

ДВНЗ «ПРИАЗОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

МНАЦАКАНЯН МАРІЯ СЕРГІЇВНА

УДК 004.891.3:656.11

ДИСЕРТАЦІЯ

МОДЕЛЮВАННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ В
УМОВАХ ВПЛИВУ ГЕТЕРОГЕННИХ ФАКТОРІВ НЕСТАЦІОНАРНОГО
СЕРЕДОВИЩА

05.13.06 – Інформаційні технології

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів
мають посилання на відповідне джерело
_____ М.С. Мнацаканян

Науковий керівник
Баранов Георгій Леонідович
доктор технічних наук, професор

Ідентичність усіх примірників дисертації
Засвідчую
Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради Д 26.059.01
_____ О.І. Мельниченко

Київ -2019

АНОТАЦІЯ

Мнацаканян М.С. Моделювання інтелектуальних транспортних систем в умовах впливу гетерогенних факторів нестационарного середовища. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

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

Дисертація присвячена розв'язанню актуальної науково-технічної задачі моделювання процесів адаптивного управління транспортними засобами та їх потоками на шляхах й ділянках єдиного транспортно-дорожного комплексу й вулично-дорожніх мереж промислових центрів міста за інтегральним критерієм безпеки.

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 мереж промислових центрів, за рахунок застосування засобів: телекомунікаційного термінального обладнання; обробки даних IT; Internet та GPSспостережень.

Створено інформаційну технологію моделювання процесів функціонування міської інтелектуальної транспортної системи для управління екологічним станом за критеріями безпеки життя у цьому просторі.

Обґрунтовано умови, що забезпечують ефективність масового прямого та зворотнього інфокомунікаційного зв'язку, як головного результату імітаційного моделювання.

Доведено ефективність моделювання кожного об'єкта складної

динамічної системи, які одночасно відчують впливи гетерогених факторів зовнішнього середовища, та ієрархічної організації оперативного диспетчерського керування рівнем екологічного стану міської інтелектуальної транспортної системи завдяки інтеграційним процесам комплексного оцінювання, координації та самоорганізації.

Визначено закономірності синхронізації актів дії у межах кожної конкретної міської інтелектуальної транспортної системи у наслідок автоматизованого адаптивного управління рухом транспортними засобами та їх потоків, у результаті досліджень альтернативних варіантів забезпечення точності електронного єдиного часу у глобальній інтеграції функціонування Internet, GPS, що ліквідують запізнення, які існують у традиційних технологіях.

Зроблено 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 пробок в пікові інтервали часу на основних напрямках руху вільних транспортних засобів та істотно поліпшити екологічний стан зовнішнього навколишнього оточуючого середовища від емісії парникових газів на ділянках дороги з змінною інтенсивністю руху.

Практичне значення отриманих результатів дослідження підтверджено актами впровадження на промислових та комунальних 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.

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 индустриальных 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 индустриального 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

промисленом районі // 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 нестационарних взаємовідносинах з оточуючим середовищем // Матеріали ІІ всеукраїнської науково-технічної конференції «Проблеми інфокомунікацій» (Полтава, 5 грудня 2018). - Матеріали другої всеукраїнської науково-технічної конференції. – Полтава: ПолтНТУ; Київ: НТУ; Харків: НТУ«ХПІ»; 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.

ABSTRACT

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

Dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences (Doctor of Philosophy) in specialty 05.13.06 "Information Technologies" - State University "Priazovsky State Technical University", National Transport University of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2019

The dissertation is devoted to solving the actual scientific and technical problem of modeling processes of adaptive management of transport vehicles and their flows on the roads and sections of the single transport and road complex and

street-road networks of industrial centers of the city by an integral safety criterion.

The formalization of the technology of guaranteed adaptive management and the biased account of the current influential factors of the CNS, which differs from the known increase in the efficiency of the modeling of intelligent transport systems in the areas of street and road networks of industrial centers, due to the use of means: telecommunication terminal equipment; IT data processing; Internet and GPS surveillance.

The information technology of modeling of the functioning of the city intellectual transport system for the management of the ecological state according to the criteria for the safety of life in this space has been created. The conditions that provide the effectiveness of mass direct and reverse infocommunication communications as the main result of simulation modeling are substantiated.

The efficiency of modeling of each object of a complex dynamic system, which simultaneously experiences the influence of heterogeneous environmental factors, and the hierarchical organization of operative dispatch control on the level of ecological state of the city intellectual transport system due to integration processes of complex evaluation, coordination and self-organization, is proved.

The laws of synchronization of acts of action within the limits of each concrete city intellectual transport system are determined in the result of automated adaptive traffic control by free vehicles and their flows. As a result of research on alternative options to ensure the accuracy of electronic single time in the global integration of the functioning of Internet, GPS, eliminating the delays that exist in traditional technologies.

The implementation and test of the use of the results of this work, which made it possible to conclude, regarding the effectiveness of the proposed information technology of guaranteed adaptive management was made. Verified assessments are based on the determination of the rational parameters of the interaction of all elements of the urban intelligent transport system, and at the same time it is possible to reduce the occurrence of traffic jams at peak time intervals in the main directions of the movement of free vehicles and significantly improve the

environmental state of the external environment of the greenhouse gas emissions in the road sections variable traffic intensity.

The practical significance of the obtained results of the research was confirmed by the acts of implementation at the industrial and municipal enterprises of Mariupol as well as by the acts of introduction in the educational process of the State Pedagogical University "PGTU" and the National Transport University.

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

List of publisher publications

Publications in editions included in international science-computer bases

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.

Publications in professional editions

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 индустриального 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.

Materials of the conferences, where the testing of work is carried out

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 нестационарних 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.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	16
 РОЗДІЛ 1. СИСТЕМОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ СТВОРЕННЯ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАВДАНЬ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ.....	 23
1.1 Аналіз загальних характеристик сучасних інформаційних технологій в транспортній галузі.....	23
1.2 Міська інтелектуальна транспортна система.....	26
1.3 Порівняльний аналіз теоретичного базису існуючих програмних комплексів для моделювання потоків транспортної мережі промислового центру.....	28
1.4 Засоби просторово - часового аналізу даних.....	34
1.5 Нейромережеві методи аналізу інформації.....	40
1.6 Методи побудови системи дослідження просторово - координованих об'єктів в міських інтелектуальних транспортних системах в умовах впливу гетерогенних факторів	48
1.7 Реалізація базових принципів системи інформаційної підтримки прийняття управлінських рішень.....	50
1.8 Висновки до розділу 1	53
 РОЗДІЛ 2. ФОРМУВАННЯ КОНЦЕПЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ, ЩО КООРДИНУЄ СТАЛУ ВЗАЄМОДІЮ ЕЛЕМЕНТІВ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ.....	 55
2.1 Управління об'єктами транспортної інфраструктури.....	56
2.2 Онтологія транспортної інфраструктури.....	62
2.3 Нейромережеві моделі транспортної інфраструктури.....	68
2.3.1 Просторово-часовий аналіз інтенсивності.....	70

2.3.2 Просторовий аналіз інтенсивності.....	75
2.3.3 Просторовий аналіз екологічного навантаження.....	80
2.4 Підвищення об'єктивності результатів в системі підтримки прийняття управлінських рішень на основі реалізації процедур навчання <i>fuzzy neural networks</i>	82
2.5 Висновки до розділу 2.....	85
 РОЗДІЛ 3. ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ ГАРАНТОВАНОГО АДАПТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТАМИ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ.....	87
3.1 Моделювання процесів МІТС при управлінні просторово-координованими об'єктами.....	88
3.2 Формування стратегії управління маршрутом FSN.....	91
3.3 Формалізація моделі управління МІТС.....	96
3.4 Метод ідентифікації стану складного об'єкта з урахуванням інформації якісного характеру.....	99
3.5 Підвищення точності та об'єктивності моделі прогнозування зміни стану МІТС на основі навчання <i>fuzzy neural network</i>	105
3.6 Висновки до розділу 3.....	114
 РОЗДІЛ 4. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПРОСТОРОВО-КООРДИНОВАНИМИ ОБ'ЄКТАМИ В УМОВАХ ВПЛИВУ ГЕТЕРОГЕНИХ ФАКТОРІВ	115
4.1 Призначення, можливості і варіанти використання інтелектуальної системи.....	115
4.1.1 Завдання аналітичного інструментарію в контексті МІТС.....	116
4.1.2 Структура ПАК.....	118
4.1.3 Програмна інфраструктура системи.....	119
4.1.4 База даних просторово-координованих об'єктів при впливі	

гетерогенних факторів.....	120
4.2 Інструментальні засоби дослідження просторово – координованих об’єктів.....	121
4.2.1 Геоінформаційна система обробки просторово – координованих об’єктів при впливі гетерогенних факторів.....	122
4.2.2 Підсистема аналізу просторово-координованих об’єктів при впливі гетерогенних факторів.....	125
4.3 Розробка і реалізація методики гарантованого адаптивного управління.....	126
4.4. Проведення апробації розробленої інформаційної технології.....	131
4.4.1 Просторово-часовий аналіз інтенсивності транспортного потoku.....	131
4.4.2 Просторовий аналіз інтенсивності МІТС.....	134
4.4.3 Просторовий аналіз екологічного навантаження МІТС.....	136
4.5 Висновки до розділу 4.....	138
 ВИСНОВКИ.....	 139
 СПИСОК ПОСИЛАНЬ.....	 141
ДОДАТОК А. АКТИ ПРО ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	157
ДОДАТОК Б. СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ ТА ВІДОМОСТІ ПРО АПРОБАЦІЮ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ.....	163

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ВДМ – вулично – дорожна мережа;
ГАУ – гарантоване адаптивне управління;
ГІС - геоінформаційні системи;
ЗОС – зовнішнє оточуюче середовище;
ІМ – імітаційна модель;
ІТ – інформаційні технології;
ІТС – інтелектуальні транспортні системи;
МГОА – метод групового обліку аргументів;
МІТС- міська інтелектуальна транспортна система;
ОПР- особа, що приймає рішення;
ОДК – оперативно диспетчерське керування;
ПАК – прпрограмно-аналітичний комплекс;
ПЕВО – полієргатичні виробничі організації;
ПКО– просторово-координований об’єкт;
ПЗ – програмний засіб;
ПЧК – просторово часовий континуум;
ПЦ – промисловий центр;
СДС – складна динамічна система;
СМ – ситуаційна мережа;
ТДК – транспортно-дорожній комплекс;
ТЗ –транспортні засоби;
ТП – транспортні потоки;
ТМ – транспортна мережа;
ТТР – техніко-технологічні рішення;
FSN - *fuzzy situational networks*;
FNN – *fuzzy neural network*.

ВСТУП

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); «Імплементція парадигми сіті логістичних рішень ефективної транспортної мережі 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 нестационарного 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 нестационарного 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 нестационарного 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 прогнозних змін, що дозволяє з необхідним упередженням на тривалість часу реагування виконавцями приймати ефективні управлінські рішення щодо покращення екологічного стану в критичних зонах промислового центру;

- *вперше* 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 різноманітної 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 центра, 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.

РОЗДІЛ 1

СИСТЕМОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОБЛЕМИ СТВОРЕННЯ СУЧАСНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ВИРІШЕННЯ ЗАВДАНЬ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНИМИ ПОТОКАМИ

1.1 Аналіз загальних характеристик сучасних інформаційних технологій в транспортній галузі

Представлена робота присвячена вирішенню проблеми підвищення ефективності моделювання інтелектуальних транспортних систем в умовах впливу гетерогенних факторів нестационарного середовища на ділянках вулично-дорожньої мережі промислових центрів.

Термін «Інтелектуальні транспортні системи» характеризує комплекс інтегрованих засобів управління транспортною інфраструктурою, 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*.

Транспортна інфраструктура - це складна система взаємодіючих об'єктів, що складається з ВДМ, технічних засобів організації дорожнього руху і транспортного потоку. Транспортна інфраструктура має властивості, що присутні складній системі: багатомірність і ієрархічність системи, зумовленої великим числом взаємозалежних між собою елементів; емерджентність системи; багатофункціональність елементів системи; багатокритеріальність, що обумовлюється іманентністю цілей окремих елементів системи; складність (імовірнісна і динамічна) поведінки, що проявляється у взаємозв'язку підсистем і вимагає зворотного зв'язку при управлінні [85].

Транспортна інфраструктура має складність інформаційних процесів,

внаслідок чого вимагає високої автоматизації управління. Однак перераховані принципові особливості складної системи створюють умови, в яких традиційні засоби технічної кібернетики виявляються неадекватними при вирішенні завдань управління транспортною інфраструктурою [51].

Технології інтелектуальних транспортних систем (ІТС) мають в даний час більше 40 напрямків застосування, однак, в силу іманентності цілей кожної підсистеми окремо, її потенційні можливості, як системної одиниці, не реалізуються.

Синергетичний ефект при проектуванні ІТС проявляється у формі організаційно обумовленого переходу від іманентності до синергії за рахунок розширеної системної та функціональної інтеграції:

- постановка проблем організації перевезень і руху в ІТС;
- розробка управлінських рішень по інтеграції ІТС;
- функціональна інтеграція, інтеграція баз даних;
- транспортна, економічна, інформаційна логістика;
- розробка концепції функціонування ІТС;
- визначення функціональних можливостей ІТС;
- функціональні вимоги користувачів і держави;
- розвиток підсистем в кожній функціональній групі;
- інтеграція інформаційних потоків між підсистемами;
- реалізація конкретних функцій ІТС.

Рівень системності тим вище, чим вище інтенсивність взаємодії елементів системи один з одним, чим сильніше відрізняються властивості системи від властивостей елементів, що входять до неї. Функціональна інтеграція системи забезпечується повнотою і ефективністю збору, обробки і передачі інформації в реальному масштабі часу про характеристики транспортних потоків, дорожньо-транспортних пригодах, затори, рух громадського та вантажного транспорту і т.д. Тимчасова інтеграція зумовлена необхідністю оперативного прийняття рішення в процесі управління транспортними потоками, вироблення і реалізації керуючих

впливів в *real-time*. Інституційна інтеграція необхідна для примирення інтересів приватних фірм, муніципальної влади, органів державного управління, які, намагаючись зберегти свої інтереси, обмежують доступ до інформації інтелектуальних транспортних систем.

Сучасні тенденції розвитку ІТС показують, що однією з основних цілей їх функціонування є надання мультимодальної інформації не тільки керуючим структурам, а й безпосередньо учасникам руху. Одним з найбільш інтенсивно розвиваючихся ІТС є маршрутна навігація. Розширена концепція навігації в ІТС передбачає обов'язкове виконання таких функцій як on-line моніторинг транспортних потоків і показників якості функціонування вулично-дорожньої мережі, динамічний вибір маршруту руху і інформаційне забезпечення водіїв при проходженні маршруту. На рівень розвитку ІТС впливає ряд факторів, що стримують активне використання цих технологій: слабка інформаційна інфраструктура автомобільного транспорту; відсутність сучасних експрес-методів зняття характеристик дорожнього руху для розрахунку параметрів моделей транспортних потоків; відсутність способів оцінки і прогнозування якості дорожнього руху на мережевому рівні.

Новітні досягнення в області інформаційних технологій, комп'ютерної техніки, сучасних видів зв'язку, ефективних навігаційних систем, технічних засобів збору, обробки інформації та регулювання дорожнім рухом не знаходять широкого застосування при управлінні перевезеннями і рухом промислового та комунального транспорту через недостатність наукових знань для використання всього спектра функціональних можливостей зазначених розробок. Необхідні розвиток і розробка методів, моделей, алгоритмів і програмного забезпечення для вирішення завдань розподілу транспортних потоків на мережі автодоріг та оптимізації маршрутів руху, як окремо промислового транспорту, так і транспортних потоків в умовах застосування технологій ІТС.

1.2 Міська інтелектуальна транспортна система

Міська інтелектуальна транспортна система (МІТС) - це комплекс інтегрованих засобів управління транспортною інфраструктурою промислових центрів, що застосовуються для вирішення завдань організації дорожнього руху вантажного транспорту, на основі сучасних інформаційних технологій, організації інформаційних потоків про функціонування транспортної інфраструктури в *real-time*.

Багаторівнева складноорганізаційна МІТС є гібридною системою, яка складається з різномірних систем, складним чином взаємодіючих один з одним - керуючих, класифікуючих, прогнозуючих, експертних, приймаючих рішення або підтримуючих ці процеси, об'єднаних для досягнення єдиної мети[82].

Працездатність МІТС забезпечується за рахунок інтеграції багатьох джерел інформації, які можливо представити у вигляді кортежу:

$$\langle x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6 \rangle = \{\{x_1\}, \{x_2, x_3\}, \{x_4, x_5, x_6\}\}, \quad (1.1)$$

де: x_1 — інформацію від учасників руху;

x_2 — інформацію від державної інспекції дорожнього руху;

x_3 — моніторинг метеоумов (Державна гідрометеостанція);

x_4 — моніторинг викидів газів в ЗОС;

x_5 — моніторинг шумового впливу;

x_6 — моніторинг характеристик транспортних потоків.

Моніторинг показників транспортних потоків може здійснюватися за допомогою цифрових відеокамер, мікрохвильових і індуктивних транспортних детекторів та ін.

Забезпечення безпеки дорожнього руху є пріоритетним напрямком розвитку міських інтелектуальних транспортних систем. МІТС в даному випадку повинні забезпечувати наступну функціональність:

- ідентифікації потенційно небезпечних ситуацій;
- виявлення заторів і дорожньо-транспортних пригод;
- ідентифікація перевищення допустимого ПДК на ділянках ВДМ;
- розробка планів дій в небезпечних ситуаціях;
- інформування учасників руху про виникнення нештатних ситуацій.

Зниження рівня екологічного впливу можна досягти за рахунок виявлення закономірностей виникнення заторів, що обумовлені великою кількістю вантажних транспортних засобів на основних магістралях промислового центру, та їх залежності від зовнішніх факторів: стану ВДМ, наявності дорожніх знаків і світлофорів, пори року, доби і т.д..

Функціональність, що надається аналітичними геоінформаційними системами, недостатня для вирішення завдань прогнозування в транспортних системах. Методи, що ними подаються не враховують специфіки поведінки об'єктів транспортної інфраструктури, що веде до неточностей і помилок у висновках. Відомо, що ефективність і якість функціонування інформаційно-керуючою системою істотно залежить від достовірності інформації, що надходить на вхід керованих обчислювальних систем, від різного роду вимірників (так званих джерел інформації), які контролюють стан і параметри функціонування цих систем [2].

Максимально повно вирішити усе коло аналітичних задач можна, вдавшись до «ін'єкції» структурних методів штучного інтелекту в модель транспортної інфраструктури [61]. Здатність штучних нейронних мереж до навчання і апроксимації складних функцій забезпечує можливість вирішення різноманітних транспортних завдань, в тому числі, класифікації, відновлення залежностей, ідентифікації систем, прогнозування, адаптивної обробки сигналів.

Рішення завдання прогнозування вимагає наступного функціоналу від міської інтелектуальної транспортної системи:

- навчання нейронної мережі на наявних в системі даних, і побудова аналітичного вираження залежності даних, що знаходяться на різних шарах

електронної карти (описова модель);

- визначення змін в шарах карти при зміні даних в якомусь одному з взаємопов'язаних шарів (модель передбачення);
- пошук об'єктів зі схожою топологією в межах одного шару карти.

У завданнях просторово-координованого транспортного прогнозу з неповною інформацією досліджуються два типи характеристик в транспортній інфраструктурі:

- просторовий розподіл незалежних від часу (стаціонарних) властивостей транспортної інфраструктури,
- просторово-часовий розподіл властивостей транспортної інфраструктури, що змінюються в часі (динамічних).

Описана функціональність може бути реалізована за допомогою таких методів як імітаційне моделювання, регресивний аналіз [97], генетичні алгоритми [60] і нейронні мережі [86]. Обробка великих обсягів даних забезпечується технологією Data Mining [75]. В якості вихідних даних використовуються географічні об'єкти міської інтелектуальної транспортної системи. Описану методику можна ефективно застосовувати для вирішення таких прикладних задач як зниження рівня транспортних заторів та зменшення гетерогенного впливу на оточуюче середовищі від них. Завдання є актуальними для промислових центрів України, однак, інтелектуальні транспортні системи, що володіють аналітичними можливостями, поки не отримали розвитку в країні.

1.3 Порівняльний аналіз теоретичного базису існуючих програмних комплексів для моделювання потоків транспортної мережі промислового центру

Спектр програмних продуктів для моделювання потоків, досить широкий. У табл.1.1 наведено перелік програмних продуктів, відомих автору [136]. Більшість розробників пропонують програмні пакети, що дозволяють

вирішувати як завдання динамічного моделювання на рівні перетинів і ділянок транспортної мережі (мікрорівень), так і завдання статичного моделювання на рівні транспортних систем міст і регіонів (макрорівень). Програмні продукти орієнтовані в основному на макрорівень і, до недавнього часу, не застосовувалися при моделюванні потоків без участі розробників.

Для порівняльного аналізу обрані програмні комплекси ФП та VISUM, застосовуються для вирішення завдань статичного моделювання. Метою аналізу було виявлення сильних сторін кожного програмного комплексу і формування універсальної бази даних транспортного планування. Для дослідження використовувалися дані проекту «Комплексна транспортна схема м. Маріуполь» [136].

Таблиця 1.1 - Програмні продукти для регулювання транспортних потоків

Продукт	Розробник	Місто/країна розробника
ПК ФП	Економіко-математичний інститут РАН	Санкт- Петербург
TRANSNET	Системного аналізу РАН	Москва
ТРИО-СТП	ЗАТ «НИПИ ТРТИ»	Санкт- Петербург
Vissim, Visum	PTV AG	Німеччина
AIMSUN	TransportSimulationSystems (TSS)	Іспанія
Paramics,S-Paramics	QuadstoneParamics	Великобританія
Emme-3, Dynameq	INRO	Канада
Cube	Citilabs	США, Великобританія, Франція, Італія, Німеччина, Китай
MITSIMLab	MIT ITS Program	США
TRANSIMS	TMIP	США
TransCAD, Transmodeler	CaliperCorporation	США
TRANSYT-7F, TSIS-CORSIM,	Center for Microcomputers in Transportation (McTrans)	США

Порівняння результатів роботи ПК ФП і ПК VISUM проходило за схемою, представленої на рис.1.1. В основу процесу моделювання потоків на ПК ФП і ПК VISUM була закладена єдина база даних:

- 1) опис транспортної мережі у вигляді графа;
- 2) характеристики швидкісного режиму, проїжджої частини ділянок графа, заходи щодо організації та регулювання руху, що застосовуються на кожному відрізку мережі;
- 3) опис території у вигляді транспортних районів і кордонів;
- 4) матриці кореспонденцій для громадського та індивідуального транспорту, отримані з ПК ФП;
- 5) коефіцієнт наповнюваності індивідуального транспорту,
- 6) витрати часу на підхід / відхід з районів в мережу, витрати часу на пересування у середині районів;
- 7) відомості про спостережуваних пасажирських і автомобільних потоках в критичних перетинах мережі.



Рисунок 1.1 - Алгоритм порівняння результатів роботи ПК ФП і ПК VISUM

Моделі дуже схожі за структурою і логікою. Варто відзначити їх єдиний понятійний апарат, сумісну структуру програмних засобів, можливість отримання однакових кількісних і якісних параметрів оцінки потокорозподілення, можливість регулювання вихідних даних. Модель ФП - простіша і надійніша для вирішення завдання проходження міжрайонних потоків, але не достатня для дослідження потоків у середині районів.

Модель VISUM може використовуватися при більш стійких вихідних даних, але вона вимагає постійного контролю над великим числом параметрів.

Обидві моделі можуть застосовуватися послідовно - спочатку ФП для швидкого вирішення масштабних завдань транспортно - градобудівельного планування, а потім VISUM для детального опрацювання рішень зазначених завдань і питань організації руху.

При моделюванні потоків в програмних комплексах були використані кількісні показники, представлені в табл.1.2. Результати зазначених розрахунків наведені в табл. 1.3.

Не дивлячи на однаковий сумарний обсяг пересувань, що впливає з єдиних початкових матриць кореспонденцій, в отриманих результатах ідентичною ситуації не спостерігається.

Таблиця 1.2 – Параметри модельних розрахунків

Показники	Од. вим.	ПК ФП		ПК VISUM	
		(ІТ)	(ГТ)	(ІТ)	(ГТ)
Середній коефіцієнт заповнення автотранспорту	чол/легк. авт.	1,40		1,40	
Витрати часу на переміщення в межах району	Хв.	15		15	
Швидкість руху при зв'язках в межах району	км/год			20	4
Довжина переміщення в межах району	Км			5	1
Час підходу / відходу до ВДМ	Хв.	10		8	10
Середня швидкість руху автобуса (на незавантаженій мережі)	км/год	19, 15, 13		19 ³	
Середня швидкість руху тролейбуса (на незавантаженій мережі)	км/год	19, 15, 13		19 ²	
Середня швидкість руху трамвая (на незавантаженій мережі)	км/год	17		22	
Середня швидкість руху по залізничній мережі	км/год	35		35	

* ІТ – індивідуальний транспорт, ГТ – громадський транспорт

** середня швидкість автобуса та тролейбуса змінюються в залежності від

завантаженості мережі.

ПК VISUM в моделі м. Маріуполь не довантажує індивідуальний транспорт, в порівнянні з ПК ФП, що характеризує і менша транспортна робота індивідуального транспорту, і, відповідно, питома навантаження мережі УДС.

ПК VISUM віддає перевагу громадському транспорту, що показує і більший обсяг посадки на весь рейковий транспорт, і менші середні витрати часу на пересування на громадському транспорті, не дивлячись на те, що транспортна робота громадського транспорту в ПК ФП все ж трохи більше.

Вказані відмінності отриманих результатів швидше говорять про похибку при калібрування моделей, ніж про різницю в роботі програмних комплексів.

Таблиця 1.3 - Зведена таблиця результатів модельних розрахунків

Показники	Одиниці вимірювання		Калібрувальний розрахунок на ПК ФП		Калібрувальний розрахунок на ПК VISUM	
	ІТ	ГТ	ІТ	ГТ	ІТ	ГТ
Загальний обсяг пересувань на транспорті	физ. од./ год	пас./ год	76,9	250,4	73,1	246,2
Обсяг пересувань на мережі рейкового транспорту, всього		“-		32,6		48,7
Середні витрати часу на пересування на транспорті: зхв. на урахуванням затримок на мережі / без урахування затримок на мережі			38,2/ 31,6	37,1	39,7	34,1
Транспортна робота	авт-км/год	Паскм/год	684	1 291	585,4	1121,6
Транспортна робота на мережі рейкового транспорту		“-		298		291,2
Питома навантаження мережі	авт/ км	пас/ км	0,85	2,05	0,7	1,4
Питома навантаження мережі рейкового транспорту		“-		1,38		1,4
Питома навантаження мережі трамвая		“-		1,93		1,8

ПК VISUM віддає перевагу громадському транспорту, що показує і більший обсяг посадки на весь рейковий транспорт, і менші середні витрати часу на пересування на громадському транспорті, не дивлячи на те, що транспортна робота громадського транспорту в ПК ФП все ж трохи більше.

Вказані відмінності отриманих результатів швидше говорять про похибку при калібрування моделей, ніж про різницю в роботі програмних комплексів.

Програмний комплекс ПК VISUM володіє наступними перевагами і недоліками.

А) недоліки: 1) складність програмного комплексу через велику кількість вбудованих функцій і можливостей; 2) неавтоматизоване отримання таких транспортних показників, як середні витрати часу, транспортна робота, питоме навантаження мережі і т.п.; 3) доступність обмеженому числу користувачів, пов'язана з високою вартістю програмного комплексу; 4) обмежене число вузлів і відрізків мережі, що є критичним при моделюванні великих промислових центрів; 5) графічні проблеми при складанні легенди та експорті в формат jpg; 6) неможливість графічної побудови матриці кореспонденцій між агрегованими районами.

Б) Переваги: 1) можливість вибору різних функцій тяжіння; 2) моделювання громадського транспорту за маршрутами прямування; 3) моделювання зупинок громадського транспорту; 4) швидкість громадського транспорту на відрізку може залежити від навантаження на відрізок від індивідуального транспорту; 5) ітеративний вибір способу пересування на громадському або індивідуальному транспорті; 6) аналіз потоків у вузлі; 7) інтуїтивно зрозумілий експорт / імпорт даних в Microsoft Office Excel, Microsoft Office Access; 8) наочність проміжних обчислень, таких як матриці витрат, матриці кореспонденцій.

Програмний комплекс ФП має наступні достоїнствами і недоліками.

А) Недоліки ПК ФП:

1) неможливість моделювання маршрутів громадського транспорту;

2) неможливість скрупульозного моделювання потоків в транспортних вузлах.

Б) Переваги ПК ФП: 1) доступність для більшого числа користувачів внаслідок використання програми MapInfo; 2) простота формування вихідних даних і швидкий запуск розрахунків в зв'язку з відносно невеликою кількістю параметрів моделі, обов'язкових до визначення; 3) можливість «укрупненого» моделювання - з введенням даних тільки по агрегованих районах і опорної мережі магістралей міста; 4) необмежене число вузлів і відрізків мережі; 5) автоматизований висновок узагальнених результатів розрахунків, матриць кореспонденцій і порівняльних потоків на контрольних дугах у вигляді даних текстового формату і формату MS Access; 6) автоматизований висновок транспортних потоків на мережі і матриці кореспонденцій між агрегованими районами у вигляді шарів формату MapInfo; 7) можливість налаштувати у відповідність до вимог користувача і автоматизувати висновок графічних і семантичних результатів розрахунків (за допомогою засобів MapInfo и MS Office).

Вибір математичних моделей і програмних продуктів для розв'язання задач територіально-транспортного планування істотно пов'язаний з видом документів, величиною території, типом завдань, що вирішуються в проекті.

Розуміння суті розв'язуваної задачі, знання сильних і слабких сторін програмних продуктів дозволяє окреслити коло необхідних і достатніх вихідних даних, вибрати оптимальний шлях для пошуку рішення. Різні програмні комплекси можуть застосовуватися спільно і доповнювати один одного.

Таким чином провівши комплексний аналіз декількох програмних забезпечень, можливо зробити висновок, що існуючі методи формування якості і кількості транспортних потоків і програмні забезпечення, які на них базуються, вимагають структурного корегування та подальшої розробки - з урахуванням новітніх технологічних можливостей, а також в умовах глобалізації транспортних систем промислових центрів України.

1.4 Засоби просторово-часового аналізу даних

Дослідницька робота має своєю кінцевою метою прийняття рішень. Завдання, поставлене перед дослідником, диктує які дані йому необхідно використовувати. За експертною оцінкою Л. Уоррелл [142] 80% даних, які використовуються особами, які приймають рішення (ОПР), несуть в собі географічну інформацію. Географічна інформація - це інформація, відноситься до об'єктів, явищ і процесів, локалізованим в географічному просторі [19].

Одним з найбільш актуальних класів задач аналізу просторово координованих даних є дослідження в галузі управління транспортною інфраструктурою. Коло завдань включає в себе аналіз аварійності, інтенсивності руху транспорту, заторів, пошук найкоротших і екологічно-безпечних шляхів. На основі такого аналізу можуть вирішуватися завдання управління, відновлення даних і прогнозування.

Для вирішення просторово-часових аналітичних задач необхідно описати загальну геоінформаційну модель і дати визначення основним поняттям. Зовнішнє оточуюче середовище і створену людиною інфраструктуру просторово-координованого світу можна побудувати за допомогою сутностей, їх властивостей і зав'язків.

Сутності можуть бути як дискретні, так і неперервні. Дискретними сутностями будемо вважати географічні об'єкти, які характеризуються координатами, геометрією і набором семантичних властивостей. Неперервними сутностями - властивості ЗОС і просторово-часові властивості множин географічних об'єктів. Для відображення безперервних поверхонь проводиться їх дискретизація за допомогою триангуляції, мозаїчного або сіткового представлення[128].

Властивості, що характеризують сутності, можуть бути тематичними, просторовими і просторово-часовими. Атрибутивні властивості просторово-координованого об'єкта (ПКО) можуть включати числову, векторну,

текстову, кількість посилань або медіа-інформацію. Наявність залежності властивостей одних об'єктів від властивостей інших ускладнює методи статистичного аналізу ПКО. Залежність оцінюється за допомогою просторової автокореляції.

Зв'язки, що описують відносини між сутностями, можуть представляти детерміновані і стохастичні причинно-наслідкові і просторово-тимчасові відносини. Базовими в геоінформатиці є три типи відносин: топологія (перетин, вкладеність, покриття), відстань і напрямок. Застосування теоретико-множинних операцій дозволяє отримати більш складні відносини. Причинно-наслідкові зв'язки відображають за допомогою графів, а просторово-часові за допомогою додавання третього або четвертого виміру до відображення об'єкта.

Безлічі семантично однотипних однорідних об'єктів утворюють тематичні шари. В один інформаційний шар об'єднуються просторово-координовані об'єкти, що мають один тип. В окремі шари виділяються безперервні поверхні - один шар на кожну поверхню. Даний підхід дозволяє одночасно розглядати тільки необхідні дані одного або декількох шарів, що спрощує їх обробку та аналіз [35].

Ефективним інструментом для роботи з географічними даними є геоінформаційні системи (ГІС).

Геоінформаційні системи - це інструмент, заснований на комп'ютерах терном введенні, маніпулюванні, обробці і візуалізації просторових і географічних даних, що містить як геометричні дані (координати і топологічну інформацію), так і атрибутивні дані.

Атрибутивна інформація призначена для управління та аналізу інфраструктури досліджуваної системи [16]. У багатьох ГІС існує можливість включення атрибутивної інформації з зовнішніх джерел даних, таких як системи управління базами даних або веб-служб [8, 14, 155]. ГІС- це інформаційна технологія яка успішно розвивається, об'єднує в собі можливість роботи з базами даних, в тому числі з об'єктами транспортної

інфраструктури, з візуалізацією даних у вигляді географічної карти. ГІС є зручними засобами для зберігання і обробки географічних даних, мають величезний потенціал в області підтримки прийняття рішень.

Інтеграція систем підтримки прийняття рішень, що орієнтуються на державну виконавчу службу, з методами дослідження даних підвищує цінність географічної інформації. ГІС є хорошим середовищем для впровадження методів штучного інтелекту та експертних систем. Це пов'язано з різноманітністю і складністю даних в ГІС і наявністю великого числа аналітичних задач при їх використанні.

У транспортних ГІС є одна важлива особливість - широке коло користувачів, яким потрібна інформація про транспортні мережі і об'єкти: дорожники, створюють і підтримують транспортні мережі в робочому стані; водії, що здійснюють вантажні та пасажирські перевезення; рядові пасажирів і водії, які користуються транспортом для проїзду. У Північній Америці і Європі створені і широко доступні ГІС-пакети, що містять дорожні бази даних з повноцінною візуалізацією електронної карти. В Україні в даний час є безліч відомих інформаційних систем, кожна з яких містить частину загальної картини, але вони розрізнені, мало сумісні і практично недоступні масовому споживачеві. Створення єдиної інформаційної основи допоможе вирішити цю проблему

Розвиток комп'ютерних мереж дало імпульс до створення розподільчих геоінформаційних систем. Це продиктовано великим об'ємом тимчасових ГІС і неможливістю зберігання всієї інформації на одному сервері [20]. Розподілені ГІС використовують такі передові досягнення інформаційних технологій: розподілені бази даних, розподілені обчислення, стандарти взаємодії відкритих систем. При розподіленій організації системи різні порції даних зберігаються на різних серверах. Синхронізацію, узгодженість і формування даних за запитом забезпечує єдина інфраструктура просторових даних.

Активний розвиток мережі Інтернет дозволяє поширювати географічну

інформацію і забезпечувати різнорівневий доступ до неї. Це дає можливість різним установам і організаціям спільно поповнювати і використовувати єдину інфраструктуру просторових даних. Інфраструктура просторових даних в цьому випадку представляє собою систему масового обслуговування, яка повинна бути відмовостійкою, підлягати масштабуванню і функціональному розширенню [28]. Даний підхід веде до зниження дублювання робіт і більш широкому використанню географічних даних, що має величезний екологічний, соціальний і економічний ефект. В цьому випадку єдина інфраструктура просторових даних є унікальним сховищем різнорідної інформації, тобто джерелом даних для проведення досліджень.

Аналітичні підсистеми геоінформаційних систем інтегрують просторово-координовані дані і методи видобування знань про географічні сутності, властивості об'єктів і зв'язки. Вони дозволяють автоматично поповнювати дані, вивчати проблему в динаміці, моделювати різні варіанти вирішення завдання для вибору оптимального.

Аналітичні задачі діляться на завдання з повною і неповною інформацією. У завданнях з повною інформацією аналіз полягає в обчисленні кількісний просторово-часових властивостей за допомогою заздалегідь відомих перетворень і оцінюванні статистичних характеристик сіткових даних. Завдання з неповною інформацією є більш складними і вирішуються за допомогою методів правдоподібного виведення [95].

Ці методи використовуються для знаходження аналітичних виразів, що дозволяють прогнозувати просторово-часові властивості географічних об'єктів. В задачах з неповною інформацією знання про досліджувану систему носять описовий характер, математичні моделі відсутні, а вимірювання параметрів сильно зашумлені.

Особливість обробки географічної інформації полягає в необхідності аналізувати як атрибутивні властивості об'єктів, так і просторово-часові зв'язки між ними. Аналіз ускладнюється різноманітністю даних, які включають в себе дво- і тривимірні растрові поля, векторні шари, тимчасові

ряди з координованою прив'язкою і атрибутивні властивості об'єктів.

Області застосування ГІС можна розділити на призначені для вирішення «мережевих» завдань і орієнтовані на окремий транспортний об'єкт. Такий поділ пов'язано в першу чергу з істотно різною функціональністю.

У першому випадку важливі всі описові характеристики об'єктів, їх детальні плани, ув'язка з базами даних майна, кадастром і т.д. У другому важливо знати, як об'єкти мережі пов'язані, яка їхня пропускна здатність, як можна рухатися з одного пункту мережі в інший. Відповідно, в задачах першого типу використовується, в основному, функціональність базових ГІС-програм (ArcView, MapInfo), а для другого типу найчастіше використовуються спеціальні програмні модулі (Network Analysis).

Системи комп'ютерного картографування і управління об'єктом (АМ / FM - Automated Mapping / Facility Management) почали з'являтися в Україні, завдяки масовому поширенню систем автоматизованого проектування (САПР). Однак початкова націленість САПР на роботу з кресленнями і завдання проектування робить ці системи недостатньо пристосовані до завдань управління реальними об'єктами.

Найважливіші недоліки - обмеженість коштів візуалізації і взаємодії з базами даних, нездатність працювати з дуже великими обсягами просторових даних, відсутність масштабованості рішень. Сучасні ГІС-пакети розвиваються в напрямку вирішення цих завдань.

Ці завдання можуть вирішуватися за допомогою багатовимірного статистичного аналізу, регресійного аналізу та імітаційного моделювання. Однак найбільшу ефективність у вирішенні подібних завдань показали штучні нейронні мережі. Прикладами можуть служити програмні системи NeRIS (тематична інтерпретація даних дистанційного зондування Землі за допомогою нейронних мереж Кохонена), ArcSDM (розширення ArcView для моделювання на основі алгоритмів *fuzzy*логіки і нейронних мереж) [39].

1.5 Нейромережеві методи аналізу інформації

Сучасні обчислювальні системи дозволяють накопичувати і обробляють величезну кількість даних. Цю інформацію можна використовувати для побудови аналітичних виразів досліджуваної системи. Даний підхід ґрунтується на методах відновлення залежностей за емпіричними даними [36, 131].

Існує кілька класів завдань, що вирішуються в рамках цих методів:

- класифікація - віднесення об'єктів до одного з заздалегідь відомих класів;
- кластеризація - групування об'єктів на основі їх властивостей або даних, що описують сутність об'єктів;
- регресія - встановлення залежності безперервних вихідних змінних від вхідних;
- асоціація - виявлення закономірностей між пов'язаними подіями або явищами;
- оптимізація - знаходження рішення, що задовольняє системі обмежень при екстремальному значенні цільового функціоналу;
- апроксимація - знаходження аналітичної або алгоритмічної форми по регулярним і нерегулярним точкам [34].

Для вирішення перерахованих завдань можуть бути використані різні підходи, в залежності від виду апіорної невизначеності і кількості емпіричних даних. Найбільші результати досягаються в разі, якщо параметризована модель відома. У цьому випадку обсяг вибірки дозволяє отримати досить точні оцінки параметрів [41,50]. Однак параметричні методи працездатні тільки при коректному припущенні про обраний вид моделі. У випадках, коли параметрична модель невідома, при відновленні залежностей необхідно використовувати клас функцій, що володіють високою апроксимуючої здатністю. На якість аналізу сильно впливає обсяг вибірки. Якщо обсяг вибірки великий, можуть застосовуватися класичні

непараметричні методи (наприклад, непараметрична ядерна оцінка регресії) [57]. В умовах малих вибірок класичні непараметричні методи стають неефективними, що і визначає необхідність розробки нових методів обробки інформації.

Методи, що розробляються повинні бути ефективні в умовах кінцевих (в тому числі малих вибірок), що підвищить якість обробки інформації. Необхідно забезпечити можливість побудови характеристики аналізованої системи з досить великого набору функцій, що неможливо зробити за допомогою параметричних методів. Необхідні властивості наявні у штучних нейронних мереж, це здатність апроксимувати будь-яку характеристику, що аналізується із заданою точністю [78].

Розробка пристроїв і алгоритмів обробки інформації на основі принципів роботи штучних нейронних мереж ведеться в рамках науково-технічного напрямку нейротехнологій [79]. Ідеї нейромережових і послідовних обчислень зароджувалися одночасно. Основна робота по нейромережовим обчислень [153] опублікована Мак-Каллоком і Піттсом в 1943 р, на два роки раніше доповідної записки фон Неймана про принципи організації обчислень в послідовних електронних обчислювальних машинах. На рис. 1.2 схематично зображено структура штучного нейрона розроблена Мак - Каллоком і Піттсом.

Штучні нейронні мережі - це зв'язкова система, яка використовує досить велике число найпростіших елементів з рефлекторною поведінкою, що називаються нейронами. Всі нейрони пов'язані між собою синаптичними зв'язками. Вони були теоретично описані Д. Хеббом в 1949 р [139], як основа механізмів пам'яті і поведінки. В [116] описаний особливий тип нейронної мережі - персептрон (рис. 1.3). Ф. Розенблат і його послідовники назвали свій підхід конекціоністським, наголошуючи на важливості вивчення створення і зміни зв'язків між нейронами мережі. У 1975 р Івахненко А.Г. пропонує нейронну мережу з активними нейронами, що діють за методом групового обліку аргументів (МГОА), розробленим ним же [118]. Надалі Дж. Хопфилд

в 1982 р пропонує нейронну мережу, що використовується в задачах асоціації, фільтрації і оптимізації [119].

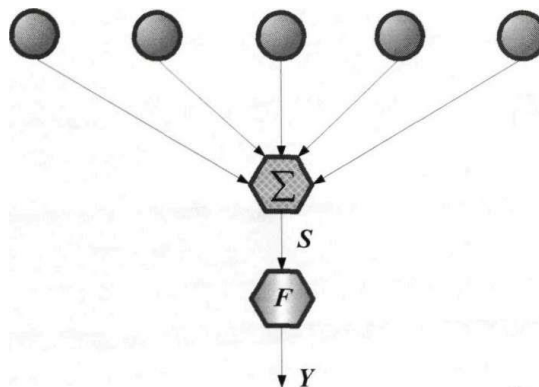


Рисунок 1.2 - Формальний нейрон Мак-Калока-Пітса

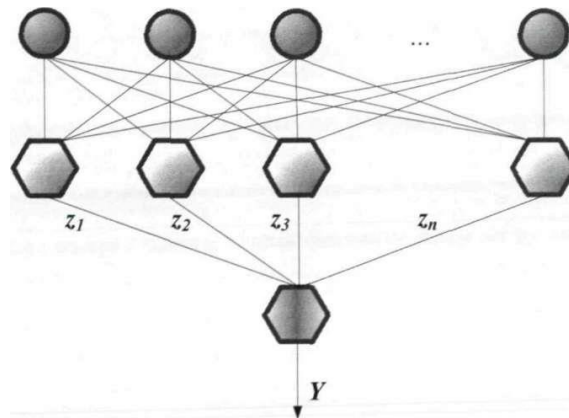


Рисунок 1.3 - Персептрон Розенблата

З нейротехнологією пов'язані наступні ідеї:

- однорідність системи - всі елементи однакові і прості, поведінка диктується системою зв'язків;
- складна система зв'язків, що компенсує простоту елементів, і забезпечує надійність роботи при можливому руйнуванні частини системи.

Головним завданням нейротехнології є розробка методів створення функціональних нейромережових схем для вирішення конкретних прикладних завдань. Методи розрізняються деталями припущень про роботу нейрона і способами їх зв'язків між собою.

Можливість подання функції багатьох змінних суперпозицій функціями меншого числа змінних доводиться наступними теоремами:

- про можливість подання безперервних функцій декількох змінних у вигляді суперпозиції неперервних функцій меншого числа змінних (1956 г.);
- про подання будь-якої неперервної функції трьох змінних у вигляді суми функцій не більше двох змінних (1957 р);
- про подання безперервної функції декількох змінних у вигляді суперпозиції неперервних функцій одної змінної і операції додавання (1957 р) [115].

Основний досягнутий результат полягає в тому, що будь-яку неперервну функцію n змінних можна представити у вигляді суми $2n + 1$ функції однієї змінної [86]:

$$f(x_1, \dots, x_n) = \sum_{j=1}^{2n+1} g_j \left(\sum_{i=1}^n c_i \varphi_j(x_i) \right), \quad (1.2)$$

де $g_j(a)$ - функція однієї змінної, вид якої залежить від функції $f(x_1, \dots, x_n)$.

Описаний вище результат послужив базою для доказу апроксимуючої здатності різних видів нейронних мереж [102, 110]. На виході нейронної мережі формується сигнал, який визначається характеристикою $w = f(\bar{x}, \psi)$, що представляє нелінійну функцію вхідного вектора $\bar{x}$. Параметри ψ визначають вид характеристики шляхом завдання вагових коефіцієнтів зв'язків між нейронами, тоді як функція f містить інформацію про архітектуру мережі, кількість шарів і нейронів у кожному шарі.

Рішення аналітичної задачі зводиться до визначення структури f мережі та параметрів ψ . Параметри ψ визначаються методом мінімізації емпіричного ризику на основі навчальної вибірки X . Найбільш поширений метод підбору вагових коефіцієнтів - метод зворотного поширення помилки [103]. Існує модифікація методу для розподілених обчислювальних середовищ [21], що дозволяє оптимізувати обчислення знань параметрів для

нейронних мереж зі складною структурою.

На якість обробки інформації істотно впливає структура нейронної мережі. Для багатошарової нейронної мережі з послідовними зв'язками структура визначається кількістю шарів і нейронів у кожному з шарів мережі. Підбір структури мережі є не тривіальним завданням: мережі з простою структурою дають грубий результат, а мережі зі складною структурою не здатні працювати на нових даних (проблема «перенавчання»). Тому останнім часом великий інтерес проявляється до механізму самоорганізації нейронних мереж.

Самоорганізація, як метод адаптивного синтезу складних систем, оснований на припущенні, що інформація про взаємну кореляцію змінних прихована в експериментальних значеннях цих змінних [47]. У теорії самоорганізованих нейронних мереж існують течії, що розвиваються паралельно: багатошарові нейронні мережі з еволюційною архітектурою; двічі багаторядні нейронні мережі з активними нейронами, що самоорганізуються.

Багатошарові нейронні мережі засновані на моделі МакКаллока-Піттса, в той час як двічі багаторядні нейронні мережі з активними нейронами, що самоорганізуються використовують метод групового обліку аргументів.

Незважаючи на різноманітність штучних нейронних мереж за своїми формами, мережеві парадигми мають багато спільного. Принцип самоорганізації моделей цих типів мереж однаковий і вимагає попереднього вибору вихідної моделі, наявності механізму мутації моделей і критерію їх відбору [55].

У багатошарових нейронних мережах по моделі Маккаллока-Піттса використовується еволюційне формування архітектури із застосуванням генетичного алгоритму, для чого необхідно вибрати схему безпосереднього або непрямого кодування нейронної мережі. Схема безпосереднього кодування має на увазі вид кодування, при якому кожний зв'язок

нейромережі безпосередньо задаються його двійковим поданням. Для цього використовується матриця $C=[C_{ij}]_{n \times n}$, яка визначає зв'язок нейронної мережі, що складається з n вузлів. Якщо $C_{ij}=1$, то зв'язок між i -м і j -м нейронами існує, при $C_{ij}=0$ - зв'язку немає. При цьому підході хромосома - це комбінація рядків матриці C . Недоліком даного підходу є квадратичне збільшення довжини генотипу при зростанні вузлів нейронної мережі, що робить його прийнятним тільки для невеликих розмірів мереж.

Схема непрямого кодування має на увазі опис найбільш важливих властивостей мережі замість перерахування всіх зв'язків. Основна перевага даного підходу - це компактне представлення зв'язків. Після того як схема кодування обрана, виконується побудова мережі з використанням одного з алгоритмів еволюційної побудови нейронної мережі [53].

Метод, який реалізує процес побудови двічі многорядної нейронної мережі з активними нейронами, дозволяє синтезувати нелінійну структуру багатопараметричної регресійної моделі. В основу методу покладено принципи неостаточності рішень, зовнішнього доповнення, масової селекції.

Принцип неостаточності рішень полягає в необов'язковості збереження найкращих рішень на кожному кроці самоорганізації комбінації яких на наступних кроках може дати кращий результат. Це призводить до необхідності підбору оптимальної кількості змінних для кожного наступного кроку самоорганізації.

На першому кроці проводиться побудова евклідової відстані L від кожного спостереження x_{ij} до інших спостережень x_{aj} :

$$L_i = \sqrt{\sum_{j=1}^n (x_{ij} - x_{aj})^2}, \quad (1.3)$$

де x_{ij} - значення j -ї змінної в i -й аналізованій точці;

x_{aj} - значення аналога;

n - кількість спостережень.

На другому кроці в якості аналога вибирається спостереження, яке розташоване найближче до поточного. Для всіх спостережень в вибірці даних знаходяться їх аналоги. Як критерій при виборі оптимального числа змінних використовується критерій $RR(s)$:

$$RR(s) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - x_a)^2}{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}}, \quad (1.4)$$

де x_i - поточне спостереження;

x_a - відповідний аналог;

$\bar{x}$ - середнє значення.

На наступних кроках відбувається поступове ускладнення безлічі змінних з використанням змінних, відібраних на попередніх ітераціях. Якщо N - число змінних, то на першій ітерації буде перебрано N вибірок, на другій - $N - 1$ вибірок, на третій, відповідно, - $N - 2$ і т.д. Досягається скорочення процедури перебору, а в моделі залишаються тільки істотні змінні.

Для пошуку адекватної аналітичної моделі прихованої в зашумлених даних, необхідно використовувати зовнішні критерії, засновані на нових даних, які не використовуються при побудові моделі. Серед інших слід відмітити найбільш часто застосовуваний критерій регулярності:

$$AB = \sum_{i=1}^N (y - \bar{y})^2, \quad (1.5)$$

де y і $\bar{y}$ - очікуване і оцінене значення,

N - число спостережень.

Для застосування зовнішніх критеріїв набір вхідних даних необхідно розділити на навчальну і тестову послідовності. Навчальна послідовність використовується для побудови моделі, а тестова - для вибору оптимальної моделі за критерієм [97].

Масова селекція полягає в поступовому ускладненні моделі засобами комбінації вихідних змінних на першому кроці і комбінації кращих моделей на наступних кроках.

За схемою масової селекції працюють алгоритми методу групового обліку аргументів. Вони містять генерацію комбінацій змінних і відбір кращих комбінацій по заданому критерію. В алгоритмах МГОА математичні модель будується поетапно - в кілька рядів селекції (рис. 1.4):

- перший ряд містить комбінації вхідних змінних:

$$y_1=f(x_1,x_2), y_2=f(x_1,x_3), \dots, y_s=f(x_{m-1},x_m);$$

- другий ряд містить комбінацію значень отриманих на першому ряді селекції: $z_1=f(y_1,y_2), z_2=f(y_1,y_3), \dots, z_p=f(y_{s-1},y_s);$

- третій ряд містить комбінацію значень отриманих на другому ряді селекції і т. д.

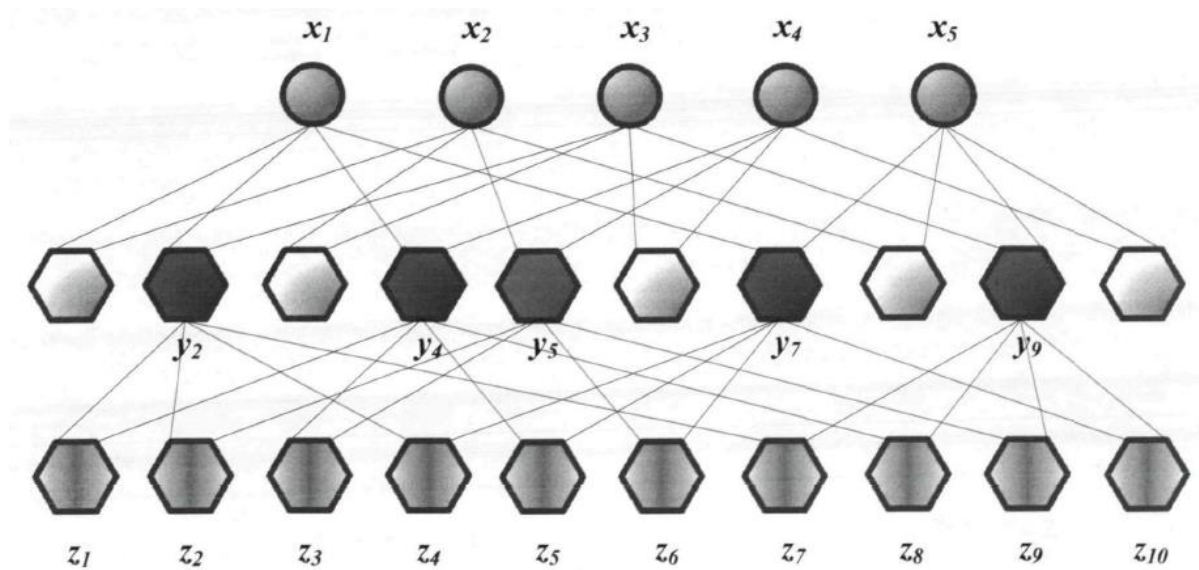


Рисунок 1.4 – Етапи побудови рядів селекції у МГОА – алгоритмах

Вид функції f вибирається залежно від апріорних знань про систему, що досліджується. Складність комбінацій на кожному ряду селекції ускладнюється, тому що вхідні аргументи і проміжні змінні співвідносяться попарно. Селекція зупиняється при досягненні оптимальної моделі по заданому критерію.

Багаторядні алгоритми МГОА можна застосовувати, коли число точок N в емпіричних даних менше числа аргументів n в аналітичній моделі системи.

Методи регресійного аналізу в цьому випадку не застосовуються, оскільки не дозволяють побудувати єдину модель, адекватну досліджуваній системі за межами інтервалу інтерполяції.

1.6. Методи побудови системи досліджень просторово-координованими об'єктами в міських інтелектуальних транспортних системах за умов впливу гетерогенних факторів.

У роботі вирішуються наступні актуальні завдання дослідження ПКО МІТС за умов впливу гетерогенних факторів:

- розробка онтології транспортної інфраструктури з найменшим впливом на ЗОС;
- розробка математичної моделі транспортної інфраструктури і взаємодіючих з нею об'єктів;
- розробка методів просторового та просторово-часового аналізу об'єктів транспортної інфраструктури, що базується на штучних нейронних мережах;
- розробка нейромережових методів визначення залежності інтенсивності руху транспортних засобів від інших об'єктів транспортної інфраструктури в просторі і в часі;
- розробка нейромережових методів визначення факторів, від яких залежить рівень екологічного навантаження на ВДМ промислових центрів;
- розробка програмного комплексу дослідження просторово-координованих об'єктів МІТС за умов впливу гетерогенних факторів:

При вирішенні складних завдань інтелектуального аналізу в якості інструмента опису знань використовують онтології. Застосування онтології дозволяє абстрагуватися від предметної області при написанні аналітичних

алгоритмів, що веде до їх уніфікації та інваріантності [22].

Проведення аналізу об'єктів транспортної інфраструктури вимагає побудови її адекватної математичної моделі. Математична модель транспортної інфраструктури повинна включати опис властивостей і поведінки об'єктів, що прямо чи опосередковано беруть участь в її функціонуванні. Побудована модель дозволить фігурувати формалізованими об'єктами і їх ознаками при розробці аналітичних методів.

Транспортні завдання вимагають модифікації методики проведення досліджень з використанням штучних нейронних мереж. Методи просторового аналізу повинні враховувати унікальні властивості транспортних об'єктів, а методи просторово-часового аналізу - поведінкові характеристики об'єктів дослідження. Необхідно розробити методи адаптації просторово-координованих даних МІТС за умов впливу гетерогенних факторів до методів нейромережевого аналізу, а також методи інтерпретації результатів одержаних на виході нейронних мереж [37].

Одна з актуальних задач управління функціонуванням транспортної інфраструктури - завдання просторового та просторово-часового аналізу інтенсивності руху транспортних засобів. Визначення факторів, що впливають на інтенсивність, дозволить коректно організувати рух на певних ділянках дороги. А прогноз росту інтенсивності, заснований на значеннях інтенсивності на досліджуваному і сусідніх ділянках в поточний момент часу, дозволить організувати оптимальне управління транспортним потоком за умов уникнення конфліктних ситуацій. Під конфліктною ситуацією у контексті реалізації процесу моніторингу розуміють завдання на моніторинг, або інформаційний запит користувача інформації, які не відповідають поточним завданням і виконання яких потребує переконфігурування системи [45]. Цей комплекс заходів приведуть до зменшення числа транспортних заторів на вулично-дорожній мережі.

Важливу роль відіграє рішення задачі визначення факторів, від яких залежить рівень екологічного навантаження на транспортну мережу.

Завдання має на увазі пошук функціональної залежності екологічного навантаження на ЗОС від ряду властивостей компонентів транспортної інфраструктури на досліджуваній ділянці. Завдання включає в себе пошук універсальних чинників, що не залежать від конкретної ділянки транспортної мережі, і унікальних факторів для кожної ділянки окремо.

Нейромережеві моделі, побудовані для вирішення перерахованих вище завдань, повинні бути перевірені на адекватність по одному зі статистичних критеріїв згоди. Більш того точність моделей повинна бути перевірена за критеріями зовнішнього доповнення, для отримання адекватної відповіді на дані, які не беруть участі при навчанні системи.

Розроблені методи повинні лягти в основу програмно-апаратного комплексу дослідження ПКО МІТС за умов впливу гетерогенних факторів. Програмний комплекс має володіти ергономічністю, інтероперабельністю і маштабністю, що дозволить ефективно використовувати її в складі міської інтелектуальної транспортної системи.

1.7 Реалізація базових принципів системи інформаційної підтримки прийняття управлінських рішень

Побудова оптимізаційних інформаційних систем гарантованого адаптивного управління заснована на двох принципах - первинній оцінці фактичного стану транспортної системи і надалі прогнозуванні зміни її стану. Розглянемо більш детально реалізацію цих принципів. Умовно всі методи оцінки стану транспортної системи можна класифікувати за трьома напрямками: візуально-лінгвістичні методи, інструментальні методи по комплексу показників і діагностичні методи оцінки на основі інтегрального показника відповідності ВДМ споживчим якостям.

Попередньо проведені дослідження, показали, що зміна модуля екологічного навантаження в період навантаження транспортного потоку можливо характеризувати наступним виразом:

$$E_t = A + B \left(\lg \left(\frac{q^T - q^t}{q^T - 1} \right) N_p - 1 \right), \quad (1.5)$$

де E_t – модуль екологічного навантаження у t -й проміжок часу,

T – нормативний період виміру екологічного навантаження;

t – період часу в який проводились виміри;

A – параметр, що залежить від типу забруднення та груп екологічного навантаження;

B – параметр що переважно характеризує ступінь повторення підвищення екологічного навантаження;

N_p – інтенсивність викидів від транспортного потоку.

На основі статистичної обробки експертних даних запропонована наступна залежність для прогнозування змін стану ЗОС:

$$E_{\text{тр}} = A + B \left[\lg \left(n_p N_{\text{пр1}} \frac{q^t - 1}{q - 1} \right) - \lambda \right], \quad (1.7)$$

$$E_{\text{тр}} = A + B \left\{ \lg \left[n_p N_{\text{пр1}} \left(1 + \frac{b(t-1)}{2} \right) \right] - \lambda \right\}, \quad (1.8)$$

де A, B – емпіричні параметри рівняння;

$N_{\text{пр1}}$ – інтенсивність руху, приведена до розрахункового навантаження з урахуванням смуг руху,

n_p – кількість днів у році з розрахунковим рухом;

λ – параметр рівняння, що дорівнює 4,5;

b – прогнозований коефіцієнт зміни інтенсивності руху.

Складність практичного використання більшості моделей даного напрямку полягає в необхідності значних експериментальних досліджень з визначення параметрів рівнянь. До того ж більшість рівнянь прогнозують зміну обмеженого набору показників, що характеризують стан ВДМ, враховуючи перелік гетерогенних факторів впливу на зовнішнє середовища.

В якості альтернативи розроблений цілий ряд моделей, які прогнозують зміну екологічного навантаження в залежності від сукупності діючих факторів транспортної системи.

Отже, до третього напрямку методів прогнозування можна віднести створення програмно-аналітичних комплексів з моделювання зміни якісного стану об'єкта в автодорожньому комплексі залежно від впливу на нього безлічі гетерогенних факторів нестационарного середовища. Як правило, методи прогнозування даного напрямку реалізуються на основі гібридних систем синтезу досвіду експертів і потужності інформаційних засобів з чіткою метою - поліпшити якість прийнятих управлінських рішень.

Гібридизація. Одне з рішень, здатних збільшити надійність і достовірність прогнозів, полягає в створенні декількох різних моделей на основі різних методів моделювання. Оскільки неможливо заздалегідь дізнатися, яка з моделей дасть кращий прогноз при поточних умовах, резонно запропонувати об'єднання всіх моделей для отримання гібридного рішення.

Гібридизація в інформаційних технологіях складається в спільному застосуванні різних методів і моделей для обробки інформації про один і той же об'єкт. Парадигма такого підходу заснована на згоді з тим, що будь-яка як завгодно складна штучна модель реального об'єкта завжди буде простіше оригіналу, і тільки багатоаспектне його вивчення з подальшою інтеграцією отриманих результатів дозволить знайти необхідні знання або наблизитися до оптимального рішення. Логічно чекати від гібридизації, що спільне рішення відобразить реальність ретельніше, ніж будь-яка одинична модель за довгий проміжок часу.

Системи підтримки прийняття рішень враховують такі чинники, як проектні характеристики ВДМ, знаки та сигнали, навколишнє середовище, якість дорожнього покриття, кліматичний та сезонних вплив. Значну увагу приділено процентним співвідношенням легкових і вантажних автомобілів в потоках транспорту промислових центрів, даними кліматичних і погодних умов, включаючи добові та сезонні зміни температури, а також її абсолютні

значення. 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 якісно, неточно або невизначено.

Є численні приклади застосування *fuzzy* концепцій в промисловості, експертних системах, бізнесі, фінансовому аналізі та програмному забезпеченні. Тут слід зазначити монографію [117], в якій представлений широкий спектр можливих застосувань цієї теорії- від оцінки ефективності інвестицій до кадрових рішень і заміни обладнання. У цій роботі наводяться відповідні математичні моделі. Таким чином, в зв'язку з тим, що процеси прогнозування зміни стану ПКО в організаційних МІТС досить складні для аналізу за допомогою загальноприйнятих кількісних методів (хоча і розроблений ряд емпіричних залежностей), 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*.

Отже, збір даних і комплексна оцінка стану складного об'єкта для реалізації принципу прогнозування повинні базуватися на інструментальних діагностичних дослідженнях, що не виключають елементів експертних лінгвістичних оцінок.

1.8 Висновки до розділу 1

1. Міські інтелектуальні транспортні системи, що мають в своєму арсеналі інструментальних засобів геоінформаційну складову і нейромережевий аналіз, найбільш перспективні для вирішення задач обробки та аналізу просторово-координованих даних за умов впливу гетерогенних факторів.

2. Проведений аналіз методів штучних нейронних мереж показав необхідність і перспективність їх застосування для управління великими масивами даних. Актуально використання нейронних мереж, що самоорганізуються в силу їх здатності до автоматичного формування структури мережі і налаштування параметрів.

3. Обґрунтовано необхідність розробки нових методів аналізу функціонування транспортної інфраструктури промислових центрів, заснованих на нейромережевому підході, і забезпечуючих підвищення пропускної здатності і екологічної безпеки транспортної мережі.

4. Проведено аналіз існуючого нейромережевого програмного забезпечення. На основі аналізу обґрунтовано необхідність розробки підсистеми МІТС, що забезпечує аналіз просторово-координованих даних за умов впливу гетерогенних факторів для управління функціонуванням транспортної інфраструктури промислових центрів; визначені критерії, які повинна задовольняти така підсистема.

5. Встановлено, що в основі системи інтелектуальної підтримки прийняття управлінських рішень в МІТС лежать два базових принципи - оцінка поточного стану просторово-координованих об'єктів і прогнозування їх змін на перспективу. Для оцінки поточного стану пропонується реалізація гібридного методу, заснованого як на результатах комплексної діагностики, так і на вербальних експертних оцінках.

РОЗДІЛ 2

ФОРМУВАННЯ КОНЦЕПЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ, ЩО КООРДИНУЄ СТАЛУ ВЗАЄМОДІЮ ЕЛЕМЕНТІВ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ

Умовою ефективного управління складною динамічною системою є розробка комплексу взаємопов'язаних моделей, що адекватно описують властивості і поведінку системи з позиції досягнення поставлених цілей. Описуючи різні деталізації і різні аспекти використання, статичні моделі дозволяють проводити послідовну багаторівневу декомпозицію досліджуваної системи з подальшою стратифікацією. Динамічні моделі здатні відтворювати поведінкові особливості оперативної роботи, взаємодії та еволюціонування системи. Інформаційна підтримка управління складними системами дозволяє використовувати при моделюванні потужності програмно-апаратних комплексів.

Будучи складною системою, що вимагає ефективного управління, транспортна інфраструктура потребує побудови моделей, що дозволяють вирішувати поставлені в першому розділі завдання. Моделі повинні володіти різним ступенем деталізації, описувати і пов'язувати між собою об'єкти, розташовані на різних шарах геоінформаційної системи, і відтворювати динамічні зміни стану об'єктів. Штучні нейронні мережі є універсальним засобом моделювання будь-яких характеристик досліджуваної СДС. Нейромережеві методи часто використовуються для апроксимативного, регресійного і кластерного аналізу більшості масивів даних (Data Mining, інтелектуальний аналіз даних). Ці методи добре вивчені і використовуються в багатьох програмних системах (MS SQL Server, Oracle і т.д.). Однак їх застосування для вирішення транспортних завдань вивчено недостатньо повно і вимагає детального опрацювання в області інтерпретації даних для нейронної мережі, пошуку оптимального числа змінних в нейромережевій моделі, комбінування декількох алгоритмів для вирішення певної задачі.

Метою даного розділу є створення універсальної методики побудови нейромережових моделей аналізу об'єктів транспортної інфраструктури та їх впливу на екологічний стан ЗОС.

2.1 Управління об'єктами транспортної інфраструктури

Сьогодні ефективність управління маршрутами промислового та комунального транспорту в транспортному середовищі промислових центрів значною мірою визначається рівнем розвитку інформаційних технологій. Тенденції впровадження інформаційних технологій в транспортну галузь пов'язані зі створенням локальних інформаційних систем адаптивного керування та планування на усіх рівнях логістичного ланцюга. Сучасні МІТС повинні бути орієнтовані на ефективне використання інтелектуального ресурсу транспортної і промислової галузей та на підтримку безпечного життя населення при їх функціонуванні.

Розв'язання таких задач вимагає широкого використання телекомунікаційних, комп'ютерних та інтелектуальних інформаційних технологій у поєднанні з досвідом фахівців-транспортної галузі. Ефективність МІТС значною мірою залежить від формалізації технології на множині полієргатичних виробничих організацій, які в ринкових глобальних умовах вже зараз застосовують у власній діяльності: засоби ІТ; телекомунікаційне термінальне обладнання; Internet та GPS для врахування поточних впливових факторів зовнішнього оточуючого середовища.

Стрімкий розвиток інформаційних і телекомунікаційних технологій зумовив формування єдиного інформаційного простору, у якому взаємодіють, функціонують, модифікуються й розвиваються соціотехнічні системи різного ступеня складності й призначення. Твірним елементом таких систем і явищ є системи моніторингу заданих об'єктів (об'єктів моніторингу), в яких реалізуються збір, накопичення, обробка одержуваних даних і керування зазначеними процесами. Наслідком цього стала надмірність

інформації, що циркулює в єдиному інформаційному просторі, значна динаміка перебігу зовнішніх і внутрішніх процесів, складність, фатальність і висока щільність потоку виникаючих при цьому кризових ситуацій [6].

Розробляти МІТС доцільно за компонентно-ієрархічним підходом, який передбачає поділ процесу розроблення на ієрархічні рівні та види забезпечення (алгоритмічне, апаратне та програмне) [5]. Для реалізації такого підходу використовується метод декомпозиції, який передбачає розбиття МІТС на окремі компоненти. Таким чином можливо верифікувати поняття безпеки ТЗ та їх потоків які складаються з наступних декомпозованих критеріїв (рис.2.1).

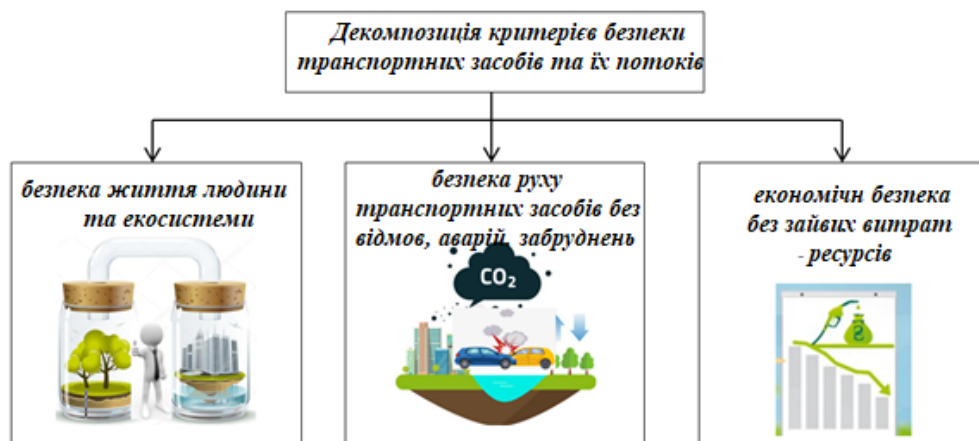


Рисунок 2.1 - Декомпозовані критерії безпеки транспортних засобів в міських інтелектуальних транспортних системах

На кожному рівні ієрархії розв'язуються задачі відповідної складності, які характеризуються як одиницями інформації, так і алгоритмами обробки. За складністю розв'язувані задачі діляться на чотири ієрархічні рівні. Збільшенню номера рівня ієрархії відповідає збільшення деталізації алгоритмічних, апаратних і програмних засобів.

При цьому на вищих рівнях ієрархії одиниці інформації, алгоритми, програмні та апаратні засоби являють собою впорядковані сукупності одиниць інформації та композиції алгоритмів, програмних і апаратних засобів нижчих рівнів ієрархії.

Методологія послідовної декомпозиції, яка використовується під час

розроблення міських інтелектуальних транспортних систем, відображає процес розроблення “згори донизу” [11].

На першому ієрархічному рівні МІТС розв'язуються системні задачі. Даний рівень позначимо як 1 СМІТ, де одиниця означає перший рівень ієрархії.

Другий рівень ієрархії складають підсистеми, що забезпечують: реєстрацію та збирання поточних даних; обробку поточних даних; збереження даних; аналітичну обробку даних; прийняття рішень.

Третій ієрархічний рівень складають апаратні блоки та бібліотеки, поділ на які здійснюється за функціональною ознакою.

До четвертого рівня ієрархії належать апаратні та програмні модулі, які реалізують основні алгоритми роботи блоків.

Таблиця 2.1 - Рівні та види розробок інформаційних технологій для МІТС промислових центрів

Ієрархічний рівень	Види забезпечення та виконання обробки		
	Алгоритмічне	Апаратне	Програмне
1-й	Алгоритми функціонування МІТС	Структура апаратних засобів МІТС	Структура програмних засобів МІТС
2-й	Алгоритми функціонування підсистем	Структура апаратних засобів підсистем	Структура програмного забезпечення підсистем
3-й	Алгоритм реалізації блоків підсистем	Схема блоків підсистем	Бібліотека програм
4-й	Алгоритм апаратних модулів	Схема апаратних модулів	Програмні модулі

Компонентно-ієрархічну структуру МІТС можна описати за допомогою такого виразу:

$$C_{\text{МІТС}}^1 \cup \bigcup_{i=1}^n C_{\text{МІТС}}^{2i} \cup \bigcup_{j=1}^m C_{\text{МІТС}}^{3j} \cup \bigcup_{p=1}^h C_{\text{МІТС}}^{4p} \quad (2.1)$$

де $C_{\text{МІТС}}^{2i}$, $C_{\text{МІТС}}^{3j}$, $C_{\text{МІТС}}^{4p}$ – засоби відповідно другого, третього та четвертого ієрархічних рівнів;

n – кількість типів підсистем;

m – кількість типів блоків;

h – кількість типів модулів.

Алгоритми роботи ПАК на кожному рівні ієрархії подаються у вигляді функціональних графів $F=(\Phi, \Gamma)$, де $\Phi=\{\Phi_1, \Phi_2, \dots, \Phi_n\}$ – множина функціональних операторів які організують роботу ГАУ, Γ – закон відображення зв'язків між операторами. Таке подання дає змогу сформувати список алгоритмів і визначити доцільність реалізації їх програмними або апаратними засобами. Основними структурними одиницями є підсистеми: реєстрації та збирання даних зі стаціонарних постів; обробки отриманих даних; збереження даних; аналітичної обробки даних; прийняття рішень.

Обробка семантично неузгоджених даних про стан транспортної системи потребує застосування різноманітних інформаційних технологій. Тому архітектуру ГАУ в умовах МІТС, яка розробляється, можна розглядати як інтегровану технологію обробки інформації та засобів, що використовуються для її реалізації:

$$IT_{\text{МІТС}} \supset IT_{\text{DW}}, IT_{\text{WEB}}, IT_{\text{ЦОС}}, IT_{\text{OLAP}}, IT_{\text{EDMS}}, IT_{\text{DM}}, IT_{\text{KDD}}, \quad (2.2)$$

де IT_{DW} – технологія інформаційних сховищ (Data Warehouse);

IT_{WEB} – WEB-технології;

$IT_{\text{ЦОС}}$ – технології цифрової обробки сигналів (ЦОС);

IT_{OLAP} – технологія оперативної аналітичної обробки (OLAP – On-Line Analytical Processing);

IT_{EDMS} – технологія автоматизації ділових процесів (EDMS – Enterprise Document Management System);

IT_{DM} – технологія інтелектуального аналізу даних (DM – Data Mining);

IT_{KDD} – технологія, яка витягує з даних нові нетривіальні знання у формі моделей, залежностей та законів (KDD – knowledge discovery in databases).

На основі аналізу задач які мають вирішуватись при роботі МІТС і засобів, використовуваних для їхнього розв'язання, сформована узагальнена архітектура ГАУ такої МІТС (рис.2.2), де СУБД – системи управління базами даних [23].

Підсистема реєстрації та збирання даних транспортного потоку та гетерогенних впливів ЗОС. При роботі МІТС отримують інформацію з датчиків на стаціонарних постах, які формують результати роботи безпосередньо в електронному вигляді.

Підсистема реєстрації та збору даних стану МІТС повинна забезпечувати [27-29]:

- автоматизоване переведення результатів заборів в електронну форму;
- реєстрацію в резервних базах даних всього обсягу вхідних, вихідних та внутрішніх замірів;
- оперативний пошук рішень при зміні умов роботи системи;
- оптимальне використання та систематизацію сховищ даних відповідно до потреб МІТС;
- інтеграцію і взаємодію з Web-технологіями і файловою системою;
- підтримку різних джерел надходження інформації;
- можливість роботи з сучасними СУБД.

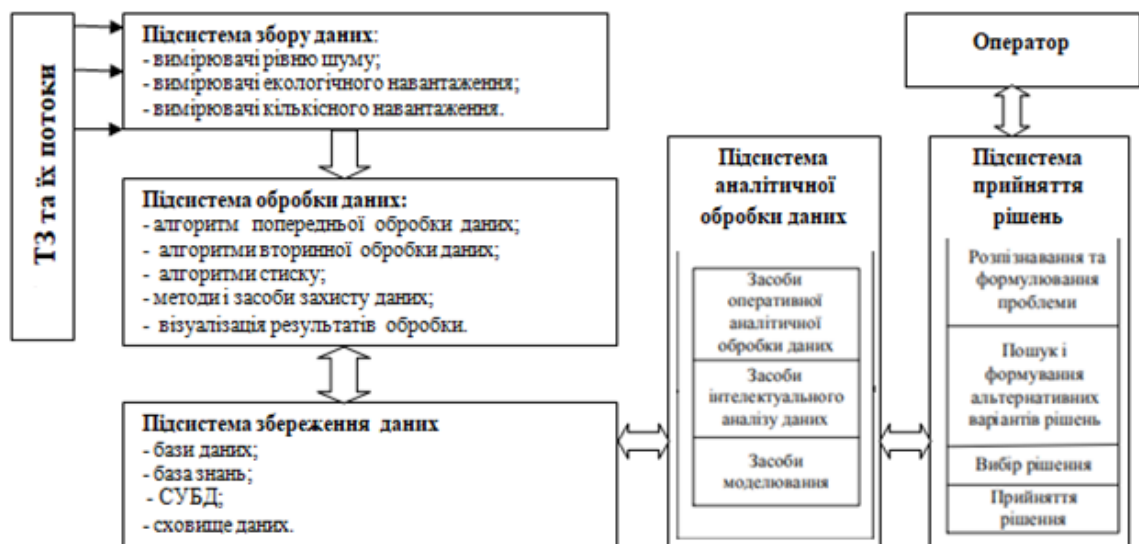


Рисунок 2.2 – Узагальнена архітектура ГАУ при роботі МІТС

Аналіз транспортної інфраструктури та діяльності організацій, що здійснюють на неї безпосередній вплив, дозволив запропонувати схему

використання просторово-координованої і атрибутивної інформації на основі гарантованого адаптивного управління забезпечення екологічної безпеки і пропускної спроможності (рис. 2.3).

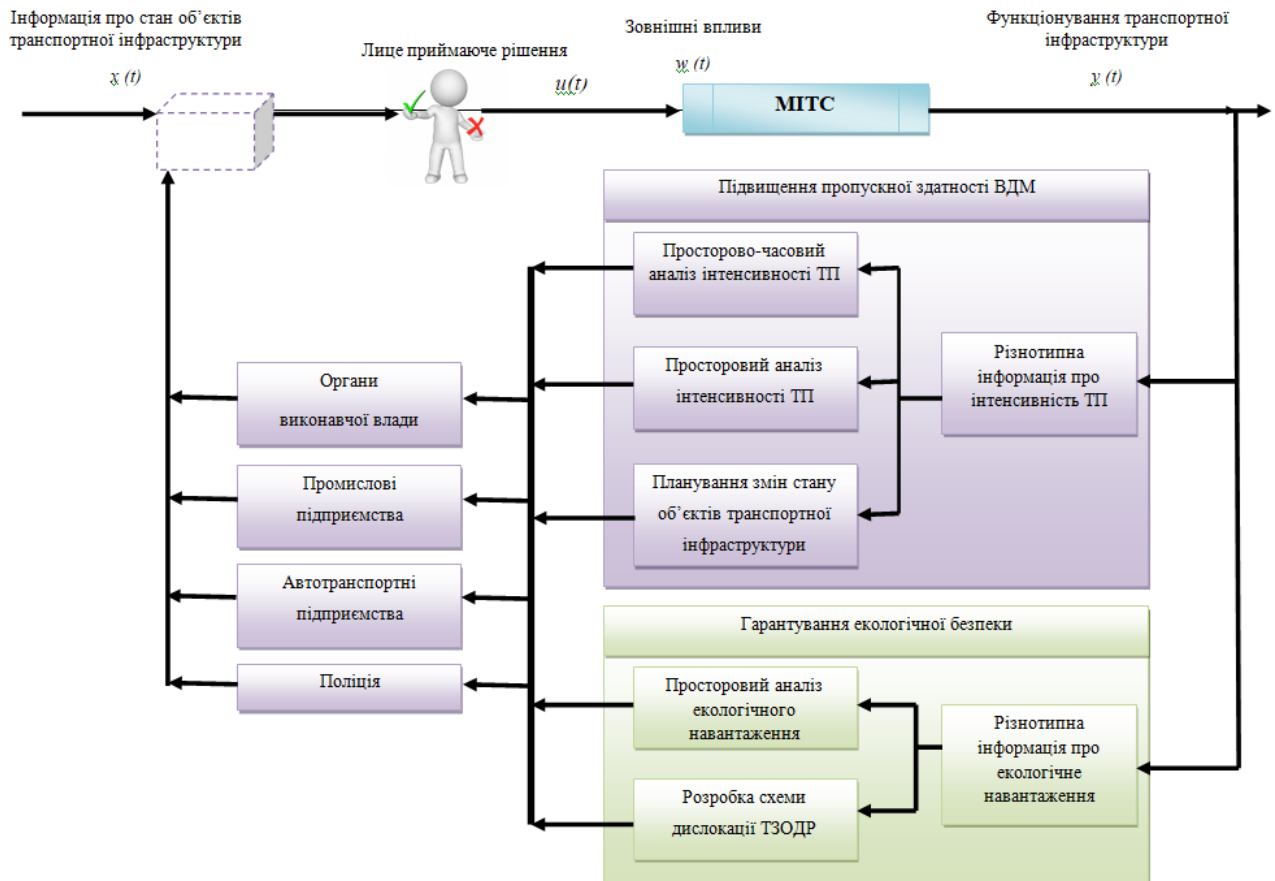


Рисунок 2.3 - Схема використання просторової і атрибутивної інформації при гарантованому адаптивному управлінні транспортною інфраструктурою промислового центру

На наведеному рисунку показані завдання інформаційного забезпечення технології ГАУ транспортною інфраструктурою, розглянуті в першому розділі, у взаємозв'язку з організаціями, які їх вирішують, а також характер інформації, необхідної для успішного вирішення зазначених завдань. Необхідно відзначити важливість спільного розгляду просторово-координованої і атрибутивної інформації про об'єкти транспортної інфраструктури для ефективної інформаційної підтримки технології ГАУ.

На вхід системи подається інформація про стан об'єктів транспортної інфраструктури, яка використовується особою, що приймає рішення, для надання управляючих впливів на транспортну інфраструктуру. Оскільки транспортна інфраструктура є складною динамічною системою, інформації що подається недостатньо для управління нею. По-цьому застосовуються методи інформаційної підтримки технології ГАУ, які уточнюють, модифікують і доповнюють існуючу інформацію новими знаннями.

Для управління забезпеченням 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. Це дозволяє отримати нові знання про транспортну інфраструктуру, які використовуються організаціями для розробки заходів щодо зниження рівня екологічного навантаження.

Управління пропускнуою здатністю вимагає інформацію про інтенсивність потоків у промислових центрах. В даному випадку інформаційна підтримка полягає в просторовому і просторово-часовому аналізах інтенсивності та концентрації CO₂ в повітрі і в плануванні зміни стану об'єктів транспортної інфраструктури. Отримані нові знання використовуються для розробки засобів по досягненню максимальної пропускнуої здатності на проблемних ділянках ВДМ і єдиного ТДК. Отримуючи нову інформацію і нові знання про стан транспортної інфраструктури, дії ОПР, стають більш ефективними.

2.2 Онтологія транспортної інфраструктури

Концептуальне моделювання транспортної інфраструктури пов'язане з розглядом і структуруванням наявних даних. Дана фаза направлена на визначення контексту системи і виявлення семантики інформації.

Результатом моделювання є концептуальна схема, абстрактна точка зору на область дослідження. Фаза концептуального моделювання є фундаментальною фазою розробки МІТС [4].

Однією з основних властивостей фази концептуального аналізу є можливість отримання і співіснування декількох різних концептуальних моделей системи. Концептуальна модель дозволяє інтерпретувати наявні у дослідника дані, після чого вони можуть нести знання. Один і той же набір даних може передавати різні знання в залежності від концептуальної моделі, через призму якої він розглядається [54]. З іншого боку концептуальна модель накладає обмеження на безліч способів тематичної формалізації [80].

Методологія побудови концептуальних моделей базується на комплексній стратегії підвищення рівня абстракції моделей, що використовуються. Моделі повинні охоплювати реалізовані комбінації особливостей і максимально враховувати бази фундаментальних знань предметної області, в якій вирішується завдання.

Подібний розгляд дозволяє отримати максимально змістовний конкретний результат аналізу [90]. У зв'язку з цим, особливого значення набуває одна з різновидів концептуальних моделей - онтологія предметної області [91], яка представляє собою опис сутностей і процесів на формальній мові.

Транспортна інфраструктура розглядається в онтологічному базисі, що складається з трьох елементів $\{\tilde{E}, \tilde{A}, \tilde{R}\}$:

$\tilde{E}$ - безліч сутностей предметної області;

$\tilde{A}$ - безліч атрибутів сутностей;

$\tilde{R}$ - безліч відносин між сутностями.

Суті $\tilde{E}$ і атрибути $\tilde{A}$ відображають поняття предметної галузі транспортної інфраструктури, а відносини $\tilde{R}$ - безліч зв'язків між поняттями. За допомогою обраного базису можна будувати різні онтології.

Грунтуючись на принципах системного аналізу, який являє собою

теорію і практику втручання, що поліпшує проблемну ситуацію, пропонується варіант декомпозиції проблеми розв'язання наявних протиріч в області аналізу даних транспортної інфраструктури [62]. Як формальні мови опису онтології використовуються діаграми класів *UML*. Побудована онтологія використана в подальшому як відправна точка розробки математичної моделі транспортної інфраструктури. Крім того, завдяки тому, що модель описана стандартизованою мовою *UML*, вона може бути використана повторно в інших проектах.

Відомі різні типи математичних моделей СДС, конкретний вид яких обумовлений областю їх застосування, ступенем охоплення факторів, деталізацією відображень фізичних явищ і цілями їх походження.

Математична модель інкапсулює записану в формі математичних співвідношень сукупність знань, уявлень і гіпотез про відповідні об'єкти або явища. Основне призначення математичної моделі - зробити можливим висновки про поведінку реальної системи, провести аналіз її роботи.

Завдання аналізу, як правило, включає в себе: аналіз поведінки систем в різних просторах станів; виявлення граничних станів системи; оцінку потенційних можливостей системи.

Рішення аналітичних задач транспортної інфраструктури вимагає подання географічного світу досліджуваної предметної області у вигляді структурованої цифрової моделі. За основу при побудові математичної моделі була прийнята онтологія предметної області, що дозволяє виділити основні сутності і зв'язку між ними.

Математична модель транспортної інфраструктури представляється у вигляді сукупності трьох складових $\{\tilde{\Theta}, \tilde{S}, \tilde{O}\}$:

$\tilde{\Theta}$ - вулично-дорожня мережа промислового центру;

$\tilde{S}$ - макромодель транспортного потоку;

$\tilde{O}$ - дорожні об'єкти.

Вулично-дорожня мережа $\tilde{\Theta}$ - це сукупність 3-х множин

$\{\Theta^x, \tilde{V}, \tilde{E}\}$ ділянок, вузлів і дуг відповідно (рис. 2.4).

Елементи кожного множини мають певний набір параметрів. Причому Θ , може представляти як всю вулично-дорожню мережу міста, так і окремі його частини аж до кордонів однієї ділянки Θ^x .

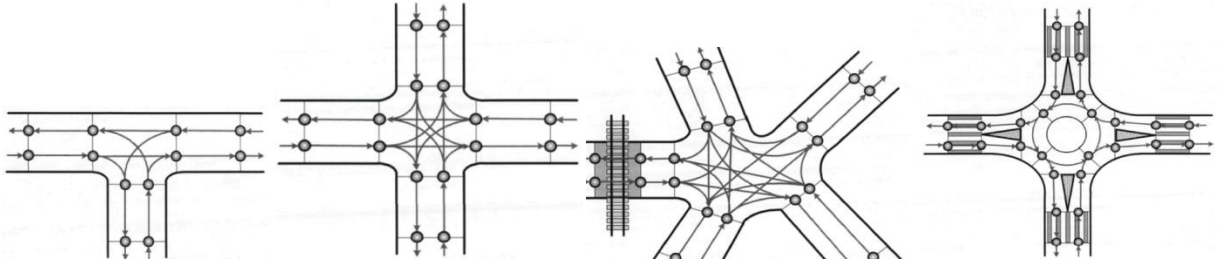


Рисунок 2.4 - Графічне представлення ділянок вулично-дорожньої мережі

Поділ ділянки на більш дрібні ділянки проводиться за параметрами інших складових моделі і обумовлено умовою задачі, що вирішується. Вид перехрестя обумовлено тільки його конфігурацією: кількістю дуг і вузлів, кількістю ділянок що приєднуються, при цьому концептуальна модель ВДМ залишається незмінною. Тріада $\{\Theta^x, \tilde{V}, \tilde{E}\}$ є базисом математичної моделі транспортної інфраструктури, всі інші об'єкти так чи інакше прив'язані до цього базису (рис. 2.5). Ділянка $\theta_i^x \in \Theta^x$ - полігональна ділянка вулично-дорожньої мережі, представлена набором координатних пар, що описуються єдиним набором фізичних параметрів. Для автомобільних транспортних задач досить розгляду ділянок в двовимірному евклідовому просторі. Таким чином, геометрична складова математичної моделі ділянки:

$$G^{\theta_i^x}(\xi_{i,1}^x, \xi_{i,2}^x, \dots, \xi_{i,N_i}^x), \quad (2.2)$$

де $\xi_{i,j}^x(X_{i,j}^{\theta^x}, Y_{i,j}^{\theta^x})$, $i = \overline{1, M^\Theta}$, $j = \overline{1, N^\Theta}$ - вершини полігону;

$(X_{i,j}^{\theta^x}, Y_{i,j}^{\theta^x})$ - координати вершини полігону;

M^Θ - число ділянок вулично-дорожньої мережі;

N_i^θ - число вершин полігону i -ої ділянки.

В додаток до геометричних параметрів ділянка θ_i^x володіє наступним набором іманентних властивостей:

Тип $T^{\theta_i^x} \in \{1,2,3,4\}$, де 1- перегон, 2 – перехрестя, 3 – пішохідний перехід, 4- залізничний переїзд; рівень $L^{\theta_i^x} \in \{-1,0,1,2, \dots, l\}$; величина кута відхилу $\alpha^{\theta_i^x} \in [0, \frac{\pi}{4}]$; величина кута підйому $\beta^{\theta_i^x} \in [0, \frac{\pi}{4}]$; коефіцієнт безпеки $K^{\theta_i^x} \in [0, 1]$; список сусідніх ділянок, що безпосередньо прилягають до них, $\bar{C}^{\theta_i^x} \in S^{l \times r}$, де $S^{l \times r}$ - множина векторів r .

Виходячи з цього, математична модель полігональної ділянки виглядає наступним чином: $\theta_t^x(G^{\theta_t^x}, T^{\theta_t^x}, L^{\theta_t^x}, \alpha^{\theta_t^x}, \beta^{\theta_t^x}, K^{\theta_t^x}, \bar{C}^{\theta_t^x})$.

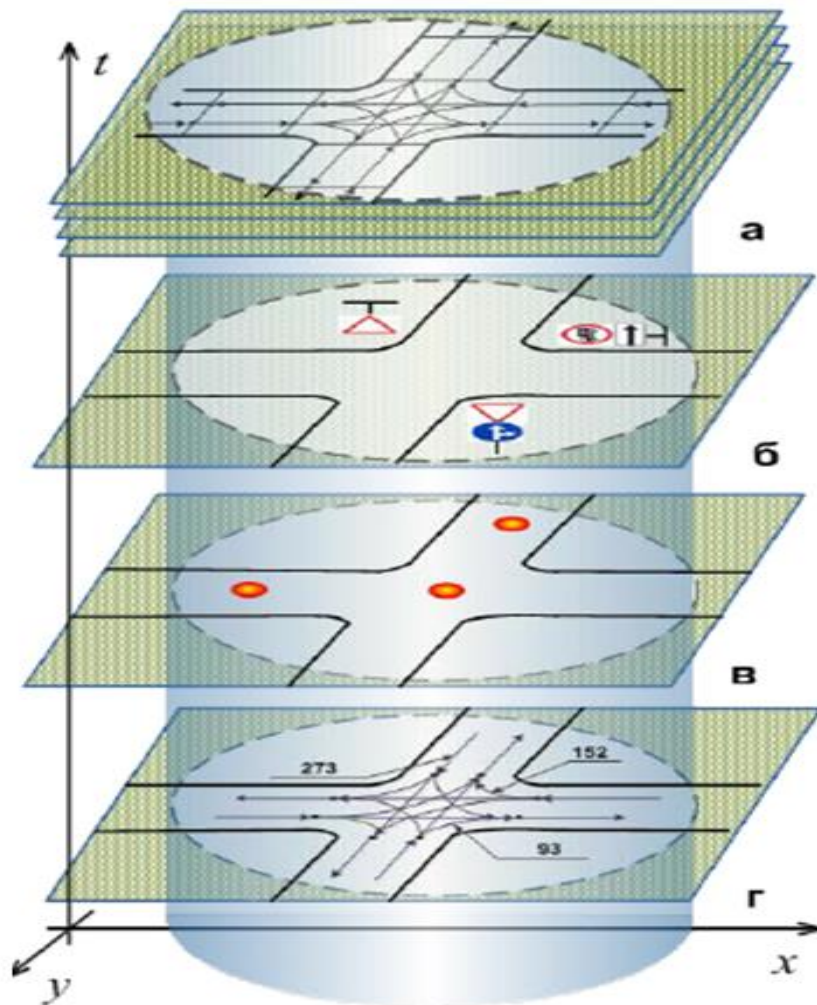


Рисунок 2.5 - Різноманітні об'єкти транспортної інфраструктури в базисі вулично-дорожньої мережі

Вузол $v_k \in V$ є вершиною орієнтованого графа, що каналізує транспортні потоки. Для ВДМ вузол - місце розділення потоків транспортних засобів, завжди (крім крайніх випадків - тупиків ВДМ) лежить на стику двох ділянок і показує можливість руху з одної ділянки на інший в напрямку, який визначається відповідною дугою.

Двом сусіднім ділянкам поставлені у відповідність один або два вузла. Більш того, вузол має характеристику, яка показує взаємне розташування ділянок. Виходячи з цього, вузол має наступні іманентні властивості: належність до ділянок, між якими розташований вузол $\{\theta_i^x, \theta_j^x\}$, де $\theta_i^x, \theta_j^x \in \Theta^x$, $\theta_i^x \notin \Theta^x$, $\theta_i^x \neq \theta_j^x$, $i, j = \overline{1, M^\Theta}$, величина кута між ділянками $\gamma^{v_k} \in [0, \pi]$.

Таким чином, математична модель вузла має вигляд: $v_k(\theta_i^x, \theta_j^x, \gamma^{v_k})$, де $k = \overline{1, N^V}$, N^V - число вузлів ВДМ.

Дуга $E_i \in E$ - це елемент орієнтованого графа, що задає напрям руху транспортного потоку на ділянці і містить відповідні характеристики. Двом вузлам поставлена у відповідність одна дуга, яка визначає напрямок руху транспортного засобу, або дві дуги, що визначають місце розвороту (зміни напрямку руху). За однієї ділянці може проходити кілька дуг (потоків), але дуга може знаходитися тільки всередині єдиної ділянки. Далі перераховані іманентні властивості дуги: початковий і кінцевий вузли дуги $\{v_i, v_j\}$, де $v_i, v_j \in \tilde{V}$, $i, j = \overline{1, N^V}$; радіус кривизни R^{ei} (якщо дуга пряма, то $R^{ei} = 0$), $i = \overline{1, N^E}$; N^k - число дуг вулично-дорожньої мережі; кількість смуг руху N_r^{ei} ; відстань видимості L_v^{ei} ; ознака наявності велосипедної доріжки $F_b^{ei} \in \{0, 1\}$; ознака наявності пішохідної доріжки $F_p^{ei} \in \{0, 1\}$; ознака перевищення ПДК на ділянці $F_c^{ei} \in \{0, 1\}$; ознака наявності реверсивної смуги $F_r^{ei} \in \{0, 1\}$; ознака заборони руху вантажного транспорту $F_u^{ei} \in \{0, 1\}$. Математична модель дуги: $e_i(v_i, v_l, R^{ei}, N_r^{ei}, L_v^{ei}, F_b^{ei}, F_p^{ei}, F_c^{ei}, F_t^{ei}, F_u^{ei})$.

В рамках макроскопічного підходу транспортний потік $\tilde{S} = \{\tilde{s}\}$,

$i=1,2,\dots,n$, що рухається по вулично-дорожньої мережі – на дугах $E_i \in E$, характеризується загальною середньою швидкістю v , щільністю потоку κ і інтенсивністю L в певний момент часу в певному місці ВДМ.

Нехай $\tilde{O} = \{o_i^x\}$, $\tilde{O} \neq \emptyset$ - множина дорожніх об'єктів, що впливають на екологічний стан транспортної системи $\tilde{S}$. Дорожні об'єкти дислоковані на вулично-дорожній мережі - на дугах $E_l \in E$ орграфа G , складаючихся із наступних підмножин: $O^j \in \tilde{O}$ - безліч дорожніх об'єктів - інциденти; $O^S \in \tilde{O}$ - безліч дорожніх об'єктів - підприємства автотранспортного сервісу; $O^T \in \tilde{O}$ - безліч дорожніх об'єктів - технічні засоби організації дорожнього руху. У загальному випадку дорожній об'єкт описується своїм місцем розташування в базисі $\{\Theta^x, \tilde{V}, \tilde{E}\}$ і поруч атрибутів, специфічних для конкретного типу дорожнього об'єкта. Існує єдина дуга $E_l \in E$ орграфа G , на якій розташовано дорожній об'єкт.

2.3 Нейромережеві моделі транспортної інфраструктури

Основне призначення моделі - зробити можливість отримання деяких висновків про процеси, що йдуть в реальній системі, прогнозувати її поведінку, межеві можливості, еквіфінальні стани [105].

У першому розділі поставлені завдання розробки нейромережевих методів побудови залежності інтенсивності і екологічного навантаження на ЗОС від параметрів транспортної інфраструктури. У зв'язку з цим виникає необхідність виділення в онтології транспортної інфраструктури груп сутностей з тісними контекстно-залежними семантичними зв'язками. Виділено наступні групи:

- для просторово-часового аналізу інтенсивності виділена група, що включає тільки одну сутність - інтенсивність I ;
- для просторового аналізу інтенсивності виділена група, що включає інтенсивність транспортного потоку I , дорожні об'єкти $\tilde{O}$ і вулично-дорожню

мережу промислового центру $\tilde{\Theta}$;

- для просторового аналізу екологічного навантаження побудована група сутностей, що включає інциденти O^1 , технічні засоби організації дорожнього руху (датчики) O^T , транспортний потік $\tilde{S}$ і вулично-дорожню мережу промислового центру $\tilde{\Theta}$.

Рішення кожного завдання має на увазі виконання фіксованого числа етапів, що включають вибір шкали вимірювання, попередню обробку даних, побудова аналітичної моделі, перевірку адекватності моделі, застосування побудованої моделі для прогнозування ситуації на конкретних ділянках вулично-дорожньої мережі. Попередня обробка даних складається з кодування нечислової інформації, нормування даних і позбавлення від кореляції. Основна мета попередньої обробки - це максимізація ентропії розподілу значень параметрів. Високе значення ентропії дозволяє максимально використовувати інформацію, що зберігається у вхідному наборі даних, що робить позитивний вплив на точність нейромережних моделей. Виконання кожного етапу залежить від конкретного завдання, тому подальший їх розгляд проводиться в контексті вирішуваних завдань.

Зважаючи на відсутність досвіду побудови нейромережових моделей транспортної інфраструктури необхідно виконати перебір деякої кількості можливих архітектур нейронних мереж. Вибір і налагодження нейронної мережі є ітераційним процесом.

У роботі представлена методика використання трьох типів архітектур нейронних мереж для обробки даних об'єктів транспортної інфраструктури. Вибір конкретної архітектури для вирішення завдання буде вибиратися на етапі побудови моделі. При цьому перебір буде починатися з алгоритмів побудови моделей з найменшою обчислювальною складністю і закінчуватися моделями, які вимагають великі обчислювальні ресурсів. Обчислювальна складність самих алгоритмів побудови нейронів тут не грає значної ролі, так як один раз побудована модель нейронної мережі буде в подальшому використовуватися для обчислень. Перерахунок параметрів нейронної

мережі можливий, але це не настільки часта операція, щоб витупати в якості параметра вибору нейронної мережі.

Інформаційні технології, що використовують нейронні мережі, дозволяють об'єднати два завдання: розпізнавання образів і класифікацію. Робота нейронної мережі схожа з традиційною технікою розпізнавання образів, нейронна мережа більш гнучка по відношенню до зовнішніх факторів, таких, як виникнення тіней або положення камери. Виявлене за допомогою нейронної мережі транспортний засіб може бути розцінена як відноситься до одного з декількох типів (державний номер, колір, марка, в розшуку чи ні і т.д.). В даний час є приклади створення нейронних мереж, здатних класифікувати міську вуличну обстановку за ступенем її перевантаженості, аналізувати сезонні зміни інтенсивностей транспортного потоку вуличного трафіку. Обмеженість цієї роботи полягає в труднощі переносимості результатів, тому що навчання мережі здійснюється на суто специфічному наборі даних, наданих місцевим експертом. Крім того, має місце суттєва залежність від характеристик перетину УДС, і дані повинні бути отримані у вузькому сезонному проміжку.

До класу задач відноситься також завдання ідентифікації затору, спричиненого надзвичайною ситуацією, що виникла на дорозі основною проблемою, з якою стикаються дослідники, які намагаються використовувати нейронні мережі для знаходження оптимальних маршрутів і складання розкладу перевезення вантажів, є параметризація завдання. Це є наслідком того, що завдання істотно нелінійна.

2.3.1 Просторово-часовий аналіз інтенсивності

Просторово-часова нейромережева модель інтенсивності має на меті побудову прогнозу інтенсивності I на ділянці ВДМ θ_i^X в момент часу $t+1$, ґрунтуючись на інформації про інтенсивність на цьому і сусідніх ділянках в моменти часу t , $t-1$, $t-2$ і т.д. Модель будується за схемою звичайно-

різницевого шаблону, що з'єднує значення інтенсивності $I_t^{\theta_i^x}$ з значенням інтенсивності $I_{t+1}^{\theta_i^x}$ в момент часу $t+1$ [124]. На рис. 2.6 зображений шаблон для X -подібного перехрестя яке найбільш часто зустрічається. Кількість змінних може варіюватися в залежності від особливостей геометрії перехрестя.

Для вирішення задачі просторово-часового аналізу інтенсивності використовується шкала відносин, яка припускає операцію масштабування $\varphi(x)=ax$.

Розглянемо рішення задачі просторово-часового аналізу інтенсивності за допомогою багатошарової нейронної мережі, навченої за методом зворотного поширення помилки. В якості функції активації нейронів мережі обрана сигмоїдальна функція. Перед подачею на вхід нейронної мережі значення інтенсивності нормуються і повинні знаходитися в діапазоні $[0, 1]$. Приведення даних до єдиного масштабу забезпечується нормуванням інтенсивності на діапазон розкиду її значень.

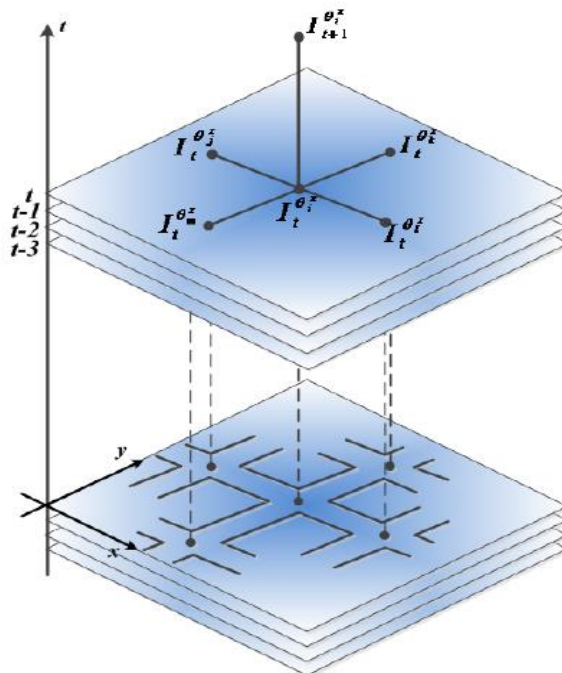


Рисунок 2.6 - Аналітичне відображення зміни тенденцій набуття прогнозних станів інтенсивності потоку транспортних засобів на ВДМ

Дані інтенсивності не мають значних викидів, і її значення рівномірно розподілені в інтервалі $[0, I_{max}]$, тому для її нормування будемо використовувати лінійне перетворення: $\tilde{I} = \frac{I}{I_{max}}$. На наступному етапі нормалізовані дані надходять на вхід нейронної мережі. Розмір вектора вхідних параметрів, а отже і числа нейронів у вхідному шарі, визначається схемою кінцево-різницевого шаблону перехрестя. У загальному випадку, число нейронів вхідного шару обчислюється за формулою $N_0 = N_{nc} + 1$, де N_{nc} - число сусідніх ділянок ВДМ.

Вибір оптимальної архітектури нейронної мережі проходить емпіричним шляхом на основі реальних даних, зібраних на перехрестях міста. Причому перехрестя можуть володіти специфічними особливостями, що може привести до необхідності вибору архітектури мережі для кожного перехрестя окремо. Підставою для визначення мінімального числа прихованих шарів нейронної мережі служать апроксимуючі властивості функції, яка може бути представлена як суперпозиція імпульсів, що мають значення відмінні від нуля в $\mathcal{E}$ – межі вхідних параметрів. Теорема Колмогорова доводить достатність наявності одного прихованого шару для апроксимації функції трансформації N_0 -мірний вектор вхідних параметрів x в M -мірний вектор вихідних параметрів y . Для нейронної мережі яка містить N_0 нейронів у вхідному шарі досить $(2 * N_0 + 1)$ нейронів в прихованому шарі.

Кількість нейронів у вихідному шарі визначається задачею, що вирішується. Для вирішення завдання прогнозування інтенсивності необхідно мати один нейрон, на виході якого формується функція $I_{t+1}^{\theta_x}$, що є супер-позицією виходів нейронів прихованого шару. Підбір вагових коефіцієнтів нейронної мережі проводиться за методом зворотного поширення помилки.

Рішення завдання просторово-часового аналізу інтенсивності вимагає від моделі масимальної здатності узагальнення. У багат шаровій нейромережі прямого поширення складно отримати модель з подібними

властивостями в силу відсутності гнучкості архітектури. Подібного недоліку позбавлені багат шарові нейронні мережі з еволюційною архітектурою [134]. Єдиною відмінністю від попереднього рішення є автоматичний підбір кількості нейронів в прихованих шарах нейронної мережі. Для розширення простору пошуку оптимальної моделі кількість прихованих шарів збільшено до двох.

Для вирішення використовується параметричне представлення схеми косвеного кодування. Як параметр використовується кількість нейронів прихованих шарів нейронної мережі, яка кодується в двійкову хромосому. Даний підхід передбачає пошук архітектури мережі з вузької підмножини повнозв'язних нейронних мереж прямого поширення з двома прихованими шарами і дозволяє значно скоротити довжину двоїчної хромосоми у порівнянні з безпосереднім кодуванням [156].

Кількість нейронів у прихованому шарі може досягати $3N_0$. У більшості випадків N_0 не перевищуватиме 5, тому для кодування інформації про кількість нейронів в одному шарі досить 4 біта. Так як необхідно закодувати кількість нейронів в двох шарах, то необхідно 8 біт інформації. Таким чином, хромосома буде містити 8 генів, а генотип складатися з однієї хромосоми.

Процес пошуку оптимальної кількості нейронів починається з формування вихідної популяції хромосом P_0 випадковим чином. Для отримання множини нейронних мереж з різною структурою необхідно декодувати хромосоми і отримати фенотип популяції. Отримані нейронні мережі проходять процес навчання і тестування, в ході якого виявляється похибка і узагальнююча здатність мереж. Якщо знайдена нейронна мережа з кращими характеристиками, то вона буде використовуватися для просторово-часового аналізу інтенсивності. Інакше виробляється селекція хромосом за допомогою методу рулетки, в якому вибираються найбільш пристосовані особини, які братимуть участь в створенні нащадка для наступного покоління. До обраних в ході селекції хромосом застосовуються генетичні оператори схрещування cr з довільної позицією локусу і мутації m .

При цьому оператор мутації m виконується тільки над однією хромосомою з популяції з вірогідністю 0.1, тому що верогідність її дуже мала. Таким чином, формується нове покоління особин, над яким проводяться всі описані операції. Процес повторюється до тих пір, поки не буде знайдена нейронна мережа з кращими характеристиками серед обмеженого набору.

За допомогою описаного еволюційного алгоритму можна підібрати оптимальне число нейронів в прихованих шарах, проте пошук здійснюється серед фіксованого набору структур нейронної мережі, що не може гарантувати оптимальність рішення. Цього недоліку позбавлені нейронні мережі з активними нейронами, в яких процес самоорганізації виконується самими нейронами.

Для вирішення завдання просторово-часового аналізу інтенсивності транспортних потоків використовується описана вище схема різнотипного шаблону. В якості опції активації обраний комбінаторний МГОА алгоритм. В основі процесу самоорганізації нейронної мережі лежить інший метод МГОА: ітераційний багаторядний алгоритм.

В якості зовнішнього критерію на кожному кроці організації нейронної мережі використовується комбінований критерій, що включає критерій регулярності Δ_c^2 і критерій узгодженості η^2 :

$$K^2 = \sqrt{\beta(\Delta_c^2)^2 - (1 - \beta)(\eta^2)^2}, \quad (2.3)$$

де $\beta \in [0,1]$ - коефіцієнт, що відображає ступінь вкладу кожного вхідного критерію.

Значення коефіцієнта β вибирається, виходячи з умови задачі і поставлених цілей. Для завдання просторово-часового аналізу інтенсивності критерій регулярності грає велику роль, тому коефіцієнт β обраний на рівні 0.7. Комбінування критеріїв дозволяє отримати більшу точність моделювання і виключити вплив шуму.

Модель нейронної мережі, побудованої в результаті роботи алгоритму,

володіє кращими здібностями до узагальнення, що підвищує точність прогнозування. Точність досягається завдяки вертикальній багатосаровій моделі: активні багаторядні нейрони (перший шар моделі) об'єднують в багаторядну мережу (другий шар моделі). Дані якості дозволяють більш ефективно вирішити задачу просторово-часового аналізу інтенсивності дорожнього руху в умовах недостатньої кількості вихідних даних і їх зашумленості.

2.3.2 Просторовий аналіз інтенсивності

Розглянемо побудову нейромережових моделей для наступного завдання - просторового аналізу інтенсивності руху транспортних потоків. Завдання полягає в побудові прогнозуючої моделі знаходження інтенсивності руху I по параметрам об'єктів, що становлять ВДМ $\tilde{\Theta}$, і по дислокації дорожніх об'єктів O .

Нейромережева модель будується з математичної моделі, описаній в розділі 1. При побудові моделі розглядається ділянка θ_t^x типу перехрестя ($T^{\theta_t^x} = 2$) і найближчі сусідні до нього ділянки. Модель будується з урахуванням інваріантності до номера ділянки i , щоб була можливість застосування моделі для будь-якого типу перехрестя ВДМ. Для задоволення цієї вимоги необхідно узагальнити параметри об'єктів, взаємне розташування яких змінюється в залежності від номера розглянутої ділянки. Це вимагає обчислення певної функції від параметрів, яка може варіюватися в залежності від типу параметрів, об'єкта якому вони належать і розташуванні об'єкта в даній моделі.

У модель входять без змін величина кута ухилу $\alpha^{\theta_t^x}$, величина кута підйому $\beta^{\theta_t^x}$ і коефіцієнт екологічної навантаженості $K_s^{\theta_t^x}$, розглянутої ділянки в θ_t^x (рис. 2.7а). Параметри сусідніх ділянок необхідно узагальнити (рис. 2.7б). Відчутний внесок в модель вносять кути ухилу і підйому

максимальної величини, тому їх узагальнене значення обчислюються наступним чином $\alpha_i^C = \max_{m \in M^C}(\alpha^{\theta_m^X})$, $\beta_i^C = \max_{m \in M^C}(\beta^{\theta_m^X})$, де $M^C \in \{m_1, m_2, \dots, m_r\}$ індекси сусідніх до θ_t^X ділянок.

В модель необхідно ввести параметри вузлів. В рамках нейромережевої моделі просторового аналізу інтенсивності перспективні узагальнене значення кута між ділянкою θ_t^X та сусідніми ділянками і узагальнене значення кута між сусідніми ділянками і наступними за ними ділянками (рис. 2.8).

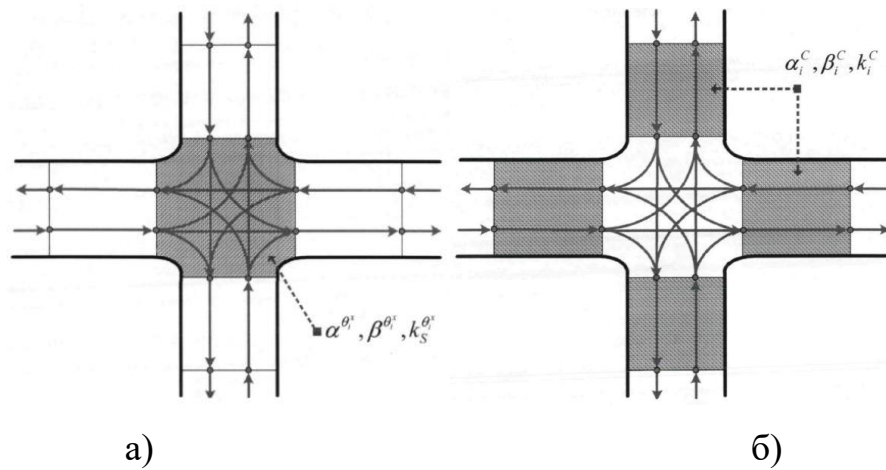


Рисунок 2.7 - Параметри ділянок: а) ділянки, що досліджуються; б) сусідні ділянки

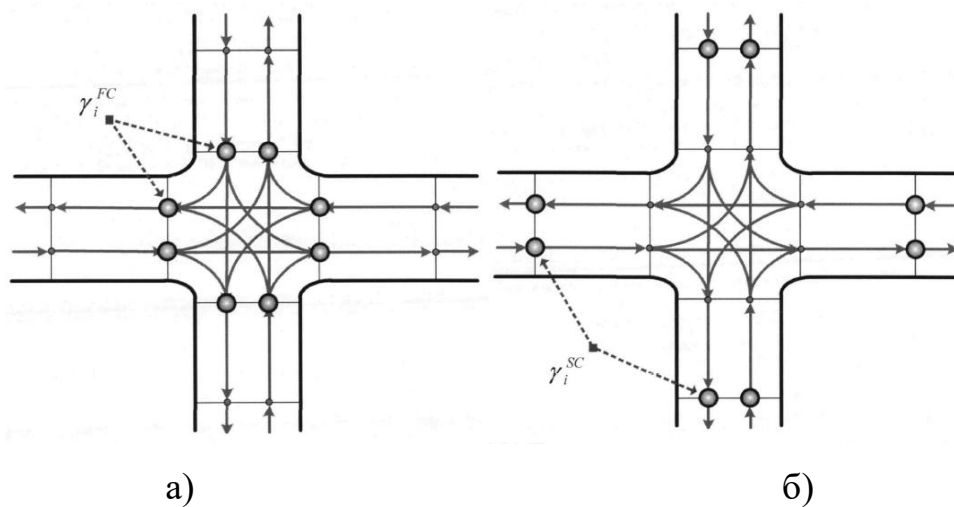


Рисунок 2.8 - Параметри вузлів: а) між ділянками що досліджуються та сусідніми ділянками; б) між сусідніми і наступними ділянками

Узагальнене значення кутів обчислюється як максимум з усіх кутів, які беруть участь у відборі: $\gamma_i^{FC} = \max_{l \in L^{FC}}(\gamma^{v_i})$, $\gamma_i^{SC} = \max_{l \in L^{SC}}(\gamma^{v_i})$, де $L^{FC} \in \{l_1, l_2, \dots, l_{2r}\}$ - індекси вузлів, що лежать на кордоні ділянки θ_t^x з сусідніми ділянками; $L^{SC} \in \{l_1, l_2, \dots, l_{2r}\}$ - індекси вузлів, що лежать на кордоні сусідніх ділянок з наступними за ними ділянками.

Нейромережева модель містить параметри дуг розглянутої ділянки ВДМ, при цьому дуги діляться на три категорії: дуги ділянки θ_t^x (рис. 2.10 а); дуги сусідніх ділянок що входять в ділянку θ_t^x ; дуги сусідніх ділянок, які виходять із ділянки θ_t^x (рис. 2.10 б).

Узагальнення параметрів проходить в межах кожної категорії. Чим менше радіус кривизни, тим критичніший внесок параметра в результат, тому узагальнене значення обчислюється таким чином: $R_i^C = \min_{n \in N^C}(R^{en})$, $R_i^{IC} = \min_{n \in N^{IC}}(R^{en})$, $R_i^{OC} = \min_{n \in N^{OC}}(R^{en})$ при $R^{en} \neq 0$, де $R_i^C, R_i^{IC}, R_i^{OC}$ - узагальнені радіуси кривизни дуг ділянки θ_t^x , дуг що входять в ділянку θ_t^x і дуг що виходять з ділянки θ_t^x , відповідно; N^C, N^{IC}, N^{OC} , - індекси дуг ділянки θ_t^x , дуг що входять і виходять, відповідно.

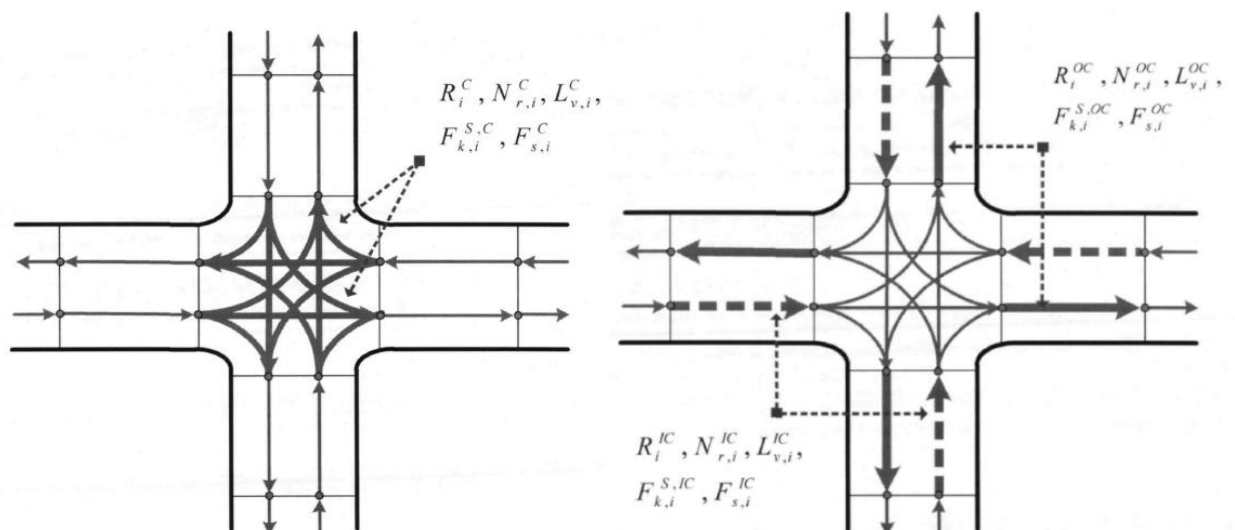


Рисунок 2.10 – Параметри: а) дуг ділянки що досліджується;
б) дуг що входять і виходять з ділянки

Кількість полос руху усереднюється та рахується за формулою:

$$\begin{aligned}
 N_{r,i}^C &= \frac{1}{p^C} \sum_{n \in N^C} N_r^{e_n}, \\
 N_{r,i}^{IC} &= \frac{1}{p^{IC}} \sum_{n \in N^C} N_r^{e_n}, \\
 N_{r,i}^{OC} &= \frac{1}{p^{OC}} \sum_{n \in N^C} N_r^{e_n},
 \end{aligned} \tag{2.4}$$

де $N_{r,i}^C, N_{r,i}^{IC}, N_{r,i}^{OC}$ - середня кількість смуг на ділянці θ_t^x , дуг входять в ділянку θ_t^x і дуг виходять з ділянки θ_t^x , відповідно;

p^C, p^{IC}, p^{OC} - число дуг на ділянці θ_t^x , дуг що входять і виходять, відповідно.

Чим менше відстань видимості, тим критичніше внесок даного параметра в результат, тому при обчисленні узагальненого значення вибирається мінімальне значення з можливих: $L_{vis,i}^C = \min_{n \in N^C} (L_{vis}^{e_n})$, $L_{vis,i}^{IC} = \min_{n \in N^{IC}} (L_{vis}^{e_n})$, $L_{vis,i}^{OC} = \min_{n \in N^{OC}} (L_{vis}^{e_n})$, де $L_{vis,i}^C, L_{vis,i}^{IC}, L_{vis,i}^{OC}$ - узагальнені відстані видимості дуг ділянки θ_t^x , дуг що входять в ділянку θ_t^x і дуг виходять з ділянки θ_t^x , відповідно.

Для введення в нейромережеву модель ознак наявності велосипедної доріжки, пішохідної доріжки, смуги для транспортних засобів загального користування, реверсивної смуги або заборони руху вантажного транспорту для кожного типу ознаки в кожній групі дуг використовується кумулятивна характеристика $F_{k,j}^{SC} = \bigcup_{n \in N} F_k^{e_n}$, де s - вказує групу дуг, $k \in \{bic, ped, bus, rev, erg\}$ - вказує на відповідний тип ознаки. Іншими словами, параметр дорівнює одиниці, якщо хоча б один параметр відповідного типу в групі дорівнює одиниці.

При розробці нейромережевої моделі просторового аналізу інтенсивності розглядаються тільки статичні в часі дорожні об'єкти O , тому

інциденти виключені з моделі. Кожен дорожній об'єкт O_i має посилення на дугу E_i поруч з якою він перебуває (до якої прив'язаний). Використовуючи цей зв'язок можна отримати дорожні об'єкти, розташовані на досліджуваній ділянці θ_t^x і на сусідніх до неї ділянках. Присутність того чи іншого об'єкта O_i на дузі E_i можна представити у вигляді бінарної змінної. Узагальнення параметрів всередині груп дуг проводиться аналогічно ознакам дуг.

Таким чином, число незалежних змінних в моделі становить 44 і не залежить від конфігурації перехрестя, що дозволяє використовувати побудову нейромережевої моделі на будь-яких перехрестях ВДМ промислового центру.

Для вирішення завдання використовується шкала відносин, яка припускає операція масштабування $\varphi(x) = ax$. Перед подачею на вхід нейронної мережі значення всіх параметрів повинні бути унормовані і перебувати в інтервалі $[0,1]$.

Нормуванню підлягає наступний набір параметрів $P(\alpha^{\theta_t^x}, \beta^{\theta_t^x}, \alpha_i^C, \beta_i^C, \gamma_i^{FC}, \gamma_i^{SC}, R_i^C, R_i^{IC}, R_i^{OC}, N_{r,i}^C, N_{r,i}^{IC}, N_{r,i}^{OC}, L_{vis,i}^C, L_{vis,i}^{IC}, L_{vis,i}^{OC})$. Значення параметрів не мають значних викидів і їх данні рівномірно розповсюджене в інтервалі $[0, P_{k, \max}]$, де $P_{k, \max}$ - максимальне значення k -го параметра. Виходячи з цього, для нормування будемо використовувати лінійне перетворення: $\widetilde{P}_k = P_k / P_{k, \max}$.

Розглянемо рішення задачі просторового аналізу інтенсивності за допомогою багатошарової нейронної мережі, навченої за методом зворотного поширення помилки.

Число нейронів у вхідному шарі нейронної мережі N_0 визначається розміром вектора вхідних параметрів. Функції активації нейронів мережі - сигмоїдальна. Структура нейронної мережі обрана відповідно до теореми Колмагорова: один прихований шар з $(2 N_0 + 1)$ нейронами в прихованому шарі. Вихідний шар містить один нейрон, на виході якого формується значення інтенсивності $I^{\theta_t^x}$ - на ділянці θ_t^x типу перехрестя. Вагові коефіцієнти

нейронної мережі розраховуються за методом зворотного поширення помилки.

Для поліпшення узагальнюючих характеристик нейромережевої моделі використовуються генетичні алгоритми. Використовуючи еволюційні принципи, підбирається оптимальна архітектура нейронної мережі.

Для розширення простору пошуку кількість прихованих шарів збільшено до двох. При побудові моделі використовується параметричне представлення нейронної мережі, з кількістю нейронів в прихованих шарах в якості параметрів. Кількість нейронів в прихованому шарі може досягати $3 \cdot N_0$, тому для їх кодування необхідно 8 біт інформації. Для кодування числа нейронів в двох шарах необхідно 16 біт, тобто хромосома містить 16 генів.

Для побудови нейромережевої моделі з активними нейронами в якості функції активації обраний комбінаторний алгоритм, а процес самоорганізації побудований за допомогою ітераційного багаторядного алгоритму. На кожному кроці самоорганізації використовується комбінований критерій K^2 , з коефіцієнтом $\beta = 0.5$, оскільки узгодженість в даному випадку має не менш важливу роль, ніж регулярність. Використання двічі багаторядної нейронної мережі з активними нейронами дозволяє відібрати входи, від яких значно залежить результат, що є важливою інформацією при прийнятті рішень.

2.3.3 Просторовий аналіз екологічного навантаження

Розглянемо побудову нейромережевих моделей для наступного завдання - просторового аналізу тенденції зміни екологічного стану ЗОС на ділянці ВДМ промислового центру. Завдання полягає в побудові апроксимуючої моделі визначення рівня гетерогенного впливу A за параметрами об'єктів, що складають вулично-дорожню мережу $\tilde{\Theta}$, і по дислокації дорожніх об'єктів O . Нейромережева модель будується аналогічно попередньому завданню і відрізняється тільки визначенням залежного параметра.

Рівень гетерогенного впливу A є ін'єкційним параметром ділянки вулично-дорожньої мережі та обчислюється виходячи з кількості розташованих на ділянці дорожніх об'єктів типу інцидент O^i (рис. 2.11).

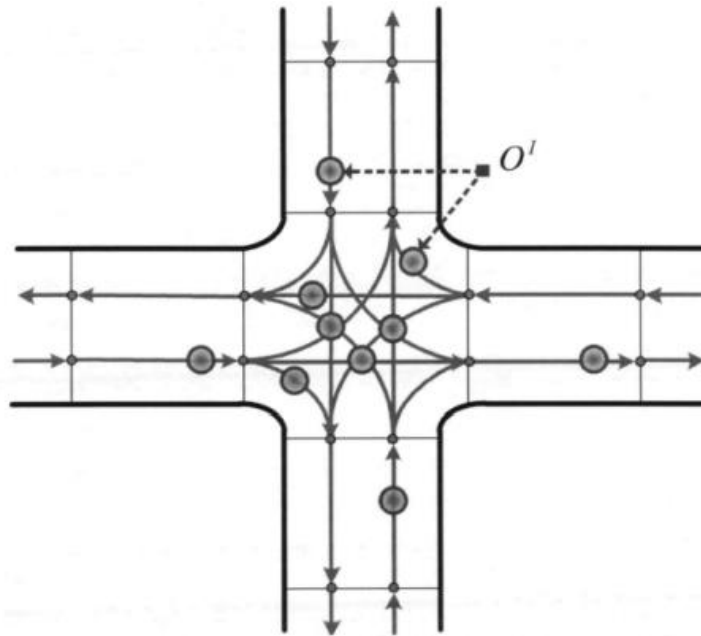


Рисунок 2.11 – «Конфліктна ситуація» (перетин пасажирського і промислового транспорту) на ділянці ВДМ.

Для i -ої ділянки ВДМ рівень гетерогенного впливу обчислюється за такою формулою:

$$A_i = \frac{N_{i,T}}{S^{\theta_i^x} \cdot T}, \quad (2.5)$$

де $N_{i,T}$ - кількість «конфліктів» O^i на i -ій ділянці за період часу T ;

T - період часу, за який враховуються «конфлікти»;

$S^{\theta_i^x}$ - площа i -ої ділянки ВДМ.

Завдання просторового аналізу екологічного навантаження вирішується за допомогою багат шарового персептрона, нейронної мережі, що самоорганізується і нейронної мережі з активними нейронами. Параметри і критерії нейронних мереж аналогічні тим, що використовувалися при вирішенні задачі просторового аналізу інтенсивності.

2.4 Підвищення об'єктивності результатів в системі підтримки прийняття управлінських рішень на основі реалізації процедур навчання *fuzzy neural networks*

Залежно від виду апіорної невизначеності і кількості емпіричних даних можуть бути використані різні підходи до вирішення завдання аналізу ПКО за умов гетерогенного впливу. Параметричні методи працездатні, коли припущення про вигляд моделі, що використовується є коректним. У багатьох ситуаціях параметрична модель невідома, і це визначає необхідність використання при відновленні залежностей класу функцій, що володіють високою апроксимуючою здатністю.

Штучні нейронні мережі здатні апроксимувати з необхідною точністю будь-яку характеристику системи [139]. Архітектура визначається способом представлення даних, набором операцій допустимих при обробці даних і структурою нейронної мережі.

Основним вразливим місцем в методі прогнозування зміни якісного стану складного об'єкта в МІТС на основі *fuzzy* множин є суб'єктивізм побудови сітки правил і функцій приналежності. Цей недолік методу може бути усунутий шляхом реалізації навчання штучних нейронних мереж.

Реалізація навчання нейронних мереж на основі статистичних даних зі зміни якісного стану, транспортно-кліматичних факторів і даними про інтенсивність потоку дозволить здійснити об'єктивне коригування методу прогнозування дій ПКО.

Штучна нейронна мережа являє собою паралельну обчислювальну систему, що складається з великої кількості елементарних одиниць обробки інформації - нейронів, що накопичують експериментальні знання і надають їх для подальшої обробки.

Функціонування нейронної мережі схоже на роботу мозку живих організмів за двома ознаками. По-перше, знання надходять в нейронній мережі із зовнішнього середовища і використовуються в процесі навчання.

По-друге, для накопичення знань використовуються зв'язки між нейронами - синаптичними вагами.

Під терміном «навчання» розуміється здатність нейронної мережі отримувати обґрунтований результат на підставі даних, що не зустрічалися в процесі навчання. Ці властивості дозволяють використовувати нейронну мережу в задачах гарантованого адаптивного управління.

Одиницею обробки інформації в нейронній мережі є нейрон. Розглянемо нейрон, що оцінює ступінь приналежності ділянки автомобільної дороги за входними даними безлічі «екологічне навантаження» до *fuzzy* множин (рис. 2.12).

Функція активації здійснює перетворення і визначає вихідний сигнал нейрона. Існують кілька типів передавальних функцій, однак найбільш широке застосування отримала сигмоїдальна функція.

Цінні властивості сигмоїдальної функції, визначили її вибір в якості функції активації, здатність підсилювати слабкі сигнали краще, ніж великі, що запобігає насичення від великих сигналів. Однак найголовнішою є те що вона не переривається. Це забезпечує безперервність її похідних, що, як буде показано надалі, необхідно для настройки точності прогнозування якісного стану складного об'єктів МІТС.

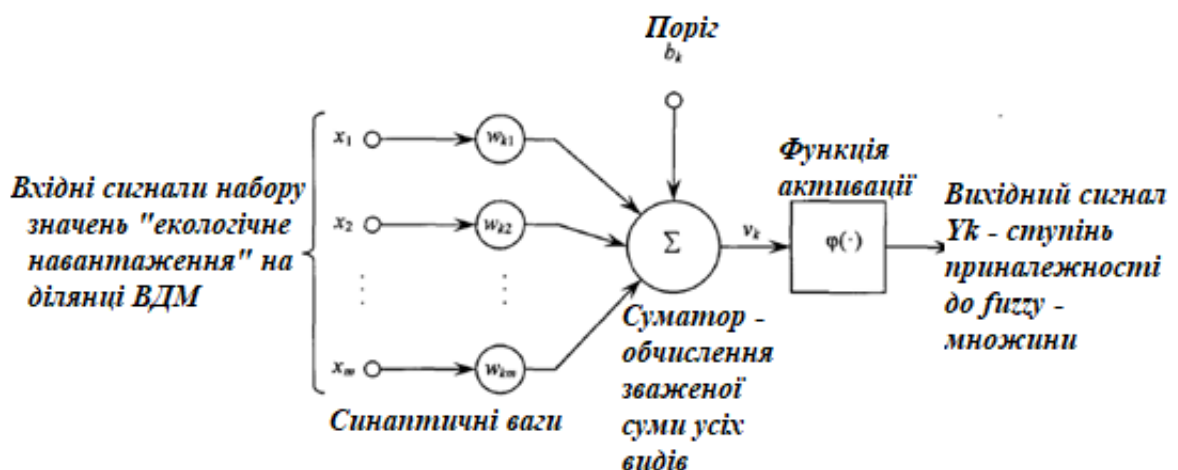


Рисунок 2.12 - Структура штучного нейрона, що оцінює ступінь приналежності змінних «екологічне навантаження» до *fuzzy* множин «мінімальне екологічне навантаження»

В математичному зображенні функціонування нейрона k можна описати наступною парою рівнянь:

$$u_k = \sum_{j=1}^m w_{kj} x_j, \quad (2.6)$$

$$y_k = (u_k + b_k), \quad (2.7)$$

де $x_1, x_2, \dots, x_m$ – вхідні сигнали;

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

u_k – лінійна комбінація вхідних впливів;

b_k – поріг;

$\varphi()$ – функція активації;

y_k – вихідний сигнал нейрона.

Нейронна мережа з малим числом шарів і нейронів не здатна симулювати складну функціональну залежність. Занадто складна нейронна мережа має дефект перенавчання, тобто не пристосована для роботи на нових наборах даних. Для пошуку оптимальної архітектури, а також для обліку дефектів навчальної вибірки можна використовувати модифікації класичного алгоритму, розглянуті нижче.

Існує цілий ряд методик навчання, проте основним алгоритмом навчання є алгоритм зворотнього поширення (рис 2.13).

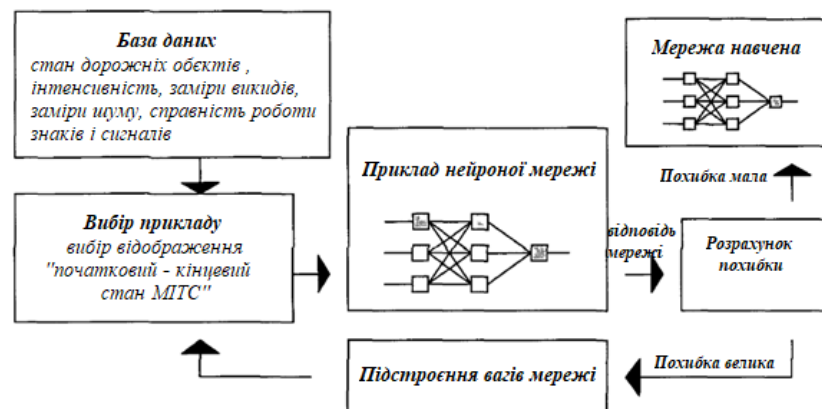


Рисунок 2.13 - Процес навчання нейронної мережі, що підвищує об'єктивність і точність прогнозу якісного стану складного об'єкта

Отже, виходячи з вищерозглянутих положень можливо зробити висновок, що МІТС, як і будь-якій класичній системі з *fuzzy* - логікою, нездатною автоматично навчатися, притаманний певний недолік: набір неявних правил, вигляду і параметрів функцій приналежності, що описують вхідні і вихідні змінні системи, а також вид алгоритму *fuzzy* виведення вибираються суб'єктивно експертом-людиною і вони можуть виявитися не цілком адекватними дійсності.

Для усунення зазначеного недоліку пропонується об'єднання нейронних мереж з *fuzzy* множинами для використання апарату *Fuzzy Neural Networks*.

2.5 Висновки до розділу 2

1. Розроблено методи опису різнотипної інформації про об'єкти транспортної інфраструктури на основі онтології з базисом $\{\hat{E}, \hat{A}, \hat{R}\}$ і математична модель з базисом $\{\tilde{\Theta}, \tilde{S}, \tilde{O}\}$, що дозволяють представити в єдиній формалізованій формі множину різнотипних об'єктів предметної області.

2. Теорія нейронних мереж використана в якості інформаційної та методологічної основи аналізу просторових даних, пов'язаних з транспортною інфраструктурою. Виявлено необхідність використання механізмів самоорганізації в нейронних мережах для підвищення ефективності алгоритмів.

3. Розроблено підходи адаптації об'єктів транспортної інфраструктури до нейромережових алгоритмів інтелектуального аналізу, оснований на методах нормалізації, а також на методах приведення якісних параметрів до кількісного значення.

4. Розроблено нейромережові моделі просторово-часового і просторового аналізу інтенсивності транспортних потоків. Побудована нейромережева модель просторового аналізу динаміки зміни екологічної навантаженості ділянок вулично-дорожньої мережі промислових центрів.

Побудовані моделі служать для визначення параметрів, що роблять істотний внесок в досліджувану характеристику, що може бути використано для зниження екологічної навантаженості при високій інтенсивності транспортних потоків на ВДМ промислових центрів.

5. Пропонується використовувати синтез *fuzzy* композиційного виведення з багатошарової нейронної мережею для підвищення ефективності функціонування методу прогнозування якісного стану МІТС. Результатом такого об'єднання є можливість застосування алгоритму навчання, який на основі статистичних даних усуває суб'єктивізм інформації якісного характеру.

РОЗДІЛ 3

ІНФОРМАЦІЙНІ МОДЕЛІ ГАРАНТОВАНОГО АДАПТИВНОГО УПРАЛІННЯ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ

Глава присвячена проектуванню аналітичного нейромережевого інструментарію для подальшої реалізації і використання методів і алгоритмів нейромережевого аналізу, описаних у другому розділі. Коректна побудова структури і взаємодії елементів дозволяє отримати гнучку, інтероперабельну та масштабовану систему ГАУ.

Методологія проектування аналітичного нейромережевого інструментарію міської інтелектуальної транспортної системи ґрунтується на комплексній стратегії підвищення рівня абстракції і уніфікації моделей. Більш того, існує необхідність ємною передачі фундаментальної бази знань транспортної галузі для отримання максимально змістовного результату аналізу транспортної системи. Даним вимогам до методології задовольняє парадигма об'єктно-орієнтованого аналізу і проектування, в основі якої лежить уявлення про те, що система ГАУ є сукупністю взаємодіючих об'єктів, що належать певним класам, що створює ієрархію.

Інформаційна модель з нейромережевою складовою, призначена для проектування міської інтелектуальної транспортної системи, володіє наступними особливостями:

- складність моделі предметної області інтелектуальних транспортних систем, що виражається у великій кількості елементів, в застосуванні альтернативних механізмів множинного спадкоємства і поліморфного перевизначення властивостей об'єктних типів;
- складність алгоритмів інтелектуального аналізу, заснованого на використанні нейромережевих технологій і перетворенні даних в підвищених вимогах до точності і перешкодозахищеності алгоритмів, швидкості роботи і обробки великих масивів даних;
- безліч контекстів використання системи і необхідність швидкої

переконфігурації і адаптації під нові контексти;

- складні інтеграційні зв'язки з зовнішніми системами, зумовлені підвищеною вимогою до інтероперабельності системи і її легкої адаптації до мінливого глобального інформаційного простору.

Проектування аналітичного інструментарію опирається на практику спільноти з розробками інформаційних систем.

3.1 Моделювання процесів МІТС при управлінні просторово-координованими об'єктами

В задачах динамічного планування СДС можливі випадки наявності при формалізації моделей МІТС групової або системної невизначеності. Ці випадки пов'язані з неточними, розпливчастими властивостями гетерогенних процесів. Наприклад, збіг мовних обставин сформовано як невизначеності: інформаційна, ситуаційна і стратегічна. Саме тоді напряду не завжди можливо коректне застосування існуючих детермінованих методів. Формальний опис неточних чи ненадійних факторів робиться зокрема на принципах лінгвістичного представлення відповідних якісних оцінок.

Lotfi Askar Zadeh розробив апарат *fuzzy* логіки на основі якої застосовуються моделі для розв'язання задач, вхідні дані є слабо формалізованими. Найбільш ефективними та системними для транспортних задач планування МІТС є *fuzzy*-ситуаційні моделі [43] та *fuzzy* - когнітивні моделі.

Сукупність ефективних методів ситуаційного підходу та *fuzzy* логіки отримала назву *fuzzy situational approach* (FSA) [73]. Існують різні методи, що реалізують FSA. Частина з них ґрунтується на представленні ситуацій у вигляді кортежей, як сукупності значень фіксованого набору ознак. До даної групи відносяться методи: *fuzzy* логічного висновку, *fuzzy* класифікації, багатокритеріальної оцінки та вибору, аналізу сукупності ситуацій у вигляді графових структур. Сукупність зазначених методів дозволяє побудувати

СППР на основі *fuzzy* ситуаційного підходу для різних складних об'єктів. Однак для побудови динамічних планів в складному транспортному середовищі МІТС потрібно не просто ідентифікувати поточну ситуацію і прорахувати можливі наслідки відповідної множини керуючих рішень, а й спрогнозувати і визначити послідовні кроки наперед для досягнення цілей змін ситуацій у життєздатній системі.

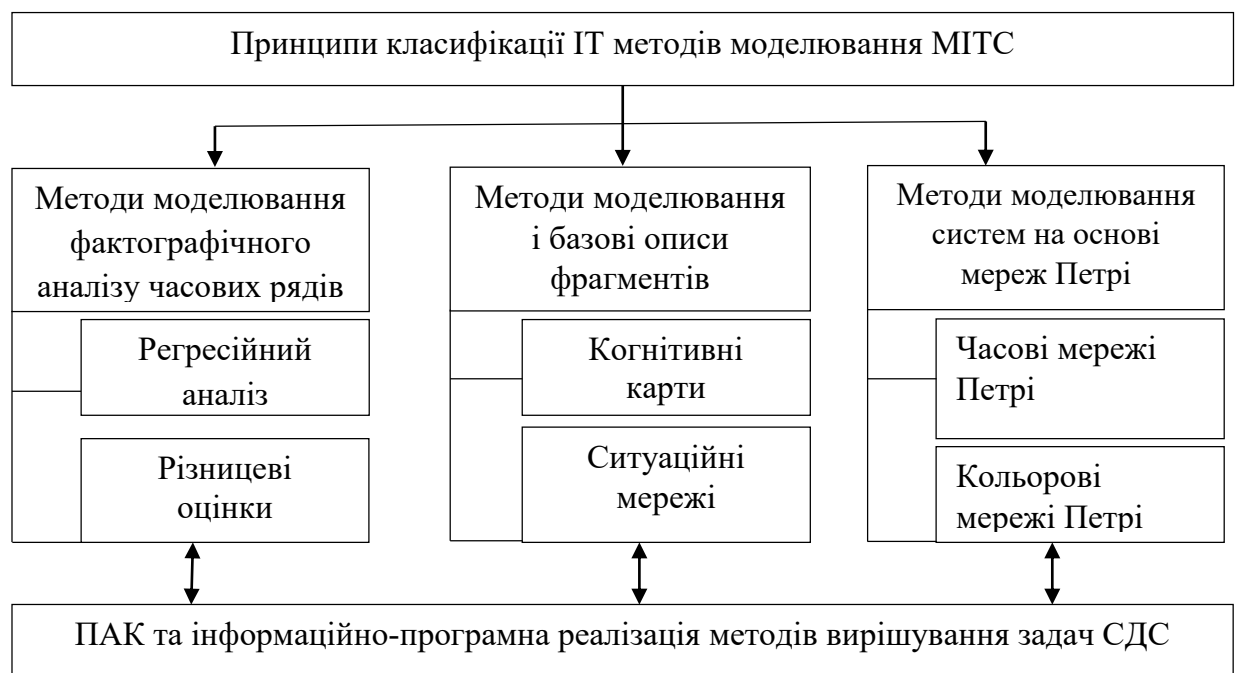


Рисунок 3.1 - Базові технології та методи моделювання процесів зміни у складній динамічній системі

Комплексні завдання завжди потребують залучення додаткових знань, фактів, моделей та методів. ПАК для ситуаційного аналізу на основі *fuzzy situational networks (FSN)* ґрунтуються на сукупності типових станів МІТС у вигляді вузлів графа (гіпермережі), переходи між якими відповідають керуючим рішенням.

При цьому база знань не містить у явному вигляді конкретної робочої продукції, що ставлять у відповідність керуючі рішення поточної ситуації. Послідовність керуючих техніко-технологічних рішень (ТТР), що переводять СДС з поточного стану в стан, що описується цільовою ситуацією

(найкращою в сенсі обраної системи оцінок), визначається по мережі шляхом виведення ГАУ.

СППР на основі FSN можна застосовувати для прийняття рішень та вирішення окремих завдань планування. Однак, широке використання ПАК та FSN в задачах управління складними МІТС обмежено рядом факторів [13].

По-перше, незважаючи на те, що для широкого класу моделей розроблені ефективні способи ІТ зменшення розмірності простору ознак на основі побудови ієрархії та використання об'єктно-орієнтованого підходу, щодо FSN подібні питання не розглядалися.

По-друге, в класичній моделі «ситуація – дія» зіставляється своя множина допустимих дій, тоді як в моделях «ситуація – стратегія – планування – дія», описуються типові покрокові стани. Вони служать для СППР вказівкою на цільову застосовність рішень. Тим самим вони дозволяють застосовувати будь-яке варіативне рішення, що також впливає на розмірність опису завдання. Доцільним є спільне застосування даних інфологічних моделей, у явному вигляді. Множину варіантів керуючих ТТР обмежує кількість можливих фазових переходів в описах процесів СДС на принципах FSN.

По-третє, відсутність урахування стохастичної невизначеності, характерна для багатьох задач ситуаційного планування. Якщо розглядати FSN як аналогію моделі детермінованого автомата, створену для нерегульованого випадку, тоді маємо відсутній стохастичний автомат для ефективного ПАК МІТС.

По-четверте, представлення *fuzzy* ситуації у вигляді *fuzzy* множини другого рівня, характерне для існуючих моделей FSN. Це ускладнює формулювання еталонних ситуацій експертом і вимагає більшої кількості операцій при порівнянні вхідної і даної ситуацій. Зміна ж способу подання *fuzzy* ситуації, потребує розробки посилки продукційного правила і нових способів подання керуючих рішень, що відображає ПАК МІТС.

По-п'яте, недостатнє врахування ієрархічних паралельних відношень

чинника часу Δt та тривалості реалізації керуючих рішень $\Delta t \ll \Delta T$ притаманне більшості систем ситуаційного планування.

По-шосте, існує недолік, властивий більшості моделей, що використовуються в задачах прийняття рішень при вирішенні завдань планування складними організаційно-технічними системами – це недостатнє врахування такої сторони складних систем, як множинність аспектів їх розгляду.

Fuzzy situational networks (FSN) – орієнтований зважений граф переходів за окремими еталонними ситуаціями у межах ергатичного моделювання.

3.2. Формування стратегії управління маршрутом FSN

Стратегії управління – маршрутом в FSN між поточною та цільовою ситуаціями описує кортеж, як набір управляючих рішень, необхідних для змін локальної позиції у поточній ситуації, а також їх послідовність для досягнення цільової ситуації. Вершини FSN відповідають еталонним ситуаціям. Дуги зважені керуючими рішеннями, необхідними для переходу по ситуаціям, і ступенями переваги цих рішень. Математичний опис моделей, тут $\dot{S}_i (i \in I = \{1, 2, \dots, n\})$ – еталонні ситуації; $R_j (j \in P = \{1, 2, \dots, f\})$ – управляюче рішення; $\alpha(\dot{S}_i, R_j)$ – ступінь переваги застосування керуючого рішення R_j в ситуації $\dot{S}_i$ у порівнянні з іншими можливими рішеннями із множини $R = (R_1, R_2, \dots, R_j)$. Ступені переваги керуючих рішень $\alpha(SiR)$ або залишаються незмінними у кожній ситуації і визначаються експертним опитуванням, або деяким чином залежать від ситуації і тоді для їх визначення ПАК використовує як продукційне відношення типу "ситуація-перевага рішення" (С-ПР).

Керуюче рішення, що відповідає поточній ситуації, представляє собою послідовність ланцюг ТТР, необхідних для переходу від поточної ситуації до

цільової згідно маршруту в FSN. Таким чином, вивід ПАК рішень в моделі <С-СУ-Д> розбивається на два етапи: опис цілі (цільової ситуації); побудова ситуаційної стратегії термінального управління. Ситуація з можливими в ній керуючими рішеннями представляє собою продукцію типу <С-Д>. Стратегія управління задає послідовність "перегляду" продукції пари "складена ситуація-комплексна дія". Результат її відповідає оптимальному переводу об'єкта управління в цільовий стан. На (рис. 3.2) за допомогою FSN представлено фрагмент технології побудови динамічного плану МІТС.

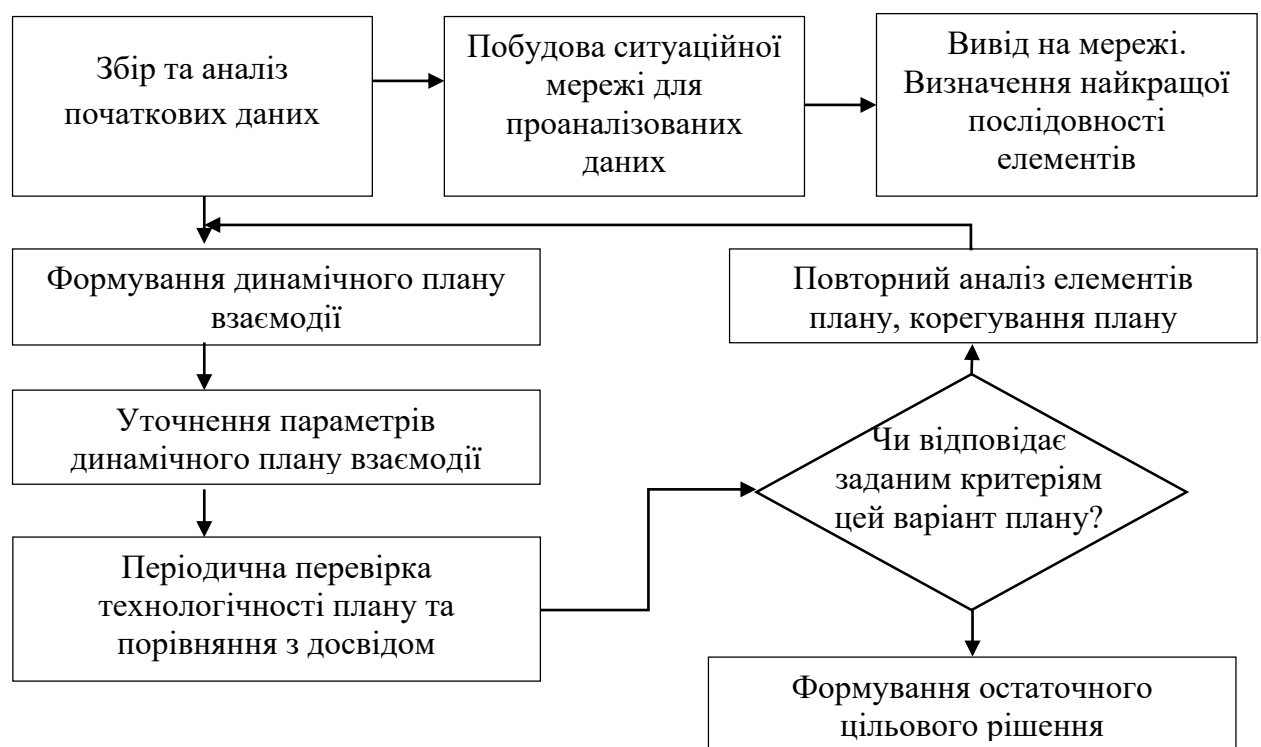


Рисунок 3.2 - Схема технології побудови динамічного плану за допомогою FSN для обґрунтування якості рішення з безпеки життя МІТС

Покращення моделювання процесів складних МІТС і синергетичних інтеграційних процесів в умовах часових обмежень, забезпечує розроблений метод ситуаційного моделювання на основі FSN з врахуванням інтегральними значеннями кожного обмеження.

Гарантоване виконання заданих часових умов для кожної еталонної

ситуації забезпечуємо застосовуючи відповідний специфічний орієнтований зважений граф переходів по еталонним ситуаціям FSN з часовими обмеженнями. Часові інтервальні умови, це поточний час від початку однієї ситуації до початку наступної але іншої ($n_{\text{next}}+1$) ситуації. Вони заздалегідь визначаються експертом, або якщо можливо ПАК розраховує автоматично.

$$G = (S, R, \alpha_i, \tau_i), \quad (3.1)$$

де $S = (S_1, S_2, \dots, S_n)$ - вершини FSN, тут $\dot{S}_i (i \in I = \{1, 2, \dots, n\})$ – еталонні описи ситуації, R_j – управляюче рішення, $\alpha(\dot{S}_i, R_j)$ – ступінь переваги застосування керуючого рішення R_j в ситуації $\dot{S}_i$ в порівнянні з другими можливими рішеннями з множини $R = (R_1, R_2, \dots, R_j)$, τ_i - часове обмеження на існування інтервалу i -ї ситуацію, яке є умовою переходу в наступну ситуацію. Значення часових обмежень в одиницях виміру часу задаються у пам'яті ПАК.

Метод лінгвістичних описів в ПАК складається з наступних кроків визначення.

1. множини типових станів для S_n ситуації МІТС;
2. керуючих r рішень СППР;
3. ступеневих α_i і τ_i часових переваг кожної ситуації СДС;
4. активованої множини R_j керуючих рішень ГАУ ПЕВО;
5. остаточного варіанту G ситуаційної моделі МІТС.

Часові обмеження орієнтують процеси СДС та зменшують кількість можливих ТТР при вирішенні прикладних задач та дозволяють більш детально описати управляючі рішення. Фрагмент FSN з часовими обмеженнями для деякого об'єкта управління показано на (рис.3.3.). Саме такі інфологічні моделі дозволяють спростити систему ГАУ керування діями і здійснювати більш точне наближення фактичних станів складних технічних об'єктів СДС до нормативних стандартів життя МІТС.

Послідовність етапів при побудові лінгвістичної ситуаційної мережі з часовими обмеженнями представлено на (рис. 3.4).

Ступені переваги керуючих рішень або не змінні в кожній ситуації и визначаються експертом, або ставляться в залежність від ситуації, і тоді для їх визначення використовується система типу "ситуація-перевага-рішення" (С-ПР), яка складається з продукційних правил.

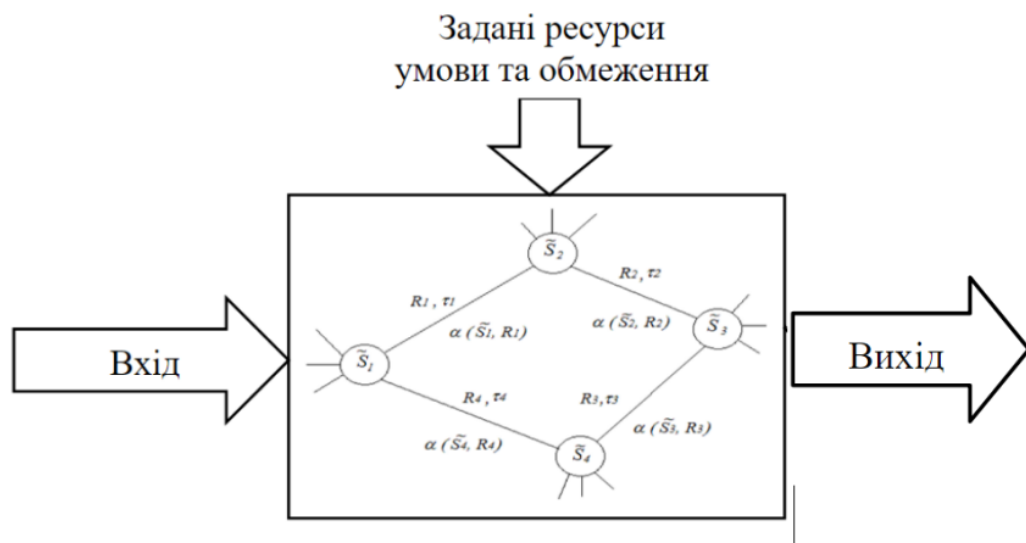


Рисунок 3.3 - Приклад фрагменту FSN для ТТР стосовно об'єкта управління

Закон управління, на базі типових складових кожного керуючого рішення це узгоджений ПАК документ, як опис: відповідає поточній ситуації; представляє собою закономірну послідовність рішень; визначає почерговість кроків; відображує сутність переходу відповідно заданим часовим обмеженням від поточної ситуації до цільової по гарантованому в FSN маршруту. Виходячи з представлених вище основоположних концепцій розглянемо на (рис. 3.5) уніфіковану концептуальну модель ситуаційного управління МІТС. Нехай $P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$ – кортеж m ознак, що описують стан транспортних об'єктно-орієнтованих компонентів сіті-логістичної системи [64] індустріального центру.

Кожна поточна ознака p_i розгортається відповідно до лінгвістичної

змінної:

$$\langle p_i, T_i, D_i \rangle, \quad \forall i = \overline{1, m}, \quad (3.2)$$

де $T_i = \{T_1^i, T_2^i, \dots, T_{m_i}^i\}$ – терм-множинасутнісної лінгвістичної змінної;

m_i – число терм-множин лінгвістичної змінної якісної p_i ознаки;

D_i – базова множина ознак p_i для кожного типового кортежу.

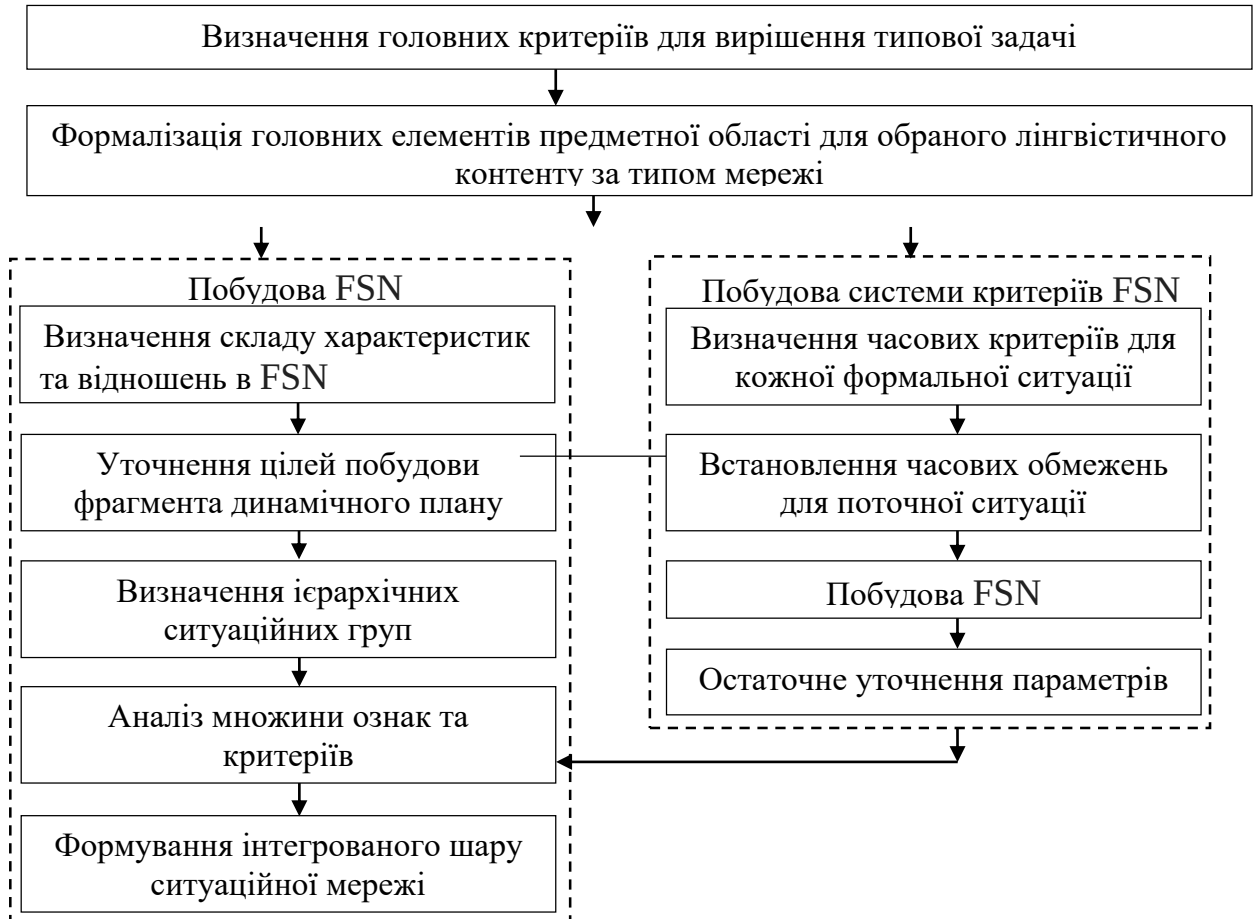


Рисунок 3.4 - Послідовність етапів при побудові задачно-орієнтованої ситуаційної мережі з часовими обмеженнями



Рисунок 3.5 - Структура ситуаційного управління МІТС

БОС – блок оперативних ситуацій з локальними груповими подіями у ПЧК;

БПР – блок прийняття рішень на закони керування у просторі та часі ГАУ МІТС;

БВКВ – блок відповідних керованих впливів та засоби дистанційного зв'язку.

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 $\mu_{A_{ij}}(p_i)$ у відповідних базових множинах $p_i \in D_i$:

$$A_{ij} = \left\{ \left(\mu_{A_{ij}}(p_i) / p_i \right) \right\}, p_i \in D_i. \quad (3.3)$$

Реальна *fuzzy* ситуація $\hat{s}$ відображає опис множин другого рівня:

(3.4)

$$\begin{aligned} \hat{s} &= \left\{ \left(\hat{s}(p_i) / p_i \right) \right\}, \quad i = (1, 2, \dots, m), \\ \hat{s}(p_i) &= \left\{ \left(\mu_{A_{ij}}(p_i') / T_j^i \right) \right\}, j = (1, 2, \dots, m_i), \end{aligned} \quad (3.5)$$

де $\mu_{A_{ij}}(p_i')$ – значення функції приналежності при заданому p_i значенні ознаки.

3.3 Формалізація моделі управління МІТС

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 $\{p_1 - \text{стійкість}, p_2 - \text{ресурс живучості}\}$ Буде чисельнопредставлена наступним чином.

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

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:

$$G = (\hat{S}, R, \alpha),$$

де $\hat{S} = \{\hat{S}_1, \hat{S}_2, \dots, \hat{S}_w\}$ – 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;

$\alpha(\hat{S}_i, R_j)$ – ступінь переваги застосування керуючого рішення R_j в ситуації $\hat{S}_i$ 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 оперативно - керуючих рішень $R = (R_1, \dots, R_f)$, які задаються у вигляді відносин між термами $T_i = \{T_1^i, T_2^i, \dots, T_m^i\}$ ознак $P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$. Для кожної ситуації $\hat{S}_k \in \hat{S}$ формується підмножина ситуацій $\hat{S}^k \in \hat{S}$, в які може перейти система із ситуації $\hat{S}_k$ під дією керуючих рішень з

множини R . Після цього вершина FSN $\widehat{S}_k$ об'єднується дугами кожною вершиною з $\widehat{S}^k$. Дуги визначають відповідні рішення і степені їх переваг в ситуації $\widehat{S}_k$. Дана процедура повторюється для всіх ситуацій з множини $\widehat{S}$.

Нехай терм-множина p ознак $\{1 - \text{стійкість}, 2 - \text{ресурс живучості}\}$ задані наступним чином:

$$T_1 = \{T_1^1 - \text{«низька»}, T_2^1 - \text{«середня»}, T_3^1 - \text{«висока»}\};$$

$$T_2 = \{T_1^2 - \text{«низька»}, T_2^2 - \text{«середня»}, T_3^2 - \text{«висока»}\}.$$

Керуючі рішення R_1 та R_2 задані наступними ознаками терм-множини:

$R_1 = \{R_1^1 - \text{«сильно підвищити»}, R_2^1 - \text{«трохи підвищити»}, R_3^1 - \text{«не змінювати»}, R_4^1 - \text{«трохи зменшити»}, R_5^1 - \text{«сильно зменшити»}\};$

$R_2 = \{R_1^2 - \text{«сильно підвищити»}, R_2^2 - \text{«трохи підвищити»}, R_3^2 - \text{«не змінювати»}, R_4^2 - \text{«трохи зменшити»}, R_5^2 - \text{«сильно зменшити»}\}.$

Так як управлінські рішення задають деякі перетворення значень ознак, то кожному j -му терму керуючих рішень ставитися у відповідність матриця-модель типу відносин M_j^i , описує силу впливу керуючого рішення R_j^i на значення ознаки p_i .

Матриці відносин, що описують вплив керуючих рішень $R_1 = \{R_1^1, R_2^1, R_3^1, R_4^1, R_5^1\}$ на ознаку p_1 , виглядають, наприклад, наступним чином:

$$M_1^1 = \begin{matrix} & \begin{matrix} T_1^2 & T_2^2 & T_3^2 \end{matrix} \\ \begin{matrix} T_1^1 \\ T_2^1 \\ T_3^1 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0,1 & 0,2 & 1 \\ 0 & 0,1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}, \quad M_2^1 = \begin{matrix} & \begin{matrix} T_1^2 & T_2^2 & T_3^2 \end{matrix} \\ \begin{matrix} T_1^1 \\ T_2^1 \\ T_3^1 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0,1 & 1 & 0,2 \\ 0 & 0,1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix}, \quad M_3^1 = \begin{matrix} & \begin{matrix} T_1^2 & T_2^2 & T_3^2 \end{matrix} \\ \begin{matrix} T_1^1 \\ T_2^1 \\ T_3^1 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 0,1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0,1 & 1 \end{bmatrix} \end{matrix},$$

$$M_4^1 = \begin{matrix} & \begin{matrix} T_1^2 & T_2^2 & T_3^2 \end{matrix} \\ \begin{matrix} T_1^1 \\ T_2^1 \\ T_3^1 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0,2 & 0 & 0 \\ 1 & 0,1 & 1 \\ 0,2 & 1 & 0,1 \end{bmatrix} \end{matrix}, \quad M_5^1 = \begin{matrix} & \begin{matrix} T_1^2 & T_2^2 & T_3^2 \end{matrix} \\ \begin{matrix} T_1^1 \\ T_2^1 \\ T_3^1 \end{matrix} & \begin{bmatrix} 0,1 & 0 & 0 \\ 1 & 0,1 & 0 \\ 1 & 0,2 & 0,1 \end{bmatrix} \end{matrix}.$$

Рисунок 3.6 - Формальний матричний опис інфологічних

взаємовідношень $M_{r \in R} = T_i \begin{bmatrix} T_j \\ ij \end{bmatrix}$, $i \in I$, $j \in J$, $i \neq j$

Так як лінгвістичні змінні мають однакові терм-множини для значень ознак $\{p_1 - \text{стійкість}, p_2 - \text{живучість}\}$, Матриці відносин, що описують вплив керуючих рішень $R_2 = \{R_1^2, R_2^2, R_3^2, R_4^2, R_5^2\}$ на ознаку виглядають так само як і матриці відносин, що описують вплив керуючих рішень $R_1 = \{R_1^1, R_2^1, R_3^1, R_4^1, R_5^1\}$ на ознаку p_1 .

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

$$\hat{s}_l = \max_{k \in K} \left\{ \min_{j \in J} [\hat{s}_k, M_j^i] \right\}. \quad (3.7)$$

В результаті ПАК формує поточну у просторі та часі взаємоузгоджену ситуацію, що відображає стан ГАУ для ділянки МІТС промислового центру, відповідно до стану екологічних змін в наслідок впливів ЗОС. 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 багато критеріальним вимогам, за інтегрованим критерієм рівня надійності, живучості, функціональної стійкості.

3.4 Метод ідентифікації стану складного об'єкта з урахуванням інформації якісного характеру

На практиці доведено, що людині в значно більшою мірою властиве мислити і приймати рішення не з використанням точних і однозначних кількісних категорій, а на абстрактному, якісному рівні. Прийняття рішень фахівцями дорожньої галузі не є винятком. Отже, математичний апарат, який

використовується для оцінки та прогнозування подальшої зміни якісного стану складного об'єкта в дорожній галузі, повинен дозволяти працювати з інформацією про ПКО, представленій у вигляді понять і відносин природної мови.

Найбільшою мірою цим вимогам відповідає теорія *fuzzy* - множин. Її застосування дозволяє використовувати в якості значень змінних не тільки числа, а й слова і пропозиції природного мовлення. Так, наприклад, характеризуючи інтенсивність руху, дуже зручно використовувати не кількісні значення 100 авт. / год. або 1000авт. / год, а вербальні характеристики - «низька», «висока» і ін. Переваги використання логіко лінгвістичних систем обробки інформації полягають в можливостях: використовувати для опису елементів завдання прийняття рішення наближені, суб'єктивні оцінки ОПР, виражені за допомогою *fuzzy* понять і висловлювань професійного мови ОПР; формалізувати описи за допомогою *fuzzy* множин, лінгвістичних змінних і свідочств; оперувати отриманими формалізованими координовано – просторовими об'єктами за допомогою апарату, що розвивається на основі теорії *fuzzy* - множин; представляти результати вирішення завдання як у вигляді неявних описів з використанням понять і відносин професійного мови ОПР, так і у вигляді чітких рекомендацій.

Застосування *fuzzy* логіки обумовлено наявністю в описі змінних з нестрогими межами, а також висловлювань з багатозначною шкалою істинності.

Об'єкт може належати до класу, описуваного даними поняттям, ставленням або висловлюванням, може не відноситися до нього, але можливі і проміжні градації приналежності. поняття, описують такі класи, називаються нечіткими.

Введемо важливе поняття лінгвістичної шкали. Лінгвістична шкала - це послідовність *fuzzy* квантіфікаторів, що відносяться до оцінки елементів на одній і тій же підставі. прикладами лінгвістичних шкал можуть служити

шкала відстані (дуже близько, близько, далеко і т.д.) або шкала розмірів (маленький, середній, великий). Особливістю лінгвістичних шкал є те, що їх елементи можуть бути відображені в деяких інтервалах значень певного параметра, що вимірюється в натуральних одиницях. За добре влаштованою шкалою ці інтервали повинні покривати її щільно без накладень один на одного. Домогтися цього можна шляхом введення відсічок на графіках функцій приналежності. Проілюструємо процедуру нормалізації на прикладі отримання функції приналежності комплексної змінної «екологічний вплив транспортного потоку». У лівій частині табл. 3.1 представлені змінні низового рівня для побудови функції приналежності комплексної змінної «екологічний вплив транспортного потоку». Крім цього, для кожної змінної по розглянутому вище алгоритму визначено вагу.

Таблиця 3.1 - Нормалізація функцій приналежності змінних, що входять в комплексну змінну «екологічного вплив транспортного потоку»

Найменування змінної	Вага	Найменування функції приналежності	Вершини функції приналежності («формат користувача»)				Максимальне значення змінної	Вершини функції приналежності (після нормалізації)			
			P_1	P_2	P_3	P_4		P_1	P_2	P_3	P_4
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Вантажний транспорт	0,6	Високий	4	7	0	0	15	0,26	0,46	0,0	0,0
		Середній	1	3	6	10		0,06	0,20	0,40	0,66
		Низький	2	5	0	0		0,13	0,33	0,0	0,0
Муніципальний транспорт	0,3	Високий	26	30	0	0	35	0,74	0,85	0,0	0,0
		Середній	18	20	23	26		0,51	0,57	0,65	0,74
		Низький	18	23	0	0		0,51	0,65	0,0	0,0
Легкові автомобілі	0,1	Високий	40	50	0	0	80	0,50	0,62	0,0	0,0
		Середній	20	30	40	50		0,25	0,37	0,50	0,62
		Низький	20	35	0	0		0,25	0,43	0,0	0,0

Для отримання нормалізованих функцій необхідно поділити кожне значення функції приналежності в її «призначеному для користувача форматі» на максимально можливе значення, яке приймається цією функцією. Дана операція представлена в правій частині табл. 3.1. В якості ілюстрації процедури нормалізації на рис. 3.7 наведені функції приналежності для змінної «екологічний вплив транспортного потоку» до і після нормалізації відповідно. Заключним кроком є отримання функцій приналежності для інтегральної змінної. Надалі будемо працювати не з сукупністю n -змінних, які спільно характеризують початковий якісний стан складного просторово-координованого об'єкта, а всього з однієї комплексною змінною. Це стосується і представлення даних щодо впливу інтенсивності руху і дорожніх знаків і сигналів. Тут замість сукупності m -змінних, спільно характеризують вплив інтенсивності руху на екологічний стан МІТС в цілому, будемо оперувати однією комплексною змінною.

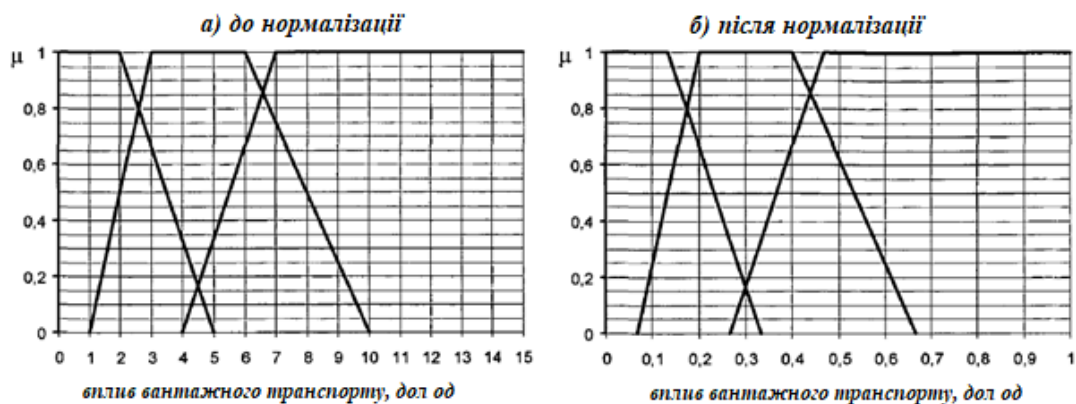


Рисунок 3.9 - Функції приналежності змінної «екологічний вплив транспортного потоку»

Таким чином, на вхід в систему будуть подаватися три комплексних змінних, що характеризують відповідно початковий якісний стан складного об'єкта автодорожньої галузі, ступінь впливу зовнішнього середовища управління на об'єкт, а також рівень планованих до реалізації дорожніх робіт (керуючий вплив).

Вхідні дані в рамках кожної групи представлені на прикладі автомобільних доріг в першому розділі у вигляді дерева. Кожна група вхідних даних складається з декількох ієрархічних рівнів. Так, наприклад, змінна «екологічне навантаження» входить до складу змінної «навколишнє середовище» поряд з низкою інших змінних свого рівня. У свою чергу, вищестояча комплексна змінна «навколишнє середовище» входить до складу інтегрального показника «стан ВДМ». При характеристиці інтегрального показника «Вплив зовнішнього середовища» подібних ієрархічних рівнів може бути ще більше.

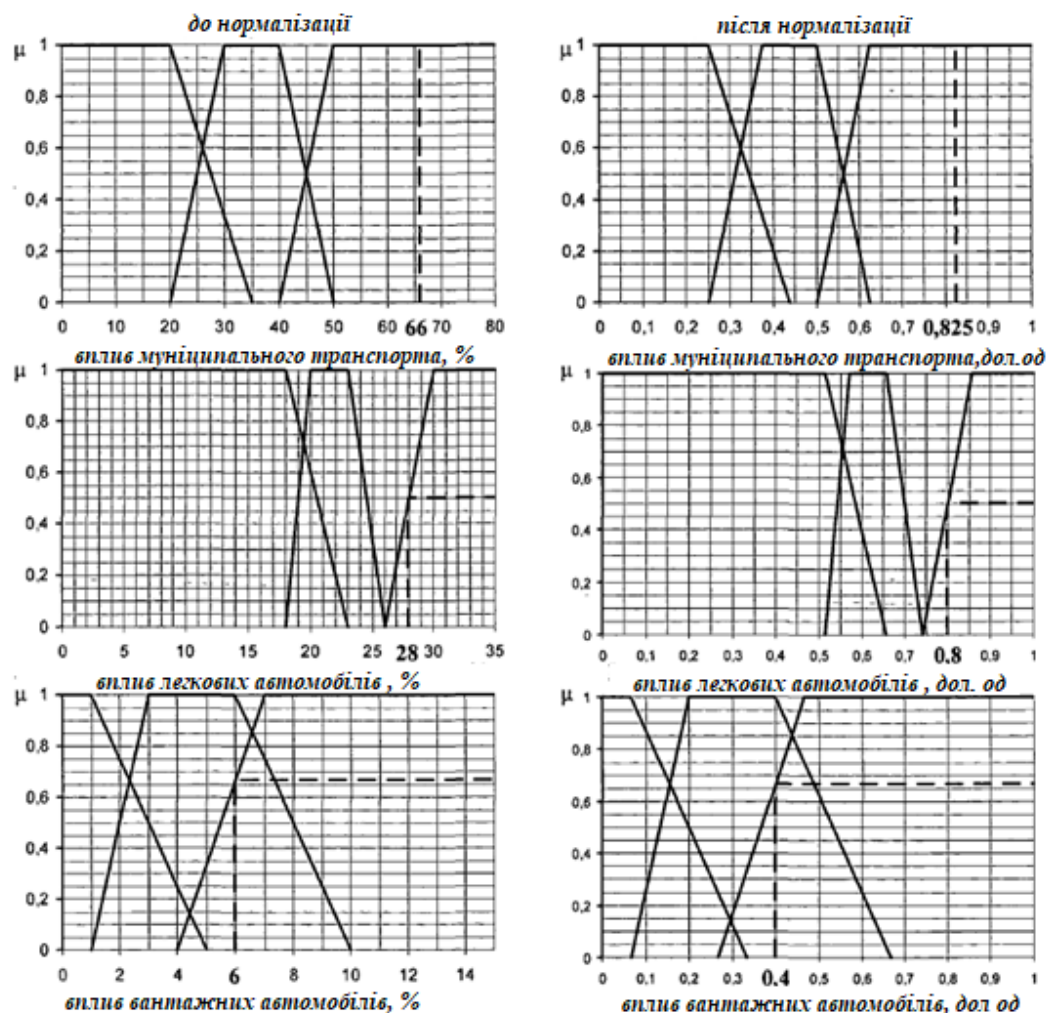


Рисунок 3.8 - Характеристика значень трьох змінних-листя, що утворюють комплексну інтегральну змінну «екологічний вплив транспортного потоку»

Розглянемо процес завдання і формалізації значень змінних низового рівня дерева параметрів, а також процедуру подання значення комплексної змінної. Процес подання початкових даних проілюструємо на прикладі завдання значення тієї самої раніше змінної «екологічний вплив транспортного потоку». Нехай експертами визначена частка легких автомобілів в транспортному потоці в розмірі 56%, а муніципального транспорту в розмірі 28%, а вантажівок в розмірі 16%. Відображення цих значень на побудованих експертами функціях приналежності представлено на рис. 3.8а. Далі визначаються відносини заданих експертами змінних до їх максимального значення. Отримані при цьому значення відображаються на нормалізованих функціях приналежності. Так, частка легкових автомобілів в транспортному потоці на нормалізованих функціях приналежності становить 0,825%, муніципального транспорту - 0,8%, а вантажівок - 0,4%. графічно нормалізовані значення змінних-листя представлені на рис. 3.8б.

В результаті здійснюється адаптивна згортка значень змінних, аналогічна застосовувалася для визначення вершин функцій приналежності.

Значення комплексної змінної «екологічного впливу транспортного потоку», отримується в результаті адитивної згортки і відображається на отриманій функції приналежності комплексної змінної, представленої на рис. 3.9.

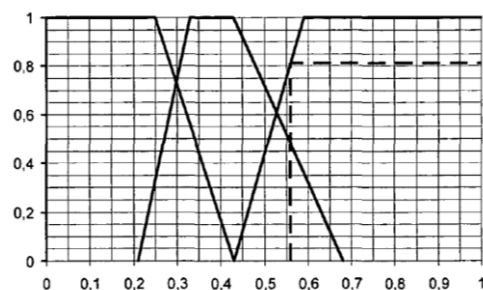


Рисунок 3.9 – Визначення комплексної інтегральної змінної «екологічного впливу транспортного потоку»

Після формування функції приналежності змінних-листя, обчислення функції приналежності інтегральних змінних, а також отримання завдань

інтегральних змінних можна переходити до реалізації методу прогнозування зміни стану складного об'єкта в організаційних системах автодорожнього комплексу.

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

3.5 Підвищення точності та об'єктивності моделі прогнозування зміни стану МІТС на основі навчання *fuzzy neural network*

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.

Суть методу уявлення композиційного виведення в FNN викладена у другому розділі. Загальний вигляд FNN, що використовується в моделі прогнозування зміни стану МІТС, представлено на рис. 3.10.

Розглянемо пошарову роботу мережі:

На першому шарі L_1 здійснюється введення даних: $y_i^{L_1} = x$, де $i=1 \dots N$.

Кількість нейронів даного шару N відповідає кількості вхідних змінних. У реалізованій моделі прогнозування зміни стану об'єкта використовуються FNN з двома входами, що поєднують послідовно змінну «початковий стан елемента МІТС» зі змінною «екологічний вплив транспортного потоку» або зі змінною «керуючий вплив на елемент МІТС». Нейрони даного шару несуть в собі інформацію про значеннях вхідних змінних, тобто

характеризують початковий стан системи, інтенсивність впливу транспортно-кліматичних факторів і рівень роботи знаків і сигналів.

На другому шарі L_2 кожна змінна першого шару представляється сукупністю її функцій приналежності гауссовського типу: $y_{i,r}^{L_2} = \mu_r(y_{i,r}^{L_1})$, де $i=1 \dots N, r=1 \dots R$.

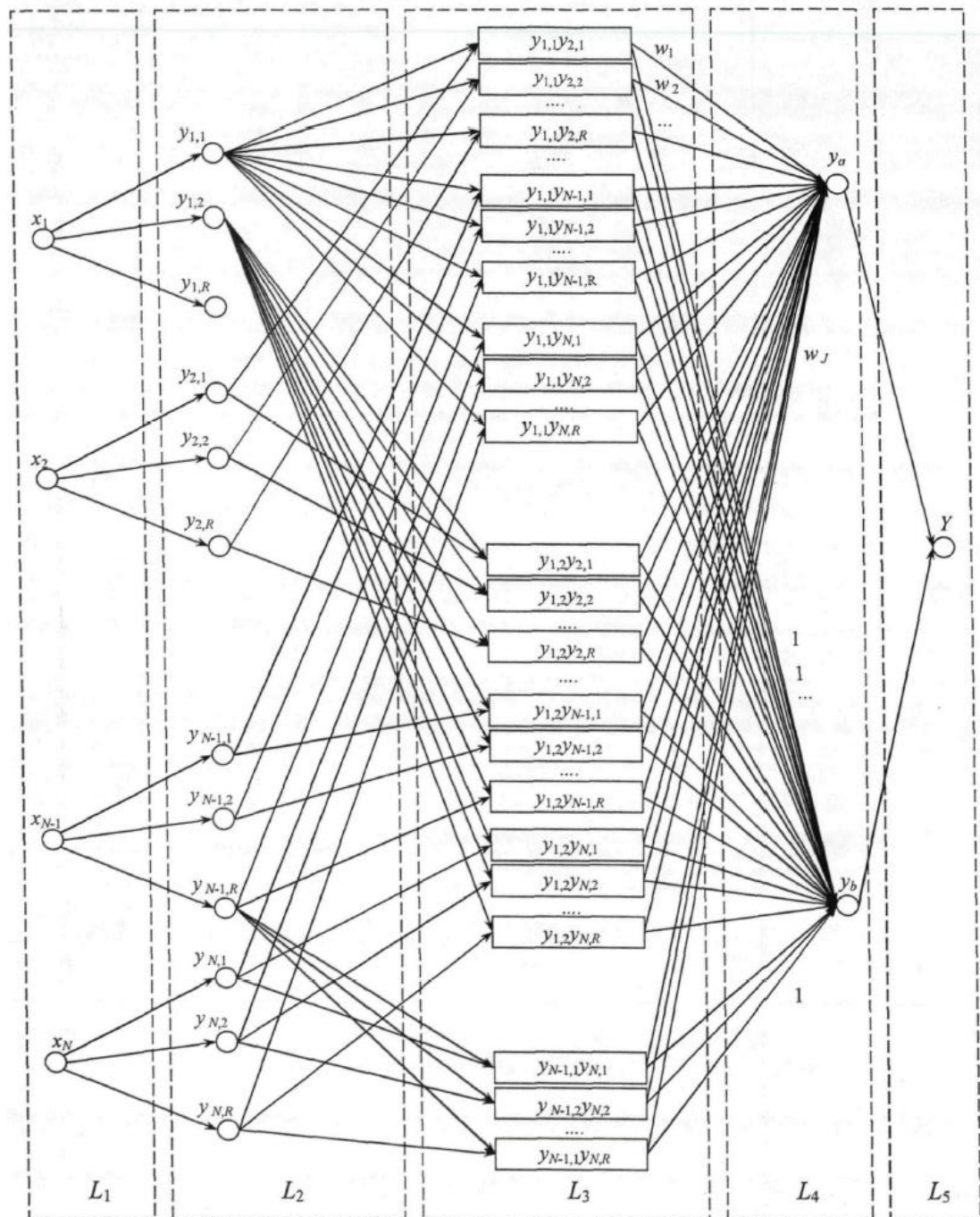


Рисунок 3.10 – Загальна структура нейронної мережі, що використовується в моделі прогнозування змін якісного стану МІТС

Кількість нейронів даного шару визначається як добуток кількості входів (вхідних нейронів першого шару) на кількість відповідних їм функцій приналежності, тобто NR . В реалізованій моделі для кожної вхідної змінної розроблено 9 нечітких множин. Оскільки, як було сказано раніше, кожна нейронна мережа включає дві вхідних змінних (вони поєднуються попарно), то загальна кількість нейронів даного шару дорівнює 18.

Нейрони другого шару опосередковують операцію фузифікації. Основна їх мета перевести кількісну інформацію по вхідним дорожнім даними в якісну.

На третьому шарі L_3 здійснюється множення значень функцій приналежності згідно з розробленими неявними правилами: $y_j^{L_3} = \prod_{r=1}^R y_{i,r}^{L_2}$, де $i=1 \dots N, r=1 \dots R, j=1 \dots J$.

Очевидно, що нейрони даного шару виконують операцію мінімізації, яка також була розглянута в другому шарі. Значення нейронів третього шару представляють собою як би «розрізнений прогноз» якісного стану елемента складного об'єкта по кожному окремому правилу. Отже, кількість нейронів даного шару відповідає кількості розроблених нечітких правил J .

На четвертому шарі L_4 здійснюється підсумовування результатів творів третього шару, помножених на ваги зв'язків: $y_a^{L_4} = \sum_{j=1}^J w_j y_j^{L_3}$ і $y_b^{L_4} = \sum_{j=1}^J y_j^{L_3}$, де $j=1 \dots J$.

В даному шарі знаходиться всього два нейрона. Значення нейрона a виходить як сума добутків значень нейронів третього шару на ваги зв'язків.

Відзначимо, що в якості ваги зв'язку використовується значення центру *fuzzy* безлічі, представленого гауссовською функцією згідно з відповідним правилом. Значення нейрона b виходить шляхом простого підсумовування значень творів третього шару (оскільки ваги зв'язків для даного нейрона рівні 1) Якщо звернути увагу на формулу п'ятого шару, то неважко помітити, що отримуються на даному шарі нейрони a й b представляють собою відповідно чисельник і знаменник дробу. Умовно можна вважати, що на

даному шарі виходить прогнозований стан складного об'єкта МІТС в *fuzzy* функціональному вигляді.

На п'ятому шарі L5 здійснюється розподіл значення нейрона a на значення нейрона b : $Y^{L_5} = \frac{y_a^{L_4}}{y_b^{L_4}}$. В даному шарі знаходиться всього один нейрон. Він виконує операцію дефузифікації, тобто обчислює точне кількісне значення прогнозованого стану об'єкта в МІТС по його елементах.

Таблиця 3.2 - Залежності через x_i шляхом послідовної підстановки

Шар	Дія	Опис нейрона
L ₁	Введення даних	$y_i^{L_1} = x_i$;
L ₂	Переведення кількісної інформації по входним дорожнім даними в якісну	$y_{i,r}^{L_2} = \mu_r(x_i)$;
L ₃	Множення значень функцій приналежності згідно з розробленими неявними правилами	$y_j^{L_3} = \prod_{r=1}^N \mu_r(x_i)$;
L ₄	Підсумовування результатів творів третього шару, помножених на ваги зв'язків	$y_a^{L_4} = \sum_{j=1}^J w_j \left[\prod_{r=1}^N \mu_r(x_i) \right]$ и $y_b^{L_4} = \sum_{j=1}^J \left[\prod_{r=1}^N \mu_r(x_i) \right]$;
L ₅	Операцію дефузифікації, обчислюється точне кількісне значення прогнозованого стану об'єкта в МІТС	$Y = \frac{\sum_{j=1}^J w_j \left[\prod_{r=1}^N \mu_r(x_i) \right]}{y_b^{L_4} = \sum_{j=1}^J \left[\prod_{r=1}^N \mu_r(x_i) \right]}$.

Представлена FNN здатна здійснювати прогноз мінливого стану складного об'єкта в МІТС на основі методу *fuzzy* виводу, описаного в попередньому параграфі. При цьому результати прогнозу FNN не відрізняються від роботи *fuzzy* композиційного виведення.

Проілюструємо роботу FNN з прогнозування зміни якісного стану складного об'єкта на прикладі якісного стану транспортної системи з використанням двох прикладів композиційного виведення.

Для першого прикладу використовувалося три наступних правил:

Правило № 1:

Початкове ЕН у ТС = «нижче задовільно» $\wedge$ Вплив інтенсивності на ЕН стан ТС = «нижче серед» $\Rightarrow$ Кінцеве ЕН у ТС = «нижче задов».

Правило № 2:

ЯКЩО Початкове ЕН у ТС = «задов» $\wedge$ Вплив інтенсивності на ЕН стан ТС = «вище серед» $\Rightarrow$ Кінцеве ЕН у ТС = «вище незадов».

Правило № 3:

ЯКЩО Початкове ЕН у ТС = «вище задов» $\wedge$ Вплив інтенсивності на ЕН стан ТС = «серед» $\Rightarrow$ Кінцеве ЕН у ТС = «задов».

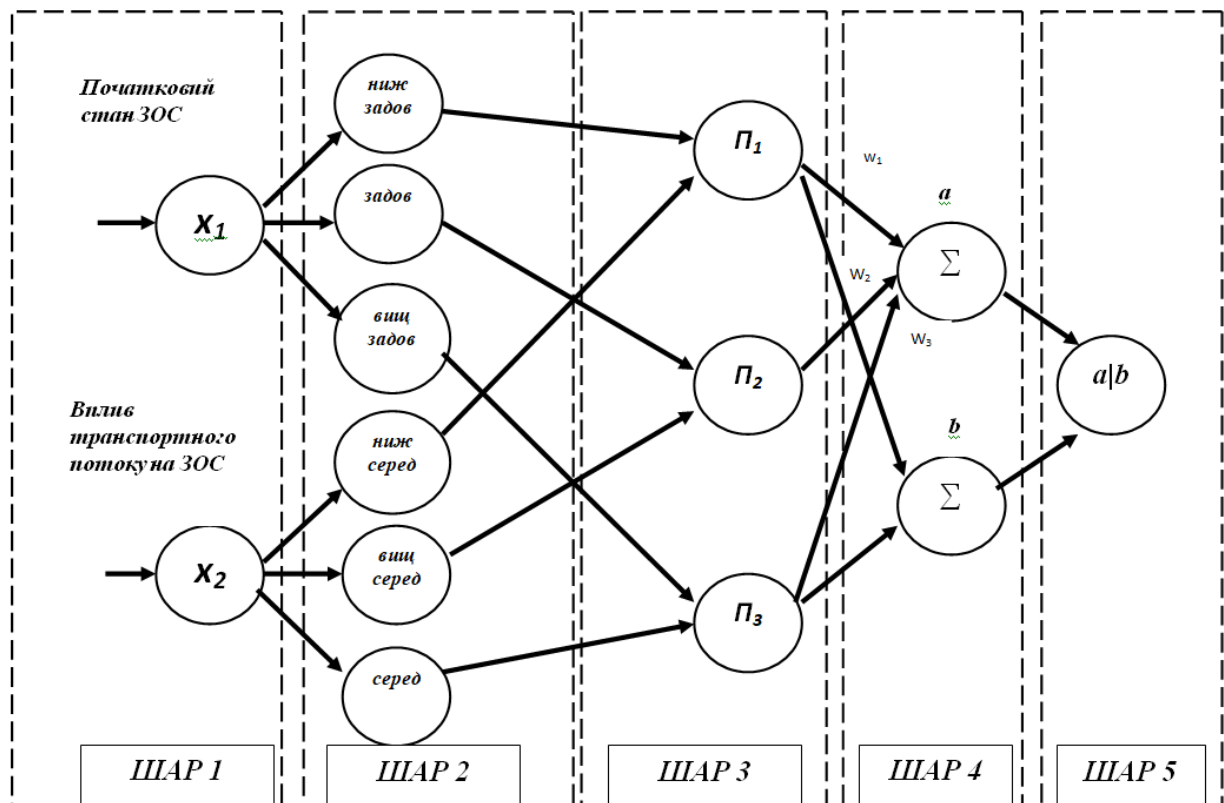


Рисунок 3.11 – Реалізація FNN з прогнозування зміни СДС на прикладі стану навколишнього середовища МІТС з використанням трьох правил

На їх основі будемо FNN. Кожна функція приналежності представлена функцією гауссовського виду. У табл. 3.3 були встановлені характеристики функцій приналежності для комплексної змінної «екологічне навантаження», а також для змінних «вплив інтенсивності на загальний стан екологічного

навантаження» і «управлінський вплив на загальний стан екологічного навантаження». Наведемо їх у табл. 3.3.

У першому шарі в мережу подаються значення змінних. Для порівняння з роботою *fuzzy* виведення використовуємо значення вхідних змінних $x_1 = 0,53$, вплив інтенсивності на стан покриття $x_2 = 0,43$.

При подачі в якості вхідного сигналу конкретних значень x_1 та x_2 *fuzzy* множини, представлені в другому шарі FNN гауссовськими функціями зі своїми індивідуальними параметрами, приймають свої значення.

Таблиця 3.3 -Параметри функцій приналежності, представлені нейронами другого шару, FNN з прогнозування зміни стану екологічного навантаження на основі трьох правил

Стан екологічного навантаження ТС		Вплив інтенсивності на рівень екологічного навантаження		управлінський вплив на загальний стан екологічного навантаження	
Назва	Вид	Назва	Вид	Назва	Вид
«ниж задов»	$y(x) = \exp\left[-\left(\frac{x-0,46}{0,102}\right)^2\right]$	«ниж серед»	$y(x) = \exp\left[-\left(\frac{x-0,35}{0,105}\right)^2\right]$	«вис ок.»	$y(x) = \exp\left[-\left(\frac{x-0,8}{0,09}\right)^2\right]$
«задов.»	$y(x) = \exp\left[-\left(\frac{x-0,54}{0,102}\right)^2\right]$	«серед.»	$y(x) = \exp\left[-\left(\frac{x-0,5}{0,1}\right)^2\right]$	«вище висок.»	$y(x) = \exp\left[-\left(\frac{x-0,93}{0,135}\right)^2\right]$
«вищ. задов»	$y(x) = \exp\left[-\left(\frac{x-0,62}{0,102}\right)^2\right]$	«вищ. серед»	$y(x) = \exp\left[-\left(\frac{x-0,46}{0,1}\right)^2\right]$		—

Для змінної «загальний стан» (при $x_1 = 0,53$):

fuzzy –множина «нижче задов.» $y(0,53) = \exp\left[-\left(\frac{0,53-0,46}{0,102}\right)^2\right] = 0,62$

fuzzy –множина «задов.» $y(0,53) = \exp\left[-\left(\frac{0,53-0,54}{0,102}\right)^2\right] = 0,99$

fuzzy –множина «вище задов.» $y(0,53) = \exp\left[-\left(\frac{0,53-0,62}{0,102}\right)^2\right] = 0,45$

Для змінної «вплив інтенсивності» (при $x_2 = 0,43$):

fuzzy–множина «нижче серед.» $y(0,43) = \exp\left[-\left(\frac{0,43-0,35}{0,105}\right)^2\right] = 0,56$

fuzzy–множина «вище серед.» $y(0,43) = \exp\left[-\left(\frac{0,43-0,5}{0,1}\right)^2\right] = 0,61$

fuzzy –множина «серед.» $y(0,43) = \exp\left[-\left(\frac{0,43-0,46}{0,1}\right)^2\right] = 0,91$

У третьому шарі реалізується операція твори, тобто відповідно до правила відбувається перемножування значень нейронів другого шару. В результаті отримуємо прогноз зміни стану покриття по кожному правилу окремо:

$$\Pi_1 = y_{11}y_{21} = 0,62 \cdot 0,56 = 0,347;$$

$$\Pi_2 = y_{12}y_{22} = 0,00 \cdot 0,61 = 0,604;$$

$$\Pi_3 = y_{13}y_{23} = 0,45 \cdot 0,91 = 0,410.$$

У четвертому шарі відбувається операція підсумовування. Нагадаємо, що в четвертому шарі ми отримуємо дві суми творів – a і b . Сума творів a виходить шляхом підсумовування творів третього шару, помножених на ваги зв'язків. В якості ваги зв'язку виступає центр функції приналежності вихідної змінної. Сума видання являє собою просту суму творів третього шару (оскільки ваги зв'язків в даному випадку рівні одиниці). В результаті на даному шарі обчислюється нечітке значення прогнозованого стану покриття в цілому:

$$a = \sum w \Pi = 0,46 \cdot 0,347 + 0,36 \cdot 0,604 + 0,54 \cdot 0,410 = 0,598;$$

$$b = \sum \Pi = 0,347 + 0,604 + 0,410 = 1,361$$

На п'ятому шарі здійснюється розподіл суми творів a на суму творів b . Дана операція є приведення отриманого на попередньому етапі прогнозованого стану покриття до чіткого кількісного значенням (дефузифікація в нечіткому висновку):

$$\frac{a}{b} = \frac{0,598}{1,361} = 0,44$$

Аналогічним чином здійснюється прогноз зміни стану екологічного навантаження під впливом керуючого впливу, представлений в якості другого прикладу в попередньому параграфі.

Побудуємо математичну модель наведеної FNN і спрогнозуємо з її допомогою зміна стану МІТС під впливом гетерогенних факторів. Наочно

робота FNN по обчисленню прогнозованого стану для даного прикладу представлена на рис. 3.12.

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 вхідних 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 нечітких 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 гауссовських функцій, що представляють нейрони другого шару.

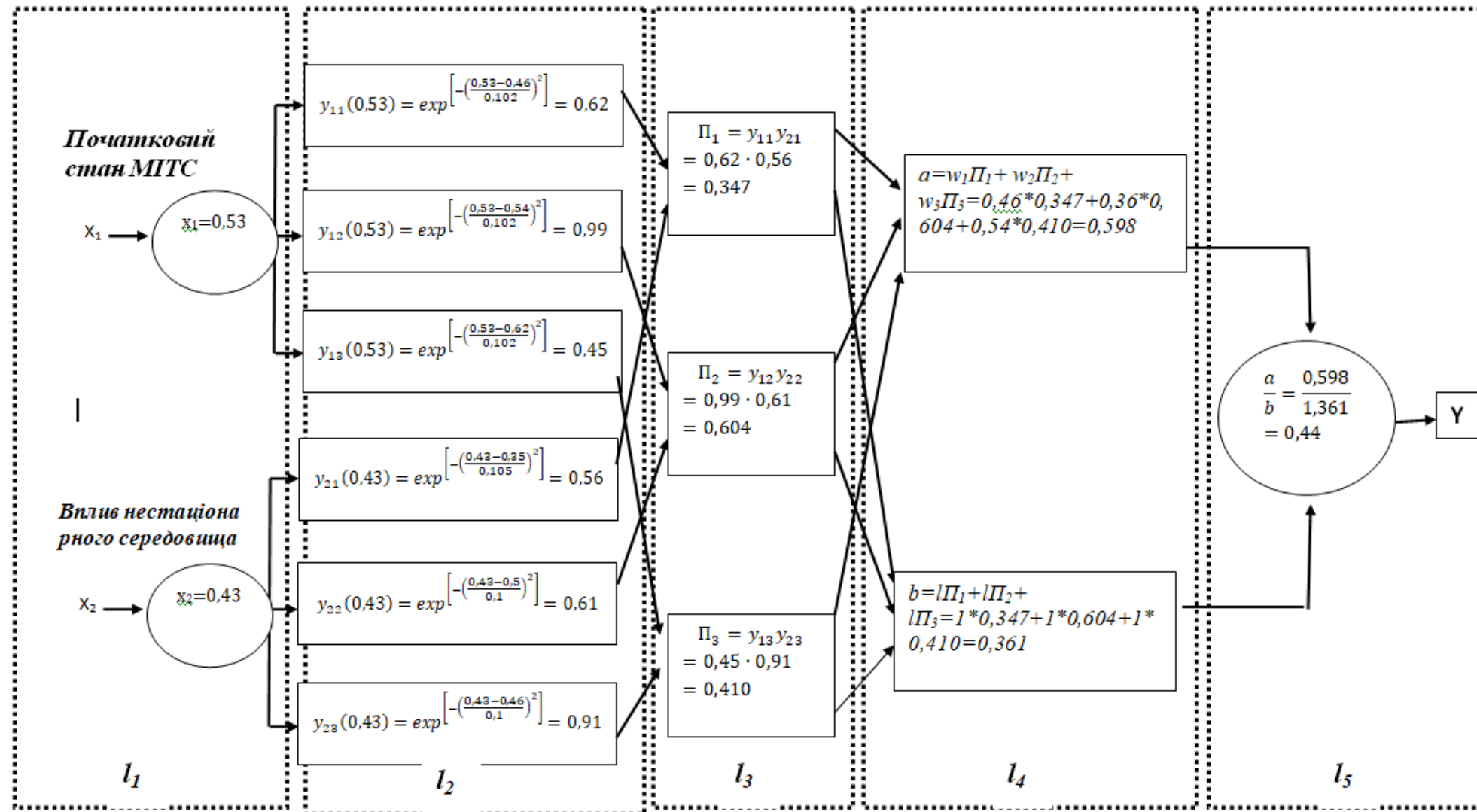


Рисунок 3.12 – Розрахунок прогнозового стану міської інтелектуальної транспортної системи на основі FNN

Дана складова навчання являє собою коригування форми функцій належності *fuzzy* множин, що використовуються в якості лівої частини в *fuzzy* правилах, тобто виразів, яким предпослано слово «якщо».

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

3.6 Висновки до розділу

1. Розроблено модель ідентифікації початкового стану МІТС, а також управляючої дії і факторів зовнішнього середовища. Особливістю моделі є те, що поряд з точних даних інструментальної діагностики вона дозволяє використовувати якісні дані, що вербально задаються користувачами.

Модель являє собою один з основних компонентів системи інтелектуальної підтримки прийняття управлінських рішень в організаціях ТДК і пропонується як додаток до традиційних інструментальним методів, що застосовуються у вітчизняній дорожній галузі.

2. Розроблено гібридна модель підвищення об'єктивності та точності прогнозу стану складного об'єкта.

Модель заснована на методі композиційного виведення і, завдяки процесу навчання, яка є властивою нейронним мережам, усувається суб'єктивізм в формулюванні виду правил і форми функцій приналежності в процесі прогнозування зміни стану складного об'єкта в МІТС.

Процес навчання, реалізований в моделі з опорою на статистичну вибірку, дозволяє підвищити об'єктивність і знизити помилку прогнозу до необхідної величини.

РОЗДІЛ 4

ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА

УПРАВЛІНЯ ПРОСТОРОВО-КООРДИНОВАНИМИ ОБ'ЄКТАМИ В

УМОВАХ ВПЛИВУ ГЕТЕРОГЕНИХ ФАКТОРІВ

Глава присвячена опису програмного комплексу, отриманого в процесі інтеграції аналітичного інструментарію та міської інтелектуальної транспортної системи. У розділі розглядається, як в контексті МІТС використовуються розроблені в дисертаційній роботі і описані в 2 і 3 розділах моделі і методи. Даний програмний комплекс використовується для вирішення завдань збору, зберігання, дослідження та аналізу просторово координованих об'єктів транспортної інфраструктури при впливі гетерогенних факторів. У розділі розглядається реалізація методів і алгоритмів нейромережевої обробки різнотипної (просторово-координованої, атрибутивної) інформації про стан об'єктів транспортної інфраструктури на основі геоінформаційних технологій.

4.1 Призначення, можливості і варіанти використання інтелектуальної системи

Розроблений аналітичний інструментарій має функції редагування і аналізу просторово-координованих об'єктів і включає засоби ПАК, що дозволяє здійснювати проведення обчислювального експерименту на моделях. Даний функціонал дозволяє вирішити завдання автоматизованого інтелектуального аналізу стану об'єктів транспортної інфраструктури.

Застосування геоінформаційних технологій та принципів проектування на основі fuzzy – логіки дозволило розробити систему, що володіє наступними якостями:

- гнучкий предметно-орієнтований прикладний програмний інтерфейс;
- гнучка масштабована розподілена архітектура, яка дозволяє

використовувати інструментарій на різних рівнях додатків;

- гнучке аналітичне середовище, що допускає розширення спектра керуючих рішень;
- візуалізація статичної геоінформації, динамічних характеристик процесу дослідження і конструювання достатньо просторово-координованих об'єктів.

4.1.1 Завдання аналітичного інструментарію в контексті МІТС

Метою інтеграції аналітичного інструментарію та МІТС є досягнення синергетичного ефекту шляхом вирішення дослідницьких завдань, в ході яких повинні бути отримані нові знання про транспортну інфраструктуру. Отримані знання можуть бути повторно використані в нових дослідницьких завданнях або бути сигналом до прийняття рішень про зміну управління на певних об'єктах транспортної інфраструктури.

В рамках МІТС за допомогою аналітичного інструментарію необхідно вирішити такі завдання: аналіз динаміки зміни інтенсивності руху ТП на перехрестях ВДМ і єдиного ТДК промислових центрів; аналіз залежності інтенсивності руху транспортних потоків від параметрів об'єктів транспортної інфраструктури; аналіз тенденції зміни екологічного навантаження ділянки ВДМ при зміні складу і властивостей об'єктів транспортної інфраструктури.

Додавання аналітичного інструментарію в МІТС не повинно порушити її цілісність. У зв'язку з цим необхідно коректно визначити місце аналітичного інструментарію в загальній архітектурі МІТС. Логічно МІТС можна розділити на наступні функціональні елементи:

1. Геоінформаційна система, що відповідає за зберігання і відображення географічних і семантичних властивостей просторово-координованих об'єктів транспортної інфраструктури.
2. Система збору інформації про об'єкти транспортної інфраструктури і

надання на них управляючих впливів шляхом зміни їх складу і властивостей.

3. Система підтримки прийняття рішень, яка визначає на основі наявних в геоінформаційних системах даних оптимального керуючого впливу на об'єкти транспортної інфраструктури.

Поставлені завдання доцільно вирішувати в рамках системи підтримки прийняття рішень, у зв'язку з чим інтегровано аналітичний інструментарій.

МІТС складається з ядра і ряду модулів, що розширюють базову функціональність. Ядро МІТС реалізує наступну функціональність: зберігання просторово-координованих і семантичних даних; експорт інформації в загальновизнані формати даних; надання доступу до об'єктів МІТС; відображення і редагування просторово-координованих об'єктів.

Модулі покликані вирішувати певні завдання управління об'єктами транспортної інфраструктури на основі функціонала, що надається ядром системи представлені нижче (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 - Інтеграція МІТС та системи нейромережевого аналізу

Вони складаються з наступних модулів: модулі збору та редагування інформації про просторово координовані об'єкти транспортної

інфраструктури; модулі отримання експертних оцінок для коректної дислокації технічних засобів організації дорожнього руху на ВДМ та розрахунку коефіцієнтів безпеки ділянок; модулі моделювання та дослідження транспортних потоків; модулі інтелектуального аналізу просторово-координованих об'єктів при впливі гетерогенних факторів.

Реалізований у вигляді модуля, аналітичний інструментарій здатний вирішити поставлені завдання, спираючись на базову функціональність ядра. Це дозволило максимально позбутися необхідності реалізації функціоналу, який не належить до дослідження просторово-координованих об'єктів.

4.1.2 Структура ПАК

ПАК управління просторово-координованими об'єктами складається з ядра МІТС і модуля аналітичного інструментарію.

Ядро МІТС - це програмний комплекс, що включає в себе наступні компоненти:

- єдине сховище просторово-координованих і семантичних даних на основі СУБД MySQL і АСУ «ST»;
- система генерації звітів і експорту даних на основі XML і XSLT шаблонів;
- сервер додатків на основі бібліотеки програмних компонентів розподілених обчислень WCF;
- система відображення і редагування просторово-координованих раніше об'єктів, реалізована у вигляді Windows Forms додатків.

Завдяки гнучкості архітектури МІТС, модулі можуть бути підключені на будь-якому рівні: джерела даних, сервера додатків або уявлення. Аналітичний інструментарій, організований як модуль, взаємодіє з ядром МІТС через сервер додатків, підтримуваний бібліотекою компонентів WCF. Це дозволяє забезпечити слабку зв'язність програмних модулів і функціональну незалежність підсистем.

Система відображення і редагування просторово-координованих об'єктів МІТС при впливі гетерогенних факторів використовується аналітичним інструментарієм для хостингу власних елементів управління рівня уявлення. Це забезпечує єдину точку входу для користувача.

Рівень представлення аналітичного інструментарію додає до основних функціональностей ядра елементи набору масивів об'єктів, відображення моделей і результатів, обчислених за моделлю, на електронній карті

4.1.3 Програмна інфраструктура системи

ПАК побудований на платформі Microsoft NET Framework, що спрощує розробку корпоративних додатків за рахунок реалізованої інфраструктури розподілених обчислень, доступу до даних і користувальницького інтерфейсу.

Додатки, розроблені на платформі NET, виконуються в загальномовному середовищі виконання CLR, яке управляє розподілом пам'яті, потоками і обробляє виняткові ситуації. Це дозволило абстрагуватися від вирішення завдань низькорівневого програмування і сконцентруватися на вирішенні поставлених завдань.

ПАК складається з серверної і клієнтської частин, які ділять програмний комплекс на чотири частини, які взаємодіють між собою за допомогою інфраструктури обміну повідомленнями WCF. В відповідальності серверної частини ядра МІТС знаходяться базові операції доступу і обробки просторово-координованих об'єктів, які реалізовані в наступних модулях:

- модуль доступу до даних - реалізує механізм запиту і зміни просторово-координованих об'єктів в базі даних на основі об'єктно-реляційного відображення (ORM - Object- Relational Mapping);
- модуль просторових операцій - реалізує основні методи перетворення отриманої інформації;
- модуль просторових об'єктів - містить базові класи ГІС, такі як точки,

лінії, полігони, стилі, атрибути і т.д .;

- модуль генерації звітів - створює звіти, отримуючи дані від модуля доступу до даних і проводячи операції перетворення за допомогою модуля просторових операцій .

Клієнтська частина ядра МІТС містить функції взаємодії з користувачем, реалізовані в наступних модулях:

- каркас призначеного для користувача інтерфейсу з можливістю підключення модулів, які можуть додавати власні елементи управління на основне вікно;
- модуль інтерактивного відображення просторово-координованих об'єктів, з можливістю вибору одного або групи об'єктів, що входять в певну область;
- модуль відображення графіків і діаграм.

Для досягнення більш тісної інтеграції рівень представлення аналітичного інструментарію взаємодіє з клієнтською частиною ядра МІТС через механізм модулів, а інші рівні аналітичного інструментарію взаємодіють з серверної частиною через механізм обміну повідомленнями WCF. Використання інфраструктури обміну повідомленнями.

Реалізація повідомлень в WCF заснована на протоколі доступу до об'єктів SOAP (Simple Object Access Protocol). SOAP базується на розширюваному мові розмітки XML (extensible Markup Language) і визначає обов'язкові елементи повідомлення. WCF також реалізує стандарти WS-*, що дозволяє вирішити проблеми транзакційності, надійності, маршрутизації, безпеки і підтримки станів.

4.1.4 База даних просторово-координованих об'єктів при впливі гетерогенних факторів

Проектування бази даних проведено в три фази - побудова концептуальної, логічної і фізичної моделей. Як інформаційного

забезпечення підсистеми управління просторово-координованих об'єктів береться сукупність даних, необхідних для використання їх в процесі побудови маршрутів руху транспортних потоків.

Реляційна модель БД описує стан об'єктів, які необхідні для функціонування системи. Дані включають наступну інформацію:

- картографічні дані про просторово-координовані об'єкти;
- семантична інформація просторово-координованих об'єктів;
- довідкова інформація про об'єкти;
- реляційні відносини між сутностями.

Побудова концептуальної моделі БД засноване на сутностях - об'єкти предметної області реляційної моделі і інформаційних і технічних вимогах користувачів до інформаційного контенту бази даних.

Концептуальна модель задовольняє умовам непротиворічності і цілісності даних. Проектування велося з використанням пакета прикладних програм, що включає інтегровані CASE-засіб ErWin і СУБД MySQL.ER-модель бази даних зображена на рис 4.5.

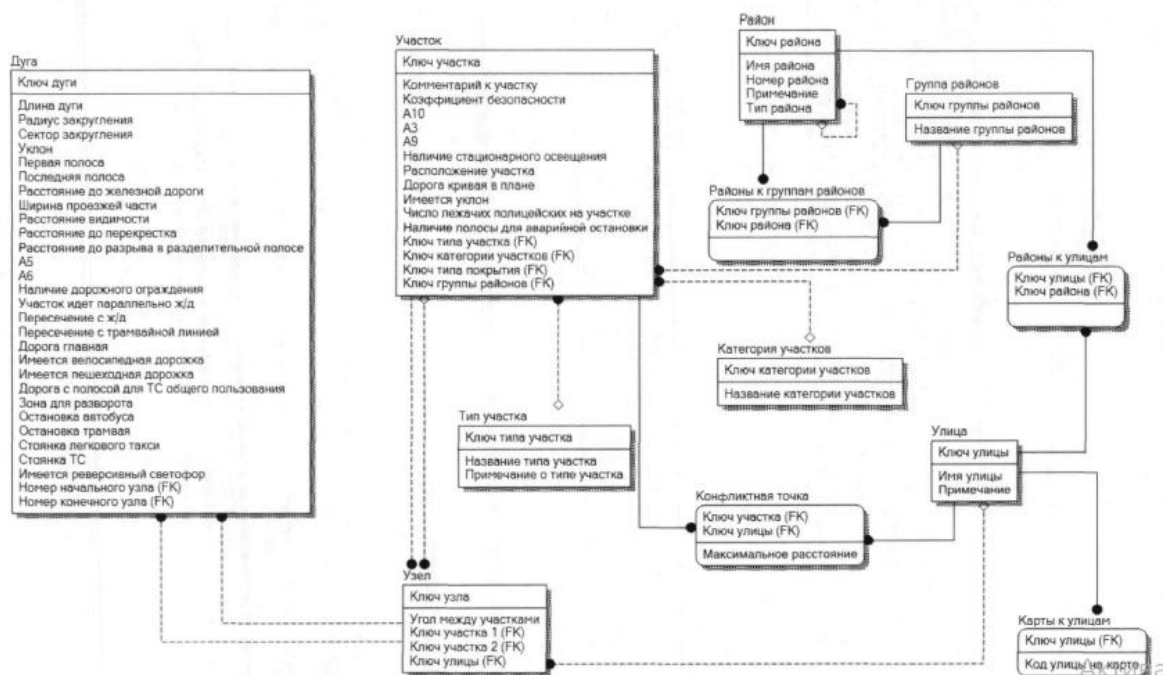


Рисунок 4.5 – ER – модель бази даних

4.2 Інструментальні засоби дослідження просторово - координованих об'єктів

Розроблений ПАК містить наступні інструментальні засоби управління просторово-координованими об'єктами:

- геоінформаційна система обробки об'єктів АСУ «ST»;
- підсистема імпорту вихідних даних і експорту результатів замірів;
- підсистема інтелектуального аналізу;
- підсистема реєстрації результатів замірів і порівняльного аналізу алгоритмів.

Методологія управління просторово-координованими об'єктами спирається на комплексне використання перерахованих інструментальних засобів, що дозволяють здійснювати введення вихідних даних, попередню обробку і дослідження просторово-координованих об'єктів, порівняння результатів аналізу і застосування побудованих в ході замірів моделей.

4.2.1 Геоінформаційна система обробки просторово - координованих об'єктів при впливі гетерогенних факторів

Функціональність геоінформаційної системи АСУ «ST» забезпечена ядром МІТС, яке виконує зберігання, обробку, доступ і відображення даних про просторово-координовані об'єкти. АСУ «ST» володіє наступними можливостями, що використовуються в контексті вирішуваних завдань:

- дозволяє вводити і відображати географічну інформацію;
- дозволяє проводити топологічний аналіз;
- об'єднує механізми запитів і аналізу даних СУБД з механізмами візуалізації просторово-координованих даних і просторового аналізу;
- містить дані про просторово-координовані об'єкти в формі їх цифрових уявлень (векторних, растрових та інших), включає відповідний завданням набір функціональних можливостей, в яких реалізуються операції

геоінформаційних технологій;

- дозволяє спільно обробляти набори географічних і атрибутивних даних, де користувачеві відводиться роль вибору зв'язків між аналізованими атрибутами і контролювати відображення результатів цього аналізу.

Дані про просторово-координовані об'єкти оцифровані для використання їх в середовищі АСУ «ST». Шляхом операції геокодування, реалізованої в АСУ «ST», за існуючою в ГІС інформації заповнюються атрибути об'єктів. У АСУ «ST» реалізовано два методи вибору і редагування інформації:

- геометрично - шляхом вибору певних об'єктів або креслення області на карті;
- за допомогою структурованої мови запитів до бази даних.

АСУ «ST» є геоінформаційною системою векторного типу, що має на увазі передачу всієї інформації у вигляді набору елементарних об'єктів-примітивів.

Територіальні об'єкти, що описуються в ГІС однією точкою на площину (X, Y), є точковими об'єктами і визначають поодинокі фізичні об'єкти, протяжність яких не має значення (дорожній знак, світлофор, опора, дорожньо-транспортна пригода), а також абстрактні об'єкти, що не мають розмірів, але вимагають прив'язки до території (вузол графа транспортної мережі, світлофорний об'єкт).

Лінійний об'єкт являє собою відрізок, описаний парою точок - вузлів (прикладом може служити дуга графа транспортної мережі). Кожен об'єкт в «ST» може бути стилізований певним кольором ліній, товщиною і типом.

Контурні об'єкти представляють собою замкнуті ланцюжки точок (вузлів), з'єднаних відрізками, де останній вузол з'єднаний з першим. Кожний об'єкт відображається у вигляді замкнутої лінії заданого стилю. Прикладами контурних об'єктів є ділянки вулично-дорожньої мережі, будови, райони. Об'єкти певного типу об'єднані в шари за загальною семантичною ознакою. Сукупність шарів визначає електронну карту геоінформаційної системи.

Використовуються наступні шари: вулиці, будинки, адміністративні і промислові райони міста, маршрути руху пасажирського транспорту, маршрути промислового транспорту, дорожні знаки, світлофорні об'єкти, залізничні переїзди, світлові опори з датчиками збору даних, місця ДТП, місця концентрації ДТП, зупинки громадського транспорту, ділянки вулиць, вузли, дуги, інтенсивність руху транспорту, екологічне навантаження і ін. Для проведення дослідження просторово-координованих об'єктів в умовах впливу гетерогенних факторів істотними є шари: ділянки, вузли, дуги, ДТП, осередки екологічної навантаженості, інтенсивність руху, дорожні знаки, світлофори, розмітка.

Шар «Ділянки» являє собою безліч полігональних об'єктів, кожен з яких представляє собою ділянку ВДМ, що описується єдиним набором фізичних параметрів.

Шар «Вузли» - це безліч точок, які поділяють потоки транспортної мережі. Вузол представляється вершиною гіпермережі ВДМ міста та лежить на стику двох ділянок.

Шар «Дуги» - це лінійні об'єкти, що позначають руху ТП на відповідній ділянці ВДМ. Дуги характеризуються довжиною і інтенсивністю руху в даному напрямку. Сукупність дуг є орієнтований граф ВДМ. Одна ділянка може містити кілька дуг, але дуга повинна перебувати тільки всередині єдиної ділянки.

Шар «ДТП» - безліч точок на ділянках проїжджої частини, в яких відбулося ДТП. Точка ДТП характеризуються рядом показників - датою і часом події, числом загиблих і поранених, видом зіткнення.

Шар «Екологічного навантаження» - безліч точок, що позначають місця концентрації CO_2 . Шар формується автоматично в результаті проведення похвилинного забору даних з датчиків.

Шар «Інтенсивність руху» містить дані про інтенсивність руху транспортних потоків «по дузі орієнтованого графа». Шар будується на основі даних про інтенсивність руху транспорту, зібраних на вулицях міста.

Шар «Опори» - безліч точок, що позначають несучі конструкції на ВДМ. Опори можуть являти собою самостійні конструкції, ліхтарні стовпи або розтяжки.

Шар «Дорожні знаки» - безліч точкових об'єктів, які прикріплені до опори. Всі дорожні знаки, що належать одній опорі, поєднуються в групу, яка відображається згідно з правилами дорожнього руху і ГОСТу.

Шар «Світлофори» - безліч точкових об'єктів - світлофорів. Світлофори поділяються на основні та дублюючі. Всі світлофори, розташовані на одному перехресті, складають світлофорний об'єкт.

Об'єкти в АСУ «ST» можуть бути імпортовані з загальновідомих форматів, до яких відносяться формати електронних карт MapInfo і ArcGIS. Процес імпорту проходить в напівавтоматичному режимі під управлінням оператора, що дозволяє вибрати необхідні дані для імпорту, виправити помилки, що виникли після імпорту, а також прийняти рішення при виникненні конфліктних ситуацій.

4.2.2 Підсистема аналізу просторово-координованих об'єктів при впливі гетерогенних факторів

У підсистемі аналізу просторово-координованих об'єктів реалізована функціональність дослідження об'єктів за допомогою алгоритмів інтелектуального аналізу, заснованих на штучних нейронних мережах. Основними інструментами технології ГАУ просторово-координованих об'єктів МІТС є багатошарові нейронні мережі прямого поширення, нейронні мережі з еволюційною архітектурою, нейронні мережі з активними нейронами та механізми fuzzy – логіки. Остаточний вибір на користь тієї чи іншої нейронної мережі здійснюємо таким чином, щоб сформувати адекватний і, як можна простіший, опис експериментальних даних. У підсистемі реалізовані механізми отримання інформації з геоінформаційної системи і з зовнішніх джерел за допомогою імпорту CSV-файлів, які підтримуються більшістю

математичних пакетів, в тому числі Matlab, Octave і табличні процесори MS Excel. Тісна інтеграція з геоінформаційною системою дозволяє виконувати ГАУ об'єктами, виділеними користувачем безпосередньо на електронній карті (рис. 4.6).

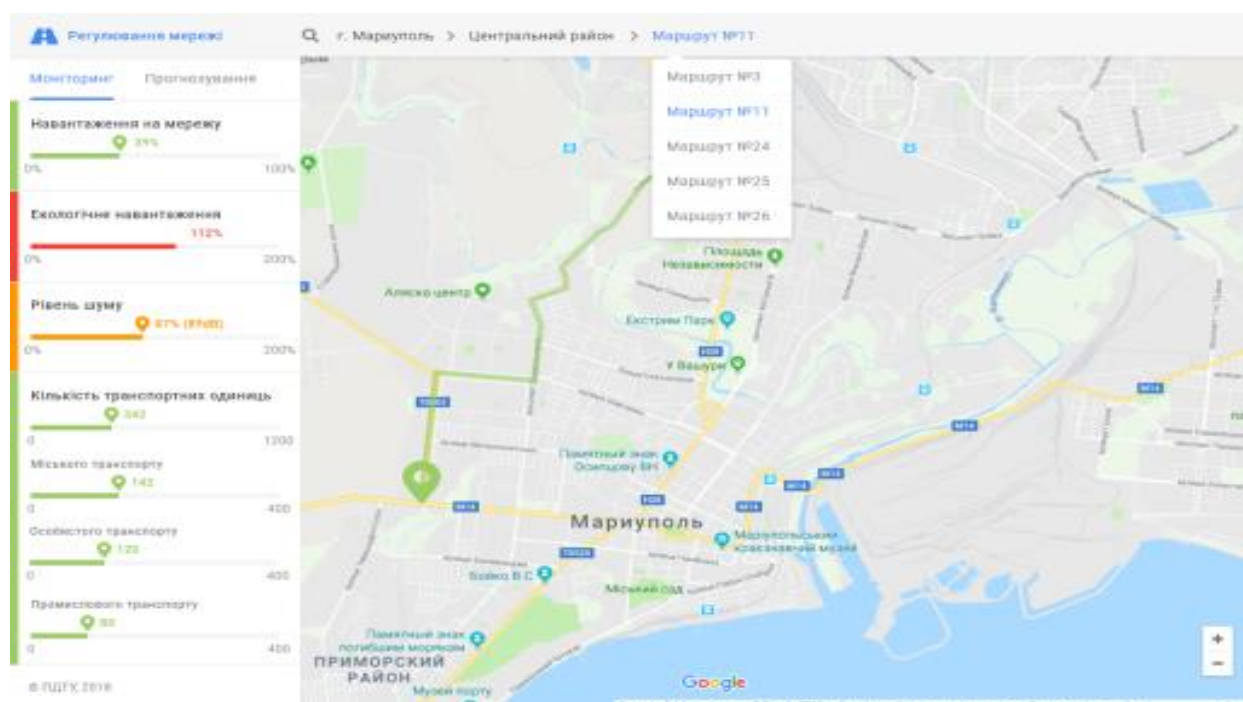


Рисунок 4.6 – ГАУ просторово-координованими об'єктами МІТС

Інтерфейс підсистеми дозволяє вибрати алгоритм управління і налаштувати його параметри. Після цього виконується процес побудови моделі, результати якого надаються у вигляді полінома і перерахування епох побудови нейронної мережі з висновком помилки навчання в кожній епосі.

Побудовану модель користувач може застосувати для розрахунку параметрів просторово-координованих об'єктів геоінформаційної системи або зберегти для застосування моделі в майбутньому при змінених вхідних параметрах. При цьому точне значення характеристики (екологічного навантаження або інтенсивності транспортного потоку) в певній точці можна дізнатися, навівши курсор миші на цю точку.

4.3 Розробка і реалізація методики гарантованого адаптивного управління

Для досягнення високих показників якості нейронних мереж дані, що подаються на вхід, повинні володіти такими якостями:

- репрезентативність;
- несуперечність.

Репрезентативність вхідних даних означає відповідність характеристик вибірки характеристикам всієї сукупності даних. Результати замірів зроблених за репрезентативною вибіркою, можна узагальнювати на всю генеральну сукупність, з якої вони були зібрані. Завдання підвищення репрезентативності вибірки корелює з задачею що потребує вирішення. У завданнях просторово-часового аналізу необхідно внести до вибірки дані, отримані в різний час доби, в різні дні тижня, в різні пори року, і як можна за більш тривалий період часу. У завданнях просторового аналізу необхідно охопити ділянки ВДМ всіх районів, необхідно врахувати різні конфігурації перехресть і варіативність основних параметрів ВДМ.

Несуперечливість вхідних даних означає відсутність «конфліктних» ситуацій у вибірці. З огляду на це процес формування навчальної вибірки проводиться таким чином, щоб в неї входила тільки аперіодично стійка і фізично можлива в виконанні - в реальних умовах інформація. При формуванні навчальної вибірки проводився попередній аналіз на суперечливість даних, в ході якого виключалися набори даних, що конфліктують з загальною тенденцією.

В силу неоднорідності вихідних даних і складності завдання побудови просторового і просторово-часового аналізу просторово-координованих об'єктів при впливі гетерогенних факторів не можна обмежуватися математичними методами при оцінці адекватності нейромережових моделей. Кмплексне багатогранне використання доступної інформації дозволить знайти оптимальне рішення поставлених завдань. При вирішенні завдань

була доступна наступна інформація:

- знання про предметну область, представлене в системі онтологією, реалізованої у вигляді метаданих на мові MSIL і в описі на мові OWL і в ER-модель бази даних;
- довідкова інформація про просторово-координовані об'єкти МІТС, що зберігається в базі даних;
- оперативна і історична інформація про просторово-координовані об'єкти МІТС та їх динамічні та якісні характеристики;
- оцінки, думки і припущення експертів про причинні зв'язки об'єктів предметної області.

Завдання гарантованого адаптивного управління просторово-координованими об'єктами складається з знаходження залежності властивостей об'єкта, що спостерігається від параметрів оточуючих його об'єктів та контролю екологічного навантаження при цих діях. Кожне рішення поставленого завдання представляє собою гіпотезу, яка підтверджується або спростовується в результаті спільної обробки всієї доступної інформації. Застосування тільки математичних критеріїв оцінки якості не здатне визначити адекватність побудованої моделі в реальних умовах її експлуатації. Рішення про якість моделі повинно бути прийнято спільно з експертами в предметній області.

Рішення про адекватність моделі приймається при виконанні наступних умов:

- сумісність - результат не спростовується на вихідних даних;
- значимість - зовнішній критерій якості показує істинність моделі на тестових прикладах;
- достатність - модель містить достатню кількість незалежних параметрів;
- несуперечність - результат може бути пояснений експертом в предметній області.

Умова сумісності виконується автоматично в силу специфічності

алгоритмів побудови і навчання нейронних мереж. Зокрема в алгоритмі зворотного поширення помилки проводиться мінімізація функції оцінки розбіжності результату, обчисленого нейронною мережею, від вихідних даних. При навчанні нейронних мереж використовуються експериментальні дані і довідкова інформація про просторово координовані об'єкти. Сумісність гарантує відсутність розходження між побудованою моделлю і наявними на момент розрахунків даними.

Критерій значущості показує, наскільки добре побудована модель апроксимує функцію в проміжних точках, значення в яких в навчальній вибірці невідомо. Значимість забезпечується за допомогою зовнішніх критеріїв доповнення, які автоматично враховуються при побудові нейронної мережі з активними нейронами, що самоорганізується. Для нейронних мереж, навчених за методом зворотного поширення помилки, зовнішній критерій розраховується після закінчення процесу навчання. Зовнішні критерії розраховуються за інформацією, яка не використовується при побудові моделі. При оцінці адекватності використовувалися зовнішні критерії регулярності і сумісності.

Достатність моделі визначається за допомогою інтервальної оцінки значущості рівняння регресії, що проводиться на основі дисперсійного аналізу. Для оцінки використовується критерій Фішера:

$$F = \frac{s_R^2}{s^2} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_{x_i} - y)^2 (n-m)}{\sum_{i=1}^n (y_i - y_{x_i})^2 (m-1)}, \quad (4.1)$$

де $s_R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_{x_i} - y)^2}{m-1}$ незміщена оцінка дисперсії, обумовлена регресією;

$s^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y_{x_i})^2}{n-m}$ - незміщена оцінка дисперсії, обумовлена впливом

неврахованих факторів;

m - число оцінюваних параметрів рівняння регресії;

n - число спостережень.

При відсутності лінійної залежності між залежною і незалежними змінними, випадкові величини S_R^2 і S^2 мають χ^2 -розподіл відповідно з $m-1$ і $n-m$ ступенями свободи, а їх відношення - F - розповсюдження з тими ж ступенями свободи. Тому рівняння регресії значимо на рівні α , якщо бачимо значення статистики:

$$F = \frac{S_R^2}{S^2} > F_{\alpha, m-1, n-m}, \quad (4.2)$$

де $F_{\alpha, m-1, n-m}$ - табличне значення F -критерію Фішера, визначене на рівні значущості α при $m-1; n-m$ ступенях свободи.

Якщо співвідношення 4.2 виконується, то модель містить достатню кількість незалежних змінних для опису вихідної характеристики, інакше модель є занадто грубою і потрібно або її відкинути, або розглянути варіанти внесення додаткових змінних.

Довірчий інтервал дисперсії збурень оцінюється співвідношенням:

$$\frac{ns^2}{\chi_{\alpha/2, n-2}^2} \leq \sigma^2 \leq \frac{ns^2}{\chi_{1-\alpha/2, n-2}^2}, \quad (4.3)$$

де $\chi_{\alpha/2, n-2}^2$ і $\chi_{1-\alpha/2, n-2}^2$ значення критерію χ^2 Пірсона з $n-2$ ступенями свободи;

α - рівень значущості,

n - число спостережень.

Оцінка несуперечності побудованої моделі проводиться за методом вирішення завдань прогнозу експертами. Фахівцями використовуються наступні методи побудови міркувань:

- побудова логічних висловлювань про зв'язок властивостей просторово-координованих об'єктів;
- прогноз властивостей просторово-координованих об'єктів за аналогією з прецедентом.

Перший метод заснований на використанні характеристик

досліджуваного середовища. Експерти роблять висновки, ґрунтуючись на тій же інформації, що використовувалася при побудові моделі. У другому методі використовуються вербалізовані характеристики, які пов'язані з прогнозованим поняттями опосередковано. Прикладом таких характеристик можуть служити природні аномалії, зміна економічної або політичної ситуації в країні. Дана інформація безпосередньо впливає на поведінку моделі, але автоматичний її облік є на кілька порядків більше складним завданням.

4.4. Проведення апробації розробленої інформаційної технології

Згідно описаної методики проведено апробацію методу гарантованого адаптивного управління просторово-координованими об'єктами МІТС при впливі гетерогенних факторів з метою вирішення поставлених завдань. Апробація проводилась для кожного завдання в наступній послідовності:

1. Формування навчальної та тестової вибірок;
2. Попередня обробка вхідних даних;
3. Рішення поставленого завдання за допомогою всіх механізмів;
4. Обчислення критеріїв сумісності, значущості та достатності;
5. Проведення експертизи для визначення несуперечливості моделі.

4.4.1 Просторово-часовий аналіз інтенсивності транспортного потоку

При формуванні навчальної та тестової вибірок для вирішення завдання просторово-часового аналізу інтенсивності використовувалася інформація про інтенсивність транспортних потоків на всіх перетинах основних маршрутів промислового транспорту. Додатково досліджувались перехрестя, розташовані в центральній (історичній) частині міста. У дослідженнях, наведених нижче, використані дані, отримані в ході щогодинних вимірювання інтенсивності в дев'яти контрольних точках, в 35

перетинах, 71 напрямку руху ТП:

1. проспект Будівельників – центр міста;
2. проспект Будівельників – кінцева зупинка маршрутів пасажирського транспорту – виїзд на магістраль Маріуполь - Донецьк;
3. проспект Будівельників – в районі Маріупольського торгового порту;
4. проспект Бойка – район центральних воріт ПАТ«ММК ім. Ілліча»;
5. проспект Металургів – район ДК «Іскра» - виїзд з міста;
6. перехрестя проспекту Миру та проспекту Будівельників;
7. перехрестя проспекту Миру та бульвару Шевченко;
8. перехрестя проспекту Перемоги та вулиці Азовстальської (східні прохідні ПАТ«МК Азовсталь»);
9. перехрестя вулиці Набережна і вулиці Кам'яний кар'єр (виїзд спеціалізованого транспорту підприємств ООО «Комунальник» та ПАТ «Маркохім»);
10. перехрестя проспекту Миру та вулиці Краснофлотської (виїзд на шосе Маріуполь – Запоріжжя).

Вимірювання інтенсивності ТП проводилися за допомогою встановлених камер спостереження встановлених на світлофорних об'єктах і програмного засобу «martrans.gov.ua» в період з 1.05.2018 по 1.06.2018 р. На рис. 4.8 зображена схема вимірювання інтенсивності на перехресті проспекту Миру та проспекту Будівельників, приклади даних по виміру інтенсивності знаходяться в додатку С. Вихідні дані потребували попередньої обробки, яка складалась з наступних етапів:

- приведення числа транспортних засобів відповідно до їх типу;
- нормалізації до інтервалу $[0, I_{max}]$.

Кожен тип транспортного засобу вносить різний вклад в загальну інтенсивність транспортного потоку, це обумовлюється габаритами, тонажем і максимальною швидкістю транспортного засобу. У таблиці 4.1 перераховані коефіцієнти приведення типів транспортних засобів.

Таблиця 4.1. Коефіцієнти приведення типів транспортних засобів

Види транспортних засобів	Коефіцієнт приведення K_p
Легкові автомобілі	1
Вантажні автомобілі вантажепідйомністю 2т	1,5
Вантажні автомобілі вантажепідйомністю 6т	2
Вантажні автомобілі вантажепідйомністю 8т	2,5
Вантажні автомобілі вантажепідйомністю 14т	3
Автобуси	2
Пасажирський транспорт	2
Спецтранспорт	2,5
Мотоцикли	0,5
Велосипеди	0,3

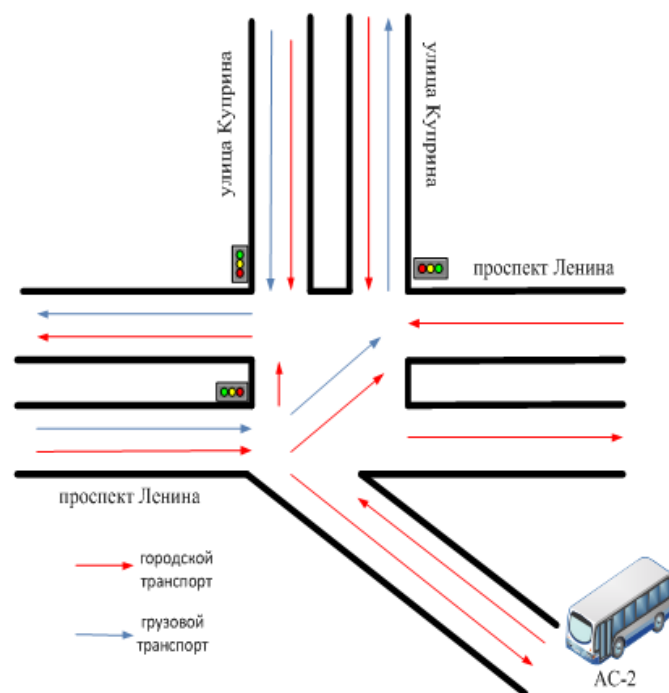


Рисунок 4.8 - Контрольні перетину і напрямки руху на ділянці, що досліджується

Як видно з рис. 4.8, вихідна інформація представлена по кожному напрямку, і для використання її в просторово-часовому аналізі необхідно підсумувати інтенсивність в усіх напрямках за кожну годину. Дані про інтенсивність вимагають нормалізації до інтервалу $[0, I_{max}]$. Дана операція проводиться в два етапи: спочатку шукається максимальне значення інтенсивності в вибірці, потім проводиться нормалізація значень. Алгоритми попередньої обробки реалізовані на мові SQL і виконуються безпосередньо

СУБД, що гарантує швидкість їх роботи.

Рішення завдання проводиться за допомогою реалізованих у аналітичному інструментарії нейронних мереж: багатошарового персептрона, нейронної мережі, що самоорганізується і нейронної мережі з активними нейронами. Для подальшого обчислення критерію значущості вихідна вибірка розділена на дві частини: навчальну і тестову. Кожен експеримент супроводжується обчисленням повного спектра критеріїв якості.

На рис. 4.9 показані значення інтенсивності на перетині пр.Миру та пр.. Будівельників. На цьому ж малюнку зображено графік функції $f(x)$, що сформувалася після самоорганізації нейронної мережі з активними нейронами.

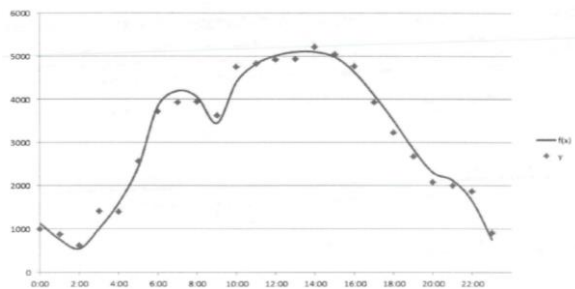


Рисунок 4.9 - Фактичне і розраховане значення інтенсивності на перехресті

Як видно з таблиці всі моделі задовольняють зовнішнім критеріям регулярності і узгодженості, проте нейронні мережі з активними нейронами в більшості випадків показує найкращий результат. Критерій Фішера задовольняє табличному значенню на рівні значущості $\alpha = 0.05: F > F_{0.05; 3; 20}$

4.4.2 Просторовий аналіз інтенсивності

Просторовий аналіз інтенсивності руху транспортних потоків на вулично-дорожньої мережі проводиться при фіксованому значенні часу, яке вибирається з умови максимального значення інтенсивності на

досліджуваній ділянці. Відповідні вихідні дані частково взяті з попереднього дослідження і частково з інших досліджень, тому що в даному випадку немає вимоги до частоти вимірювань. Вимога максимального значення інтенсивності дотримується завдяки тому, що вимірювання інтенсивності проводяться в «години пік»: з 8:00 до 11:00 і з 16:00 до 19:00.

Згідно нейромережевій моделі, при просторовому аналізі використовуються дані про геометричні особливості ділянки ВДМ, зокрема ширина ділянки і радіус кривизни дуг, а також атрибутивна інформація, така як кількість смуг руху і коефіцієнт екологічної безпеки. При просторовому аналізі резонно використовувати можливості геоінформаційної системи. Для цього зібрана інформація занесена в систему і прив'язана до базису вулично-дорожньої мережі таким чином, що кожному значенню інтенсивності поставлена в відповідності дуги. Для отримання значень інтенсивності на ділянках ВДМ необхідно провести її попередню обробку, отримавши суму інтенсивності по всім дугам ділянки в деякий певний період часу. Попередня обробка атрибутивної і геометричної інформації про ділянки вулично-дорожньої мережі проводиться за методикою, описаною.

Для проведення досліджень обрані 35 перехресть міста Маріуполь, з них 28 перехресть використовувалося для навчання, а 7 для обчислення зовнішніх критеріїв. Дослідження проводилися за допомогою багатошарового персептрона, самоорганізується нейронної мережі і нейронної мережі з активними нейронами. Проведено дослідження пошуку оптимальних параметрів архітектури та навчання багатошарового персептрона

Дослідження показали, що оптимальним є 7 нейронів в скритому шарі і 40 циклів навчання. Більш низькі значення параметрів ведуть до недостатньо точної апроксимації, а більш високі значення ведуть до перенавчання нейронної мережі.

Виходячи з результатів дослідження, для аналізу ситуації на перехрестях міста обрана нейронна мережа з активними нейронами.

4.4.3 Просторовий аналіз екологічного навантаження МІТС

Для проведення просторового аналізу екологічного навантаження використовувалися дані про викиди на вулицях міста Маріуполь зібрані в 2018 р за допомогою датчиків забруднення повітря. Дані представлені у вигляді точкового шару електронної карти, кожен об'єкт якого складає наступний набір атрибутивних ознак: час перевищення ПДК, вид події (затор, аварія), число автобусів що знаходились в цей час в заданій точці. Шар з перевищенням ПДК послужив вихідними даними при формуванні шару з екологічною навантаженістю. Для цього був використаний клітинний алгоритм визначення вогнищ екологічної навантаженості, що дозволило побудувати області найбільшого екологічного навантаження і обчислити значення коефіцієнта ИЗА. При просторовому аналізі екологічного навантаження використовувалися центри тяжкості даних областей.

Згідно описаної методики досліджень, визначення впливу вантажного транспорту та знаків на безпеку руху потребує використання методу експертних оцінок. При проведенні дослідження група експертів складалася з фахівців в області дорожнього руху, водіїв автомобілів та пішоходів. Оскільки учасники опитування мали різний рівень досвіду в області організації дорожнього руху, то їхні відповіді приймалися з різними коефіцієнтами.

Емпірично обраний діапазон значень кожного показника: 0.7-1.3, що характеризує рівень безпеки: високе значення коефіцієнта відповідає високому значенню рівня безпеки.

Розрахунки по заходам оптимізації на прикладі управління станом екологічного навантаження м. Маріуполь (ланцюг підприємство-перевізник-споживач) представлені в табл. 4.2.

Отримані експертні оцінки використовувалися спільно з отриманими даними, які пройшли процес попередньої обробки.

Таблиця 4.2 - 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)		при ЕН Прогноз 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: Цептральні прохідні «І» - виїзд з міста (трасса Запоріжжя)	0,57	0,62	0,661	0,041	6,6
Маршрут: Центральні прохідні «А» - виїзд з міста (траса Мелекіне)	0,54	0,68	0,739	0,059	8,7

У дослідженнях використовувалися дані по 47 перехресть міста Маріуполь, з них 37 перехресть брали участь в навчанні і 10 для обчислення зовнішніх критеріїв.

Згідно з результатами наведеного дослідження, обрана нейронна мережа з активними нейронами, як основний метод аналізу екологічного навантаження на вулицях міста Маріуполь.

Для аналізу обрані понад 100 найбільш складних перехресть. По кожному з них розроблені рекомендації з управлінських рішень.

Дослідна експлуатація програмного засобу МІТС дозволила підвищити якість екологічного стану зовнішнього оточуючого середовища м. Маріуполь.

4.5 Висновки до розділу 4

1. Розроблена інтелектуальна транспортна система є складним програмним комплексом з модульною архітектурою і відкритим інтерфейсом, що дозволяє інтегрувати в неї нові компоненти. МІТС надає сервіс геоінформаційної системи, що дозволяє підключати модулів вирішувати за допомогою нього проблемно-орієнтовані задачі.

2. Розроблено аналітичний інструментарій, який використовує навчання шарів інтелектуальної транспортної системи і дозволяє проводити дослідження просторово-координованих об'єктів на основі нейромережевих алгоритмів для виявлення функціональної залежності характеристик досліджуваного об'єкта від дислокації і атрибутивної інформації об'єктів, що знаходяться від нього в безпосередній просторовій або тимчасовій близькості.

3. Розроблено методику дослідження просторово-координованих об'єктів, що визначає умови фільтрації вихідних даних і критерії якості результуючих моделей.

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 прогнозних 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 нестационарного 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 витрачати 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 ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аль-Аммори А.Н, Шкурко Е.П. Техничко-економическое саморегулирование ефективности функционирования информационно-управляющих систем. *Штучний інтелект*. Київ, 2010. № 2. С. 95-103.
2. Аль-Аммори А.Н Исследование влияние реальной технической надежности на эффективность информационного резервирования. *Искусственный интеллект*. Киев, 2006. №4. С. 660-663.
3. Андрианов В. Инфраструктура пространственных данных. 2006. №2(37). С. 1-2.
4. Арнольд В.И. О представлении непрерывных функций нескольких переменных в виде суперпозиции функций меньшего числа переменных. *Мат. просвещение*. М.: Наука, 1957. № 4. С. 41-61.
5. Артынов А.П., Кондратьев Г.А. Управление взаимодействием транспортных систем. М.: Наука, 1986. 197 с.
6. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения: Учебник для вузов. М.: Транспорт, 1993. 290 с.
7. Бадамшин Р.А. Использование геоинформационных технологий для интеграции пространственных данных. *Информатика, управление и компьютерные науки*. Третья Всероссийская зимняя школа-семинар аспирантов и молодых ученых. Уфа: Диалог, 2008. Т.1. С. 492-496.
8. Баранов Г.Л., Банишевський С.А., Міронова В.Л., Пасечник Д.В. Інтеграція інформаційних технологій на транспорті. Навчальний посібник. К.: НТУ, 2009. 197 с.
9. Баранов Г.Л. Інформаційно-аналітичне забезпечення інтелектуальних систем (інтеграція інформаційних технологій на транспорті): монографія. К.: НТУ, 2009. 197 с.
10. Баранов Г.Л., Мнацаканян М.С. Інфокомунікаційні властивості інтелектуальних транспортних систем в умовах впливів зовнішнього середовища. *Прикладні системи та технології в інформаційному*

суспільстві: збірник тез II Міжнародної науково-практичної конференції. К: Київський нац. ун-т імені Тараса Шевченка, 2018. С. 15-19.

11. Баранов Г.Л. , Мнацаканян М.С. Інтегровані технології та моделювання інтелектуальних транспортних систем в нестационарних взаємовідносинах з оточуючим середовищем. *Проблеми інфокомунікацій: матеріали II всеукраїнської науково-технічної конференції. Полтава: ПолтНТУ; Київ: НТУ; Харків: НТУ«ХП»; Київ: ДУТ; Харків: УкрДУЗТ; Мінськ: БНТУ; Полтава: ВКСС ВІТІ, 2018. С. 50-51.*

12. Баранов Г.Л., Макаров А.В. Структурное моделирование сложных динамических систем. К.: Наук. думка, 1986. 272 с.

13. 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.*

14. 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.*

15. Баранов Ю.Б., Берлянт А.М. Геоинформатика. Толковый словарь основных терминов. М.: Изд-во ГИС-Ассоциации, 1999. 204 с.

16. Бешелев С.Д., Гурвич Ф.Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. М.: Статистика, 1974. 159 с.

17. Буч Г. Объектно-ориентированный анализ и проектирование с примерами приложений на С++. СПб.: Невский диалект, 1999. 560 с.

18. Буч Г., Рамбо Дж., Джекобсон А. Язык UML. Руководство пользователя / пер. с англ. М.: ДМК, 2000. 432 с.

19. Васильев В.И., Савина И.А. Анализ нечетких когнитивных карт с помощью пакета MatLab. *Информатика, управление и компьютерные науки. Третья Всероссийская зимняя школа-семинар аспирантов и молодых ученых. Т.1. Уфа: Диалог, 2008. С. 55-58.*

20. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Наука, 1969. 576с.

21. Вуслаев А.П., Новиков А.В., Приходько В.М. Вероятностные и имитационные подходы к оптимизации автодорожного движения. М.: Мир, 2003. 368 с.
22. Верхотуров М.А., Мусин И.Р. Подход к распределенному обучению нейронной сети с помощью алгоритма обратного распространения ошибки. *Информатика, управление и компьютерные науки*. Третья Всероссийская зимняя школа-семинар аспирантов и молодых ученых. Т.1. Уфа: Диалог, 2008. С. 180-187.
23. Виттих В.А., Смирнов С.В. Структура и принципы построения инженерных теорий управления сложными организационными системами. *Проблемы управления и моделирования в сложных системах*. Самара: РШУСС РАН, 1999. С. 33-38.
24. Васенин В.А. Информационная безопасность и компьютерный терроризм. *Научные и методологические проблемы информационной безопасности*. М.: МЦНМО, 2005. С.67-84.
25. Васенин В.А, Жижченко А. Б, Математические модели, алгоритмы и программное обеспечение информационных систем нового поколения. *Высокопроизводительные вычисления и технологии: Тезисы Всероссийской конференции*. Москва-Ижевск, Институт компьютерных исследований, 2003. С. 28-34.
26. Вишневский В.М, Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. М.: Техносфера, 2003. 512 с.
27. Вишневский В.М., Ляхов А.И., Даскалова Х.Р. Вероятностные методы исследования широкополосных беспроводных сетей. *Proc. Int. Workshop "Distributed Computer and Communication Networks"(DCCN-20Q5)*. Sofia, Bulgaria, April 23-29. pp, 2005. С. 9-18.
28. Величко В.В., Попков В.К., Соколова О.Д., Юргенсон А.Н. Об одной задаче устойчивости мобильных сетей передачи данных. *Материалы международной научной конференции по проблемам безопасности и противодействия терроризму*. Интеллектуальный центр МГУ. 2-3 ноября

2005г. М: МЦНМО. 2006. С.300-304.

29. Величко В.В., Юргенсон А.Н. Задача анализа структурной надежности мобильных сетей связи. *Труды ИВМиМГ серия Информатика*. 2005. С. 58-65.

30. Величко В В., Юргенсон А.Н. Модели структурной надежности в мобильных сетях передачи данных. ISSN 0013-57771 "Электросвязь" №3, 2006. С. 36-37.

31. Гольдштейн В.С. Сетевой мониторинг: проблемы и решения. М: "Вестник связи", 2002. №4. 236 с.

32. Вишняков А.С. Реализация метода группового учета аргументов на языке программирования высокого уровня с использованием теории автоматов. *Принятие решений в условиях неопределенности*. Уфа: УГАТУ, 2006. С. 123-130.

33. Воркут А.И., Афанасьев Л.Л., Дьяков А.Б. Пассажирские автомобильные перевозки. Москва: Транспорт, 1986. 220 с.

34. Вяткин В.Б. Синергетический подход к определению количества информации. *Информационные технологии*. 2009. №12. С. 68-73.

35. Гамма Э., Хелм Р., Джонсон Р., Влассидес Дж. Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования. СПб.: Питер, 2001. 368 с.

36. Гитис В. Г., Ермаков Б. В. Основы пространственно-временного прогнозирования в геоинформатике. М.: ФИЗМАТ ЛИТ, 2004. 256 с.

37. Головкин В.А. Нейронные сети: обучение, организации, применение. М.: ИПРЖР, 2001. Т 4. 256 с.

38. Григорьев Д.А. Инструментальные средства для нейросетевого моделирования и управления транспортными потоками на перекрестках: Авто- реф. дисс. канд. тех. наук. Уфа: Диалог, 2004. 16 с.

39. Даник Ю.Г., Писарчук О.О., Соколов К.О., Тимчук С.В. Багатокритерійна математична модель формування надмірної структури

системи моніторингу для ситуаційного управління її параметрами. *Проблеми телекомунікацій*. 2016. № 1. С. 110-123.

40. Дилигенский Н.В., Рапопорт Э.Я. Современные концепции построения и применения общей теории управления сложными системами. *Проблемы управления и моделирования в сложных системах*. Самара: ИПУСС РАН, 2001. С. 116-127.

41. Дмитриченко М.Ф., Яцківський Л.Ю., Ширяева С.В., Докуніхін В.З. Основы теорії транспортних процесів і систем: навч. посібн. для ВНЗ. Київ: Видавничий Дім «Слово», 2009. 336 с.

42. Дорогов А.Ю. Методы многоуровневого проектирования быстродействующих модульных нейронных сетей прямого распространения на основе иерархических категорных моделей. Дис. д-ра. техн. наук: 05.13.01. М.: РГБ, 2005. 403 с.

43. Дрю Д. Теория транспортных потоков и управление ими. М.: Транспорт, 1972. 424 с.

44. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение к принятию приближенных решений. М.: Мир, 1976. 165 с.

45. Захаров В.Н., Поспелов Д.А., Хазацкий В.Е. Системы управления. Задание. Реализация. М.: Энергия, 1977. 424 с.

46. Загоруйко Ю.А., Попов И.Г., Тарасевич В.В. Моделирование потоков в сложных системах с применением интеллектуальных технологий. *Проблемы управления и моделирования в сложных системах*. Самара: ИПУСС РАН, 1999. С. 39-45.

47. Золотовицкий А.В. Методы, средства и программный комплекс построения маршрутов в транспортных сетях. Дис. канд. тех. наук. – Самара, 2006. – 217 с.

48. Ивахненко Г.А. Алгоритм комплексирования аналогов для самоорганизации дважды многорядных нейронных сетей. *УСиМ*. 2003. № 2. С. 100— 106.

49. Ильясов Б.Г., Кусимов С.Т., Черняховская Л.Р. Автоматизация

управления сложными объектами в критических ситуациях с помощью интеллектуальной информационной системы. *Проблемы управления и моделирования в сложных системах*. Самара: ИПУСС РАН, 2000. С. 105.

50. Исламов Н.Д. Динамическое планирование маршрута движения автотранспорта с использованием генетических алгоритмов. *Информатика, управление и компьютерные науки*. Третья Всероссийская зимняя школа-семинар аспирантов и молодых ученых. Уфа: Диалог, 2008. Т.1. С. 320-326.

51. Камаев В.А., Шкурила Г.Л., Щербаков М.В. Реализация нечеткого вывода в нейросетевом базисе. *Нейроинформатика и ее приложения* : материалы X всероссийского семинара. Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2002. С. 60—61.

52. Крысин С.П., Сарычев Д.С., Скороваров А.В. Оценка безопасности движения с использованием информационной системы IndorInfo/Road. *Наука и техника в дорожной отрасли*. 2005. № 1. С. 29—30.

53. Кузахметова Э.К. Оценка состояния земляного полотна автомобильных дорог. *Наука и техника в дорожной отрасли*. 2006. № 4. С. 33—34.

54. Комарцова Л.Г., Максимов А.В. Нейрокомпьютеры: Учеб. пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. 400 с.

55. Кораблин М.А., Смирнов С.В., Карбаев Д.С. Регрессионно-когнитивные графы в задачах макроэкономического прогнозирования. *Вестник компьютерных и информационных технологий*. М.: Научно-техническое издательство «Машиностроение», 2007. №3. С. 28-31.

56. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р. Алгоритмы: построение и анализ. М.: МЦНМО, 2001. 960 с.

57. Корнеев В.В., Гареев А.Ф., Васютин С.В., Райх В.В. Базы данных. Интеллектуальная обработка информации. М.: Нолидж, 2000. 352 с.

58. Круглов В.В., Борисов В.В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. М.: Горячая линия. Телеком, 2001. 328 с.

59. 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.
60. 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.
61. Михеева Т.И. Синергетический подход к проектированию интеллектуальной транспортной системы. *Перспективные информационные технологии в научных исследованиях, проектировании и обучении (ПИТ-2006)*. Труды научно-техн. конф. с межд. участ. Самара, 2006. Т.2. С.162-163.
62. Михеева Т.И. Структурно-параметрический синтез интеллектуальных транспортных систем. Самара: Самар. науч. центр РАН, 2008. 380 с.
63. 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.
64. 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.
65. Нефедова Я.И., Мнацаканян М.С. Моделирование ситуационно-логистических систем транспортных потоков в условиях влияния факторов неопределенности. *V International Scientific Conference. II International Symposium of Young Researchers*. Katowice: Silesian University of Technology, 2013. С. 493-501.

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

67. Нефёдова Я.И., Лямзин А.А., Мнацаканян М.С., Український Е.А. Формирование рациональных маршрутов движения транспортных средств условиях индустриального центра. *Наукові вісті Дніпровського університету*, 2012. № 7. Режим доступа: http://www.nbuuv.gov.ua/e-journals/Nvdu/2012_7/12nyiuiic.pdf

68. Нильсон Дж. Применение DDD и шаблонов проектирования: проблемно- ориентированное проектирование приложений с примерами на С и .NET.: пер. с англ. М.: ООО «И.Д. Вильяме», 2008. 560 с.

69. Норенков И.П. Интеллектуальные технологии на базе онтологий. *Информационные технологии*. М.: Новые технологии, 2010. №1. С. 17-23.

70. Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах: Сборник докладов седьмой международной научно-практической конференции / СПб гос. архит.-строит. ун-т. СПб, 2006. 544 с.

71. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. М.: Финансы и статистика, 2004. 344 с.

72. Павлов С.В., Бабин О.М. Классификация данных из разнородных источников из Arc GIS. *Информатика, управление и компьютерные науки*. Третья Всероссийская зимняя школа-семинар аспирантов и молодых ученых. Уфа: Диалог, 2008. Т.1. С. 381-387.

73. Петряшина Ю.В., Михеева Т.И. Алгоритмы триангуляции плоских областей по нерегулярным сетям точек. *Перспективные информационные технологии в научных исследованиях, проектировании и обучении (ПИТ- 2006)*. Труды научно-техн. конф. с межд. участ. Самара, 2006. Т.2. С.48 - 54.

74. Полищук Ю.М., Перемилина Т.О. Геоинформационный подход к анализу многомерных данных о пространственно-распределенных

объектах. *Геоинформатика*. 2003. № 1. С. 18-21.

75. Поляковский С.Ю. Методика планирования оптимальной обучающей выборки для нейронной сети. *Принятие решений в условиях неопределенности*. Уфа: УГАТУ, 2006. С. 28-35.

76. Прокудін Г.С., Данчук В.Д., Цуканов О.І., Цимбал Н.М. Комп'ютерні технології статистичного аналізу на транспорті: навч. посібн для студ. спец. 8.05010101 – Інформаційні управляючі системи та технології. Київ: НТУ, 2013. – 280 с.

77. Прокудін О.Г., Чупайленко О.А., Дудник О.С., Прокудін О.Г., Омаров Д.М. Інформаційна технологія забезпечення функціонування транспортної логістики виробничого підприємства. *Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем: тези допов. міжнародної науково–практичної конференції*. Чернігів: ЧНТУ, 2016. С. 144–146.

78. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. 798 с.

79. Прохоров С.А. Прикладной анализ случайных процессов. Самара : СНЦ РАН, 2007. 582 с.

80. Рапопорт Э.Я. Структурное моделирование объектов и систем управления с распределенными параметрами: Учебное пособие. – М.: Высш. шк. – 2003. – 299 с.

81. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект: современный подход, 2-е изд.: пер. с англ. М. : Вильямс, 2006. 1408 с.

82. Рудаков И.А., Михеева Т.И., Чугунов И.А. Управление транспортными потоками. «Парковка». Самара: D.S. Style, 2006. 144 с.

83. Волошина В.Н. Опыт разработки и внедрения автоматизированной системы управления дорожной отраслью Приморского края. *Автомобильные дороги*. 2008. № 1. С. 99—102.

84. Волошина Н.В. Производством управляет система. *Автомобильные дороги*. 2009. – № 1. – С. 69—72.

85. Воронцова С.Д., Рыбаков В.А. Закон принят. Проблемы

остаются. Перспективные формы реализации проектов развития транспортной инфраструктуры с использованием механизмов ГУП. *Автомобильные дороги*. 2009. № 4. С. 26—27.

86. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. М.: Горячая линия. Телеком, 2004. 452 с.

87. Семенов В.А., Морозов С.В., Порох С.А. Стратегии объектно-реляционного отображения: систематизация и анализ на основе паттернов. *Труды института системного программирования РАН*. 2004. С.34-37.

88. Сарычев Д.С, Субботин С.А., Крысин СП. Концепция построения информационной системы автомобильных дорог. *Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета*. Томск: Издво ТГАСУ, 2006. № 1. С. 131—144.

89. Сергеев В.В., Чернов А.В., Хасаев Г.Р, Мильченко В.И., Селиверстов Ю.М. Принципы построения системного территориального кадастра. *Информационный бюллетень ГИС-ассоциации*. 2004. № 3(45). С 56-57.

90. Соченко П.С., Аль-Аммори О.М., Аль-Аммори Али Способы повышения достоверности информации в системах управления. Киев, 1998. 30 с.

91. Смирнов С.В. Онтологический анализ в системах компьютерного моделирования. *Проблемы управления и моделирования в сложных системах*: труды V международной конф. Самара: СНЦ РАН, 2003. С. 102—107.

92. Смит Дж. Основы Windows Communication Foundation. М.: Издательство «Русская Редакция»; СПб.: «БХВ-Петербург», 2008. – 384 с.

93. Титов Б.А., Козаренко Е.А. Экономические риски в транспортной логистической системе. *Вестник Самарской государственной академии путей сообщения*. Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2007. №7. С. 52-55.

94. Топольськов Е.О. Удосконалення методів і алгоритмів інформаційного забезпечення диспетчерських центрів управління наземним транспортом: дис. канд. техн. наук. Національний транспортний ун-т. К., 2007. 214 с.
95. Фаулер М. Архитектура корпоративных программных приложений. - М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. 544 с.
96. Хренов А.В., Михеева Т.И. Обработка геоданных в интеллектуальной транспортной системе. *Математика и ее приложения: Труды II междун. научной конф. «Математика. Образование. Культура»*. Тольятти: ТГУ, 2005. С. 102-106.
97. Царегородцев В.Г., Погребная Н.А. Нейросетевые методы обработки информации в задачах прогноза климатических характеристик и лесорастительных свойств ландшафтных зон. *Методы нейроинформатики*. Красноярск: КГТУ, 1998. С. 65-110.
98. Цветков В.Я. Геоинформационные системы и технологии. М.: Финансы и статистика, 1998. 228 с.
99. Шамгунов Н.Н., Корнеев Г.А. Шалыто А.А. Паттерн State Machine для объектно-ориентированного проектирования автоматов. *Информационно-управляющие системы*. 2004. № 5. 220 с.
100. Эванс Э. Предметно-ориентированное проектирование (DDD): Структуризация сложных программных систем. М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2011. 448 с.
101. Alexander C., Ishikawa S., Silverstein M. A Pattern Language. NY: Oxford University Press. 1977. 1171 p.
102. Angeline P.J., Saunders G.M., Pollack J.B. An evolutionary algorithm that constructs recurrent neural networks IEEE Trans. *Neural Networks*. 1994. vol. 5. P. 54-65
103. ARC/INFO User's Guide: Network Analyst. Environmental Systems Research Institute. Inc.: NY, 1992. 317 p.
104. Arc View User's Guide. Environmental Systems Research Institute.

Inc.: NY, 1992. 92 p.

105. Buschmann F., Meunier R., Rohnert H., Sornmerlad P., Stal M. Pattern- Oriented Software Architecture. *Vol. 1: A System of Patterns*. IN: Wiley Publishing, Inc, 1996. 467 p.

106. Cheng M.-Y., Ko C.-H. A genetic-fuzzy-neuro model encodes FNNs using SWRM and BRM. *Engineering Applications of Artificial Intelligence №19*. 2006. P. 891-903.

107. Cybenko G. Approximation by superpositions of a sigmoidal function. *Mathematics of control, signal and systems*. 1999. V. 2. P. 304-314.

108. Daniel T., Lepers B. Automatic incident detection: a key tool for Intelligent traffic management. *Traffic technology international. Annual Review*. 1996. P. 158-162.

109. Delavar M. R., Samadzadegan F., Pahlavani P. A GIS-assisted optimal urban route finding approach based on genetic algorithms. 1996. P. 143-147.

110. Dougherty M. A review of neural networks applied to transport. *Transp. Res*. 1995. V. 3, №4. P. 247-260.

111. Fowler M. Analysis Patterns: Reusable Object Models. Addison-Wesley. 1997. 361 p.

112. Grenander U. General Pattern Theory. Oxford University Press. 1993. 904 p.

113. Grenander U. Pattern Theory: From Representation to Inference. Oxford University Press. USA, 2007. 608 p.

114. Hecht-Nielsen R. Neurocomputing. Mass.: Addison Wesley, 1992. 203 p.

115. Hopfield J. J., Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities. *Proceedings of National Academy of Sciences*. 1982. vol. 79, №8. P. 2554-2558.

116. Humble J., Farley D. Continuous Delivery: reliable software releases through build, test and deployment automation. Addison-Wesley. 2011. 597 p.

117. Ilornik K., Stinchcomb M., White H, Multilayer feedforward networks are universal approximate. *Neural Networks*. 1989. V. 2. №5. P. 359-366.
118. Ivakhnenko G.A. An Analogues Complexing Algorithm for Self-Organization of Double-Multilayer Neural Networks. *USiM*, 2003. №2. P. 100-106.
119. Ivakhnenko A.G., Ivakhnenko G.A., Mueller J.-A. Self-Organization of Neural Networks with Active Neurons. *Pattern Recognition and Image Analysis*. 1994. №4. P. 185-196.
120. Frank A. U., Raubal M., Vlught M. A guide to GI and GIS / Panel-GI Compendium. *European Communities*. 2000. P. 141.
121. Hebb D.O. The Organization of Behavior. N.Y: Wiley, 1949. 141 p.
122. Kanoh H., Kozuka H. Evaluation of GA-based dynamic route guidance for car navigation using cellular automata. 2001. P. 245-251.
123. Pelletier R. Metodi per L'assegnazione degli appalti dl viabilitta invernale nella pro vine ia Quebec. *Neve International*. 2000. № 4. P. 40—45.
124. Pereira A. Approche d'un systeme de gestion de l'entretien du reseau routier du Portugal. *Bulletin de liaison des Laboratoires des Fonts et Chaussees*. 2004. №193. P. 3—11.
125. Peyronne C. Recueil des donnees et indicateurs d'intervention. Seuils d' intervention : choix des criteres et des niveaux. *Revue Generale des Routes et Aerodromes*. 1999. № 630. P. 94—104.
126. Phang W.A. Implementation of a pavement evaluation and management system in a provincial highway administration. *Strasse und Verkehr*. 2003. № 11. P. 707—716.
127. Pitloun R., Homann G. Rechnergestiitzte Planung (CAP) im StraBenwesen. Teil 3: Anwendung der Instandesetzungsplanung im Bezirk Halle. *Strasse*, 1989. № 10. P. 300—306.
128. Poister T.H. Highway program performance monitoring at Penn DOT: an overview (abridgment). *Transportation Research Record*. 2002. № 867. P. 22—25.

129. Prasad K. General maintance of roads. *Indian Highways*. 2002. № 6. P.29—32.
130. Queiroz C, Gautam S. Road infrastructure and economic development: some diagnostic indicators. Washington, D.C: Infrastructure and Urban Development Department, World Bank, 1992. 35 p.
131. Kondo T., Pandya A.S. GMDH-type Neural Networks with a Feedback Loop and their Application to the Identification of Large-spatial Air Pollution Patterns. Proc. of the 39th SICE Annual Conf. Intern. Sess. Papers, 112A-4. 2000. P. 1-6.
132. Liu M. WCF 4.0 Multi-tier Services Development with LINQ to Entities: Build SOA applications on the Microsoft platform with this hands-on guide updated for VS2010. UK: Packt Publishing, 2010. 330 p.
133. Lowy L. Programming WCF Services, Third Edition. CA: O'Reilly Media, Inc., 2010. 875 p.
134. Madala H.R., Ivakhnenko A.G. Inductive learning algorithms for complex systems modeling. CRC Press, Boca Raton, 2004. 365 p.
135. MapInfo User's Guide. MapInfo Corp. 1995. 252 p.
136. 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.
137. Meszaros G. Unit test patterns: refactoring test code. Addison-Wesley. 2009. 883 p.
138. Mueller J.-A., Lemke F. Self-Organizing Data Mining. An Intelligent Approach To Extract Knowledge From Data . Berlin, Dresden. 1999. 225 p.
139. Narendra K.S., Parthasarathy K. Identification and control of dynamical systems using neural networks. *IEEE Trans. Neural Networks*. 2000. V.1. P. 4 – 27.
140. Nemati N.R., Barko C.D. Organizational Data Mining: Leveraging

Enterprise Data Resources for Optimal Performance. Idea Group Publishing. 2004. 371 p.

141. Cremer M., Papageorgiou M. Parameter identification for a traffic flow model. *Automatic*. 1998. V. 17, №6. P. 837-843.

142. Park J., Sandberg LW. Universal approximation using radial basis function networks. *Neural Computation*. 1991. V. 35 N. 2. P. 246-257.

143. Rosenblatt, Frank. The Perceptron: A Probabilistic Model for Information Storage and Organization in the Brain. *Cornell Aeronautical Laboratory*. Offprint: Psychological Review. V 65. №6. P. 386-390.

144. Schatz P. COMPANION for the road. *Traffic technology international. Annual Review*. 2008. P. 103-106.

145. Short-term responsive maintenance systems. National Cooperative Highway Research Program. Synthesis of highway practice. Washington, DC.: Transportation Research Board, 1991. № 173. 44 p.

146. Simm P. Adopting RMMS (Routine Maintenance Management System) — a county view. *Highways and Trnasponation*. 1990. № 2. P. 17—22.

147. Smeaton W.K., Sengupta S.S., Haas R. Interactive pavement behavior modeling: a clue to the distress-performance-problem. *Transportation Research Record*. 2000. № 766. P. 17—25.

148. Smithson L. Preserving and maintaining the highway system: New tools and strategies. *TR News*. 1997. № 188. P. 20—26.

149. Spratt J.E. Pavement sufficiency study helps set priorities. *Public Works*. 2001. № 12. P. 42-48.

150. Srsen M. Das HDM-III-Modell und seine Bedeutung fur das Management der StraBenerhaltung. *Artikel aus der Zeitschrift: Asphaltstrasse*. 1993. № 3. P. 14—18.

151. Standard Test Method for Airfield Pavement Condition Index Surveys. Annual Book of ASTM Standards. Philadelphia, PA: American Society for Testing and Materials. 2001. 540 p.

152. StraBenerhaltung und Regierungserklärung. *Asphalt (BRD)*. 2001.

№ 1. P. 22.

153. McCarthy T. NET Domain-Driven Design with C#: Problem – Design. Solution. IN: Wiley Publishing, Inc, 2008. 408 p.

154. Wheatstone S., Gargett D., Ada N., Noon M. Roadsim: An Economic Simulation Model of the Australian Road System. *Proceedings 14th ARRB Conference*. Melbourne, Canberra: Australian Road Research Board, 2009. P. 46—236.

155. Widder M. Zustandsabhängige Instandhaltung im Straßenwesen. *Strassenwesen*. 1989. № 9. P. 260—262.

156. Xin Yao Evolving Artificial Neural Networks. *Proceedings of the IEEE*. 1999. vol. 87, № 9. P. 1423-1447.

157. . Yusupova N.I., Bajin D.N., Grigoriev D.A., Shaimardanova S.I. UML Diagrams for Traffic Flow Control at Crossroads of Arbitrary Configuration. *Proceeding of the Workshop on Computer Science and Technologies (CSIT'2003)*. Information Scientific Issue, UFA, Russia, 2003. P. 205-208.

ДОДАТОК А
АКТИ ВПРОВАДЖЕННЯ
РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ



УКРАЇНА
Донецька область
МАРІУПОЛЬСЬКА МІСЬКА РАДА
ДЕПАРТАМЕНТ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
 пр. Миру, 70 м. Маріуполь, 87500 Веб-сайт: www.mariupolrada.gov.ua

АКТ

Про впровадження результатів дисертаційної роботи
 Мнацаканян Марії Сергіївни
 на тему «Моделювання міських інтелектуальних транспортних систем в умовах впливу
 гетерогенних факторів нестаціонарного середовища»

Цим актом підтверджую, що результати дисертаційної роботи Мнацаканян М.С. – були впроваджені при організації роботи департаменту інформаційних технологій Маріупольської міської ради. На основі її роботи реалізована модель ефективного керування міськими інтелектуальними транспортними системами (м. Маріуполь) згідно технології гарантованого адаптивного управління, яка спрямована на контроль за процесом регулювання транспортними потоками міста в умовах екологічно нестабільного стану системи. Використання розробленої методики дозволило підвищити ефективність взаємодії промислового транспорту та міських систем у всіх районах м. Маріуполь за рахунок удосконалення засобів синхронізації актів дії у межах кожного конкретної частини міської інтелектуальної транспортної системи у наслідок автоматизованого оперативного диспетчерського керування рухом вільними транспортними засобами та їх потоків.

Впровадження і використання результатів науково-дослідницької роботи дозволяють зробити висновки, що запропоноване методичне забезпечення при нестаціонарному впливі зовнішнього навколишнього оточуючого середовища гарантує інформаційну технологію для ефективного оцінювання інтегрального показника якості функціонування міської інтелектуальної транспортної системи протягом 24 годин кожної поточної доби, а також суттєве зменшення кількості заторних ситуацій у часи «пік» на основних перехрестях міста та значне покращення екологічного стану довкілля на ділянках з великою інтенсивністю руху промислового транспорту.

Даний акт не є основою для виплати грошової винагороди.

Директор департаменту



Д.Г. Истомин



УКРАЇНА
Донецька область
МАРІУПОЛЬСЬКА МІСЬКА РАДА
УПРАВЛІННЯ З ПИТАНЬ ЕКОЛОГІЇ, ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ
ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ

вул. Пушкіна, 96, м. Маріуполь, 87555
E-mail: eco.dep@mariupolrada.gov.ua Веб-сайт: mariupolrada.gov.ua

№ 153/2
На № 52-3 від 20.04.2018

АКТ

Про впровадження результатів дисертаційної роботи
Мнацаканян Марії Сергіївни
на тему «Моделювання міських інтелектуальних транспортних систем в умовах
впливу гетерогенних факторів нестационарного середовища»

Акт складе по результатам впровадження складових наукового доробку Мнацаканян М.С. - кандидатської дисертації на тему «Моделювання міських інтелектуальних транспортних систем в умовах впливу гетерогенних факторів нестационарного середовища» за спеціальністю 05.13.06 – «Інформаційні технології».

Розроблено практичні рекомендації щодо методів забезпечення функціонування кожного об'єкта міської динамічної системи, які одночасно відчують впливи різноманітних гетерогенних факторів зовнішнього середовища, та ієрархічної організації оперативного диспетчерського керування рівнем екологічного стану міської інтелектуальної транспортної системи завдяки врахуванню інтеграційних процесів комплексного оцінювання, координації та самоорганізації.

Впровадження здійснено по наступним напрямкам:

1) визначена архітектура інформаційної технології моделювання процесів функціонування міської інтелектуальної транспортної системи для управління екологічним станом за критеріями безпеки життя у просторі промислового центру;

2) розроблено метод упередженого імітаційного моделювання прогнозних режимів функціонування складної динамічної системи у вигляді ієрархії законів управління актами дії у просторово-часовому континіумі на протязі 24 годин інтервалу кожної доби з урахуванням багатьох гетерогенних факторів впливу нестационарного навколишнього середовища;

3) розроблено засоби обробки інформації та ефективного оцінювання інтегрального показника якості для гарантованого адаптивного управління поточним станом екологічної безпеки міста.

Використання розроблених методів та практичних рекомендацій дозволило зменшити час простою транспортних засобів дозволило підвищити ефективність взаємодії всіх учасників транспортно-дорожного комплексу м.Маріуполь, зменшити час простою транспортних засобів в міських мережах, і підвищити їх енергоефективність на 3% від існуючих нормативів, зменшити викид парникових газів на 5% від існуючих показників.

Даний акт не є основою для виплати грошової винагороди.

В.о. начальника управління



С.В. Казаку



УКРАЇНА

Донецька область

КОМУНАЛЬНЕ ПІДПРИЄМСТВО «КОМУНАЛЬНИК»

вул. Набережна, 18, м. Маріуполь, 87505. Тел.: (0629)41-11-37. Факс: (0629)40-11-43,
р/р 26005962489189 у відділенні ПАТ „ПУМБ” МФО 334851
код ЄДРПОУ 32164402 kommunalnik16@ukr.net

АКТ

Про впровадження результатів дисертаційної роботи

Мнацаканян Марії Сергіївни

на тему «Моделювання міських інтелектуальних транспортних систем в умовах впливу
гетерогенних факторів нестационарного середовища»
в практичну діяльність комунального підприємства «КОМУНАЛЬНИК»

Асистент Мнацаканян М.С. в 2017-2018 рр. плідно співпрацювала з нашим підприємством. Серед численних результатів слід відзначити перш за все, впровадження за її безпосередньою участю інформаційної технології гарантованого адаптивного управління міськими інтелектуальними транспортними системами. В процесі впровадження було використано складові наукового доробку Мнацаканян М.С., що був напрацьований в процесі виконання кандидатської дисертації на тему «Моделювання міських інтелектуальних транспортних систем в умовах впливу гетерогенних факторів нестационарного середовища» за спеціальністю 05.13.06 – «Інформаційні технології». Ознайомившись з матеріалами наукових досліджень Мнацаканян М.С. і виявивши в процесі їх аналізу значну практичну цінність, керівництво підприємства використало одержані нею наступні результати:

- впроваджено засоби імітаційного моделювання процесів оперативного управління вільними транспортними засобами та їх потоками на шляхах й ділянках єдиного транспортно - дорожнього комплексу та вулично - дорожньої мережі промислових центрів міста за інтегральним критерієм безпеки;
- впроваджено технологію гарантованого адаптивного управління на множині полієргатичних виробничих організацій, які в ринкових глобальних умовах вже зараз застосовують у власній діяльності: засоби ІТ; телекомунікаційне термінальне обладнання; Internet та GPS для врахування поточних впливових факторів навколишнього середовища;
- впроваджено удосконалений метод забезпечення функціонування кожного об'єкта складної динамічної системи, які одночасно відчують впливи різноманітних гетерогенних факторів зовнішнього середовища, та ієрархічної організації оперативного диспетчерського керування рівнем екологічного стану міської інтелектуальної транспортної системи завдяки врахуванню інтеграційних процесів комплексного оцінювання, координації та самоорганізації.

Позитивні підсумки впровадження результатів наукової діяльності Мнацаканян М.С. свідчать, про практичну цінність її наукового доробку.

Директор
КП «Комунальник»



В.В. Антоненко

ЗАТВЕРДЖЕНО

Проректор з наукової роботи
Національного транспортного
університету
Дмитрієв М.М.«12» _____ 2018 р.

АКТ

впровадження результатів дисертаційної роботи
Мнацаканян Марії Сергіївни
за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні системи
в навчальний процес НТУ
у 2017-2019 р.р.

Ми, що підписалися нижче, завідувач кафедри інформаційних систем і технології професор Гавриленко В.В., професор кафедри інформаційних систем і технології Безверхий О.І., професор кафедри інформаційних систем і технології Федін С.С. склали цей акт про те, що результати дисертаційної роботи Мнацаканян Марії Сергіївни «Моделювання інтелектуальних транспортних систем в умовах впливу гетерогенних факторів нестаціонарного середовища» впроваджені в навчальний процес кафедри інформаційних систем і технологій Національного транспортного університету згідно нижченаведеної форми викладання дисциплін «Ергатичні системи в транспортній галузі» та «Інтегровані засоби інтелектуальних транспортних систем» для підвищення якості підготовки студентів другого рівня вищої освіти – ступінь магістра, спеціальності 122 «Комп'ютерні науки». Галузь знань 12 «Інформаційні технології». Фахове спрямування: «Системи штучного інтелекту».

№	Що впроваджено	Форма впровадження
1.	Ергатичні системи в транспортній галузі	Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Ергатичні системи в транспортній галузі» студентами денної форми навчання другий рівень вищої освіти: ступінь – магістра. Галузь знань 12 «Інформаційні технології». Спеціальності 122 «Комп'ютерні науки». Фахове спрямування: «Системи штучного інтелекту»

2	Інтегровані засоби інтелектуальних транспортних систем	Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Інтегровані засоби інтелектуальних транспортних систем» студентами денної форми навчання другий рівень вищої освіти: ступінь – магістра. Галузь знань 12 «Інформаційні технології». Спеціальності 122 «Комп'ютерні науки». Фахове спрямування: «Системи штучного інтелекту»
---	--	--

Завідувач кафедри
інформаційних систем і технології
д.ф.-м.н., професор



В.В. Гавриленко

Професор кафедри
інформаційних систем і технології
д.т.н., професор



О.І. Безверхий

Професор кафедри
інформаційних систем і технології
д.т.н., професор



С.С. Федін

ЗАТВЕРДЖЕНО
Перший проректор
ДВНЗ «Приазовський державний
технічний університет»
Свченко В.М.
«1» листопада 2018 р.



АКТ

впровадження результатів дисертаційної роботи
Мнацаканян Марії Сергіївни
за спеціальністю 05.13.06 – інформаційні системи
в навчальний процес ДВНЗ «ПДТУ»
у 2017-2019 р.р.

Ми, що підписалися нижче, завідувач кафедри технології міжнародних перевезень і логістики доцент Лямзін А.О., доцент кафедри технології міжнародних перевезень і логістики Помазков М.В., доцент кафедри технології міжнародних перевезень і логістики Кіркін О.П. склали цей акт про те, що результати дисертаційної роботи Мнацаканян Марії Сергіївни «Моделювання інтелектуальних транспортних систем в умовах впливу гетерогенних факторів нестаціонарного середовища» впроваджені в навчальний процес кафедри технології міжнародних перевезень і логістики ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет» згідно нижченаведеної форми викладання дисциплін «Інтелектуалізація транспортних технологій» та «Оптимізаційні процеси в транспортному середовищі» для підвищення якості підготовки студентів другого рівня вищої освіти – ступінь магістра, спеціальності 275 «Транспортні технології(за видами)».

№	Що впроваджено	Форма впровадження
1	Інтелектуалізація транспортних технологій	Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Інтелектуалізація транспортних технологій» студентами денної форми навчання другий рівень вищої освіти: ступінь – магістра. спеціальності 275 «Транспортні технології(за видами)». Галузь знань 27 «Транспорт». Фахове спрямування: «Інтелектуальні транспортні системи».

2	Оптимізаційні процеси в транспортному середовищі	Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Оптимізаційні процеси в транспортному середовищі» студентами денної форми навчання другий рівень вищої освіти: ступінь – магістра. спеціальності 275 «Транспортні технології(за видами)». Галузь знань 27 «Транспорт». Фахове спрямування: «Інтелектуальні транспортні системи».
---	--	---

завідувач кафедри
технології міжнародних
перевезень і логістики
к.т.н., доцент



А.О.Лямзін

доцент кафедри
технології міжнародних п
еревезень і логістики
к.т.н., доцент



М.В. Помазков

доцент кафедри
технології міжнародних
перевезень і логістики
к.т.н., доцент



О.П. Кіркін

ДОДАТОК Б

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ ТА ВІДОМОСТІ ПРО АПРОБАЦІЮ РЕЗУЛЬТАТІВ 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 взаємовідношеннях з оточуючим середовищем // Матеріали ІІ 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.