техніко-технологічних рішень, та побудувати, за рахунок веб-послуг співвиконавців та «хмарних» технологій, відповіді на екстрені замовлення.

3. Розроблений синтез баз знань прогностичних режимів ієрархічного управління діями просторово-координованих об'єктами на протязі 24 годин інтервалу кожної доби з урахуванням нейромережевого аналізу функціонування складної динамічної системи та впливу багатьох гетерогенних факторів нестаціонарного зовнішнього оточуючого середовища показав – що МІТС вимагають за поточних умов руху транспортних засобів та їх потоків координації, самоорганізації та комплексного

оцінювання ефективності функціонування всіх складових системи.

4. Розроблено засоби комплексного оцінювання і показників рівня екологічної безпеки МІТС для гарантованого адаптивного управління поточним станом руху транспортних засобів, що дало змогу забезпечити передачу масовими засобами комунікації міста упереджених й чітких даних стосовно рекомендацій для системоутворюючих маршрутів руху. Точність рекомендацій дозволяє всім частинам складної динамічної системи не витратити час на очікування при значних інтервалах запізнень з поточним обслуговуванням.

Для перевірки запропонованого методу на адекватність було проведено використання відомого та розробленого програмного засобу та реальних даних. Запропоновані практичні рекомендації дозволили зменшити кількість виникнення конфліктних ситуацій на маршрутах промислового транспорту з надмірними викидами у 2 рази від існуючих показників, за рахунок скорочення інтервалу замірів екологічного навантаження та автоматизації передачі даних час прийняття рішення зі зміни маршрутів скоротився у 8 разів, індекс викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря на ділянках ВДМ при цьому зменшився з показника 0,81 до 0,73 (європейська норма 0,65).

СПИСОК РОБІТ, ОПУБЛІКОВАНИХ АВТОРОМ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Публікації у виданнях, які включені до міжнародних наукометричних баз

1. Нефедова Я.И., Мнацаканян М. С. Моделирование ситилогистических систем транспортных потоков в условиях влияния факторов неопределенности // V International Scientific Conferens. II International Symposium of Young Researchers. – Katowice: Silesian University of Technology, 2013. - С. 493-501.

2. Mnatsakanian M., Danilova T., Kuzmych V., Redziuk A., Ageiev V., Gorpyniok A., Popovych P. Comparative analysis of the oretical basis of existing program packages for modeling flow sin the transport chain // MOTROL. Commission of Motorization and Energeticsin Agriculture. – 2018. – Vol.20. No.1. – P. 49-54.

3. Баранов Г.Л., Мнацаканян М.С., Комісаренко О.С. Моделювання процесів МІТС зі змінними ситуаціями в часі та просторі // Polish journal of science. – 2019. - Vol.1. No.12. - С. 30-38.

Публікації у фахових виданнях

4. Лямзин А.А., Нефедова Я.И., Мнацаканян М.С. Управление транспортными потоками промышленных центров Донецкого региона // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. - Донецьк: Донецька академія автомобільного транспорту, 2012. - №1. - С. 19 – 23.

5. Нефедова Я.И., Мнацаканян М.С. Моделирование транспортных потоков системы промышленного центра // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. – Донецьк: Донецька академія автомобільного транспорту, 2013. - №3. - С. 4-11.

6. Лямзін А.О., Майорова І.М., Мнацаканян М.С., Український Є.О. Прикладні сіті логістичні рішення в умовах урбанізації транспортних мереж міського середовища // Вісник національного авіаційного університету. Серія: Наукоємні

технології. – Київ: Національний авіаційний університет, 2014. - №3 (23). - С.330 – 335.

7. Мнацаканян М.С., Данилова Т.Г., Назаренко М.В., Кузьмич В.М. Формування транспортної мережі індустріального центру на базі методів імітаційного моделювання // Автошляховик України. Науково-виробничий журнал. - К.: ДП «ДержавтотрансНДІпроект», 2018. - №1 (253). - С. 25-29.

8. Мнацаканян В.Г., Мнацаканян М.С. Екологічна безпека транспортних систем індустріального центру на основі методів імітаційного моделювання // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки. - Київ: Таврійський національний університет ім. В.І. Вернадського, 2018. - №1 (68). - С. 191-196.

9. Баранов Г.Л, Мнацаканян М.С., Данилова Т.Г. Формування концепції інформаційної технології управління міської інтелектуальної транспортної системи // Автошляховик України. Науково - виробничий журнал. - К.: ДП «Державтотранс НДІпроект», 2019. - №1(257). - С. 12-19.

Матеріали конференцій, де здійснено апробацію роботи

10. Волкова М.С. Совершенствование системы управления транспортными процессами с учетом нормативного уровня экологической безопасности в крупных промышленных центрах // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Комп'ютерні науки для інформаційного суспільства» (Луганськ, 22-23 грудня 2010).- Луганськ: Вид-во «Ноулідж», 2010.- С. 308-309.

11. Волков М.С., Стародубцев П.О. Обеспечение экологической безопасности при перевозках в условиях мегаполиса // Матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених та студентів «Транспорт і Логістика» (Донецьк, 13-14 жовтня 2010). – Донецьк: Донецька академія автомобільного транспорту, 2010.- С.234-237.

12. Волкова М.С. Логистика пассажирских перевозок в крупном промышленном районе // Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «Логістика промислових регіонів» (Донецьк-Святогірськ, 6-9 квітня 2011). – Донецьк: ЛАН-ДОН-XXI, 2011. - С. 29-32.

13. Волкова М.С. Моделирование рамок работы и программных средств для городского планирования // Сборник тезисов докладов международной научно-технической конференции «Университетская наука – 2011» (Мариуполь, 17-19 мая 2011г.). - Мариуполь: ПГТУ, 2011. – С.105-106.

14. Мнацаканян М.С. Исследование экологических проблем функционирования транспортных систем в крупном промышленном районе // Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції «Логістика промислових регіонів» (Донецьк-Святогірськ, 23-25 квітня 2012). – Донецьк: ЛАН-ДОН-XXI, 2012. - С. 137-139.

15. Мнацаканян М.С. Внедрение информационных технологий в промышленные транспортные цепи // Сборник тезисов докладов международной научно-технической конференции «Университетская наука – 2012» (Мариуполь, 24-27 мая 2012г.). - Мариуполь: ПГТУ, 2012. – С.36-37.

16. Мнацаканян М.С., Проектирование маршрутов для грузового транспорта в городской транспортной сети средствами имитационного моделирования //

Матеріали V Міжнародної науково-практичної конференції «Логістика промислових регіонів» (Донецьк, 3-4 квітня 2013). – Донецьк: ЛАН-ДОН-XXI, 2013.- С. 20-22.

17. Мнацаканян М.С., Нефедова Я.И. Моделирование рационального маршрута движения транспорта ON-LINE в ситилогистической системе // Сборник тезисов докладов международной научно-технической конференции «Университетская наука – 2014» (Мариуполь, 20-21 мая 2014г.). - Мариуполь: ПГТУ, 2014. – С.202-204.

18. Баранов Г.Л., Мнацаканян М.С. Інфокомунікаційні властивості інтелектуальних транспортних систем в умовах впливів зовнішнього середовища// збірник тез II Міжнародної науково-практичної конференції «Прикладні системи та технології в інформаційному суспільстві» (Київ, 1 жовтня 2018). - К: Київський нац. ун-т імені Тараса Шевченка, 2018.- С. 15-19.

19. Баранов Г.Л. , Мнацаканян М.С. Інтегровані технології та моделювання інтелектуальних транспортних систем в нестаціонарних взаємовідносинах з оточуючим середовищем // Матеріали II всеукраїнської науково-технічної конференції «Проблеми інфокомунікацій» (Полтава, 5 грудня 2018). - Матеріали другої всеукраїнської науково-технічної конференції. – Полтава: ПолтНТУ; Київ: НТУ; Харків: НТУ«ХП»; Київ: ДУТ; Харків: УкрДУЗТ; Мінськ: БНТУ; Полтава: ВКСС ВІТІ, 2018. – С. 50-51.

20. Баранов Г.Л., Миронова В.М., Мнацаканян М.С. Комплексне моделювання наслідків взаємодії інтенсивних транспортних потоків промислового міста з гетерогенними деградаційними факторами середовища // Збірник тез доповідей ювілейної LXXV наукової конференції професорсько – викладацького складу, аспірантів, студентів та співробітників відокремлених структурних підрозділів університету (Київ, 15 -17 травня 2019 р.) - – К.:НТУ, 2019. – Т.2. - С. 468.

АНОТАЦІЯ

Мнацаканян М.С. Моделювання інтелектуальних транспортних систем в умовах впливу гетерогенних факторів нестаціонарного середовища –Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.13.06.–Інформаційні технології. ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», Маріуполь, 2019.

Дисертація присвячена розв'язанню актуальної науково-технічної задачі підвищення ефективності моделювання інтелектуальних транспортних систем в умовах впливу гетерогенних факторів нестаціонарного середовища на ділянках вулично-дорожньої мережі промислових центрів.

Розроблено формалізацію технології гарантованого адаптивного управління та упередженого врахування поточних впливових факторів ЗОС, яка відрізняється від відомих підвищенням ефективності моделювання інтелектуальних транспортних систем на ділянках вулично-дорожньої мережі промислових центрів, за рахунок застосування засобів: телекомунікаційного термінального обладнання; обробки даних ІТ; Internet та GPS спостережень.

Доведено ефективність моделювання кожного об'єкта складної динамічної системи, які одночасно відчувають впливи гетерогенних факторів зовнішнього середовища, та ієрархічної організації оперативного диспетчерського керування

рівнем екологічного стану міської інтелектуальної транспортної системи завдяки інтеграційним процесам комплексного оцінювання, координації та самоорганізації.

Виконано впровадження і тестове використання результатів даної роботи, що дозволило зробити висновок, стосовно ефективності запропонованої інформаційної технології гарантованого адаптивного управління. Верифіковані оцінки базуються на визначенні раціональних параметрів взаємодії всіх елементів міської інтелектуальної транспортної системи, за рахунок чого можливо знизити появу заторів в пікові інтервали часу на основних напрямках руху транспортних засобів та істотно поліпшити екологічний стан зовнішнього оточуючого середовища від емісії парникових газів на ділянках дороги зі змінною інтенсивністю руху.

Практичне значення отриманих результатів дослідження підтверджено актами впровадження на підприємствах м. Маріуполь, а також актами впровадження в навчальний процес ДВНЗ «ПДТУ» та Національного транспортного університету.

Ключові слова: інформаційна технологія, транспортні рішення, ризики середовища, безпечна геосистема.

АНОТАЦІЯ

Мнацаканян М.С. Моделирование интеллектуальных транспортных систем при воздействии гетерогенных факторов нестационарной среды – Рукопис.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.06 – Информационные технологии. ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», Мариуполь, 2019.

Диссертация посвящена решению актуальной научно-технической задачи повышения эффективности моделирования интеллектуальных транспортных систем в условиях воздействия гетерогенных факторов нестационарной среды на участках улично-дорожной сети промышленных центров.

Разработано формализацию технологии гарантированного адаптивного управления и повременного учета текущих факторов влияния внешней окружающей среды, которая отличается от известных повышением эффективности моделирования интеллектуальных транспортных систем на участках улично-дорожной сети промышленных центров, за счет применения средств: телекоммуникационного терминального оборудования; обработки данных ИТ; Internet и GPS наблюдений.

Доказана эффективность моделирования каждого объекта сложной динамической системы, которые одновременно испытывают влияния гетерогенных факторов внешней среды, и иерархической организации оперативного диспетчерского управления уровнем экологического состояния городской интеллектуальной транспортной системы благодаря интеграционным процессам комплексной оценки, координации и самоорганизации.

Осуществлено внедрения и тестовое использование результатов данной работы, что позволило сделать вывод, об эффективности предложенной информационной технологии гарантированного адаптивного управления. Верифицированные оценки базируются на определении рациональных параметров взаимодействия всех элементов городской интеллектуальной транспортной системы, за счет чего можно снизить появление заторов в пиковые интервалы времени на основных

направлениях движения транспортных средств и существенно улучшить экологическое состояние внешней окружающей среды от эмиссии парниковых газов на участках дороги с переменной интенсивностью движения.

Практическое значение полученных результатов исследования подтверждено актами внедрения на промышленных и коммунальных предприятиях г. Мариуполь, а также актами внедрения в учебный процесс ГВУЗ «ПГТУ» и Национального транспортного университета.

Ключевые слова: информационная технология, транспортные решения, риски среды, безопасная геосистема.

ABSTRACT

Mnatsakanian M.S. Modeling of intelligent transport systems under the influence of heterogeneous factors of non-stationary medium – Manuscript.

Thesis for a candidate's degree by specialty 05.13.06.-Information technologies. Priazovsky State Technical University, Mariupol, 2019.

The dissertation is devoted to the solution of the actual scientific and technical problem of increasing the efficiency of modeling of intelligent transport systems in the conditions of influence of heterogeneous factors of a non - stationary environment on the sections of the street and road network of industrial centers.

Formalization of technology of guaranteed adaptive control and biased consideration of current influential factors of the AIS is developed, which differs from the known improvement of the efficiency of modeling of intelligent transport systems on the sections of the street and road network of industrial centers, due to the use of means: telecommunication terminal equipment; IT data processing; Internet and GPS observations.

The modeling of each object of a complex dynamic system, which is simultaneously affected by heterogeneous environmental factors, and the hierarchical organization of operational dispatching control of the environmental status of the urban intellectual transport system due to the integrated processes of complex evaluation, coordination and self-organization, are proved.

Implementation and test use of the results of this work were made, which made it possible to conclude on the effectiveness of the proposed information technology of guaranteed adaptive control. The verified estimates are based on the determination of rational parameters for the interaction of all elements of the urban intelligent transport system and thereby reduce the occurrence of congestion at peak time intervals in the main directions of free vehicles and significantly improve the environmental status of the external environment from greenhouse gas emissions from greenhouse gas emissions. variable traffic intensity.

The practical importance of the results of the study was confirmed by the acts of implementation at the industrial and municipal enterprises of Mariupol, as well as by the acts of introduction into the educational process of the State Technical University "PDTU" and the National Transport University.

Key words: information technology, transport solutions, environmental risks, secure geosystem.

Наукове видання

**МОДЕЛЮВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ
В УМОВАХ ВПЛИВУ ГЕТЕРОГЕННИХ ФАКТОРІВ
НЕСТАЦІОНАРНОГО СЕРЕДОВИЩА**

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Мнацаканян Марія Сергіївна

Підписано до друку 15.10.2019 р. Формат 60×84/16.
Ум. друк.арк.0,9. Тираж 100 прим. Зам. №125.

Надруковано в поліграфічному центрі
ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет».
87555, м. Маріуполь, вул. Університетська, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
ДК № 3729 від 15.03.2010 р.