



УДК 004.896:656.11

© Г. Л. Баранов, докт. техн. наук, професор (НТУ);

© М. С. Мнацаканян, асистент (ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет»);

© Т. Г. Данилова, канд. техн. наук., зав. відділу перевезень небезпечних вантажів

(ДП «ДержавтотрансНДІпроект»);

DOI: 10.33868/0365-8392-2019-1-257-12-19

ФОРМУВАННЯ КОНЦЕПЦІЇ ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ МІСЬКОЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ

© Baranov Georgyi, Doctor of Technical Sciences (PhD), professor National Transport University © Mnatsakanian Mariya, assistant, Pryazovskyi State Technical University, © Danylova Tetyana, PhD, Head of Department the State Enterprise «State Road Transport Research Institute»

FORMING THE CONCEPT OF INFORMATION TECHNOLOGY MANAGEMENT OF THE CITIZENS' INTELLECTUAL TRANSPORTATION SYSTEM

Анотація. Присвячено процесу моделювання складних динамічних систем міських інтелектуальних транспортних систем (МІТС) за допомогою інформаційних технологій. Запропоновані засоби принципово нових інтегрованих підсистем МІТС одночасно охоплюють масиви різномірних даних і використовують сучасні нейромережеві технології для забезпечення інформаційної підтримки процесу управління транспортними системами. Безпека екологічного стану в наслідок впливу міських транспортних потоків в умовах промислових центрів була формалізована для інформаційних технологій. Описи виконано як математичні моделі складних часток об'єктів міської інтелектуальної транспортної мережі із застосуванням різномірних фрагментів. Для розв'язання складних завдань зниження екологічного навантаження міста проаналізовані стратегії та методи ситуативного управління. Зроблено онтологічний опис в базисних модельних формах, які орієнтовані на гарантування безпеки та екології при міських застосуваннях для подолання забруднень.

Ключові слова: інформаційна технологія, транспортна система, ситуаційне управління, ризики, моделі ситуації.

Анотація. Посвящено процессу моделирования сложных динамических систем – городских интеллектуальных транспортных систем (ГИТС) с помощью информационных технологий. Предложенные средства интегрированных подсистем ГИТС одновременно охватывают массивы разнородных данных и используют современные нейросетевые технологии для обеспечения информационной поддержки процесса управления транспортными потоками. Безопасность экологического состояния вследствие влияния городских транспортных потоков в условиях промышленных центров была формализована для информационных технологий. Описание выполнено в форме математических моделей сложных частей объектов городской интеллектуальной транспортной сети с применением разнородных фрагментов. Для решения сложных задач снижения экологической нагрузки города проанализированы стратегии и методы ситуативного управления. Сделано онтологическое описание в базисных модельных формах, которое ориентировано на обеспечение безопасности и экологии при городском регулировании для преодоления загрязнений.

Ключевые слова: информационная технология, транспортная система, ситуационное управление, риски, модели ситуации.

Abstract. This article is devoted to the process of modeling dynamic systems of city intelligent transport systems (CITS) with the help of information technologies. The proposed means of fundamentally new integrated subsystems CITS, simultaneously covers arrays of heterogeneous data and use modern neural network technologies to provide information support for the management of transport systems. The safety of the ecological state as a result of the influence of urban traffic in the conditions of industrial centers was formalized for information technologies. Descriptions are executed as mathematical models of complex particles of objects of the city intellectual transport network with the use of heterogeneous fragments. Strategies and methods of systematic management are analyzed for solving complex problems of reducing



the ecological load of the city. Ontological descriptions in basic model forms that are focused on ensuring the safety and ecology of urban applications to overcome contamination, risks and threats.

This direction involves the creation of systems for automated management of transport infrastructure, which at the moment requires the solution of a range of scientific and technical tasks. The built-in neural network models of dependence will effectively solve planning problems with controlling influences on the infrastructure of urban intelligent transport systems, which will improve the characteristics of the traffic flow and reduce the environmental burden on the environment. The analysis of transport infrastructure and the activities of organizations that have a direct influence on it, has allowed us to propose a scheme for the use of heterogeneous information in the information support of the management of environmental safety and the throughput of the street-road network of urban intelligent transport systems.

Keywords: information technology, transport system, situational management, risks, models of the situation.

Вступ

Враховуючи виняткову важливість транспорту в питаннях екологічної безпеки та забезпечення населення можливістю вільного пересування, актуальним є реалізація ефективного управління міських інтелектуальних транспортних систем (далі – МІТС). Застосовуючи засоби ІТ до теми оперативного диспетчерського керування об'єктами МІТС відоме протиріччя, з одного боку, треба максимально підвищити пропускну здатність, з другого – звести до мінімуму антропогенне навантаження на біосферу.

Як зазначають сучасні вчені, на сьогодні важливою складовою управління міськими транспортними системами є інформаційне забезпечення [1, 3]. S. Leleur приділяє важливе значення інтелектуальному управлінню безпосередньо складними динамічними системи багаторівневої ієрархічної структури [2]. Методи інформаційного забезпечення планування транспортними потоками широко представлені у роботах багатьох зарубіжних та українських вчених [4, 6]. Та сьогоднішні інформаційні технології забезпечують лише підтримку кількісних характеристик потоків, не приділяючи уваги якісним показникам. Отже, сучасні темпи життя складних динамічних систем, таких як промислові центри, потребують розробки єдиного підходу до підвищення ефективності МІТС з одночасним покращанням інтегрованих показників безпеки життєдіяльності.

На думку авторів, у ситуації, що склалася, актуальне завдання – моделювання МІТС згідно з технологією гарантованого адаптивного управління, базуючись на онтології транспортного середовища.

Основна частина

Аналіз транспортної інфраструктури та діяльності організацій, що здійснюють на неї безпосередній

вплив, дав змогу запропонувати схему використання різнотипної інформації на основі гарантованого адаптивного управління забезпеченням екологічної безпеки та пропускну здатності (рис. 1).

На наведеному рисунку показані завдання інформаційного забезпечення технології гарантованого адаптивного управління транспортною інфраструктурою у взаємозв'язку з організаціями, які їх вирішують, а також характер інформації, необхідної для успішного вирішення зазначених завдань. Необхідно зазначити важливість спільного розгляду різнотипної інформації про об'єкти транспортної інфраструктури для ефективної інформаційної підтримки технології.

На вхід системи подається інформація про стан об'єктів транспортної інфраструктури промислового центру, яка використовується особою (далі – ОПР), що приймає рішення, для надання керівних впливів на транспортну інфраструктуру. Оскільки транспортна інфраструктура є складною динамічною системою, інформації, що подається, недостатньо для управління нею. Тому застосовуються методи інформаційної підтримки технології гарантованого адаптивного управління, які уточнюють, модифікують і доповнюють існуючу інформацію новими знаннями.

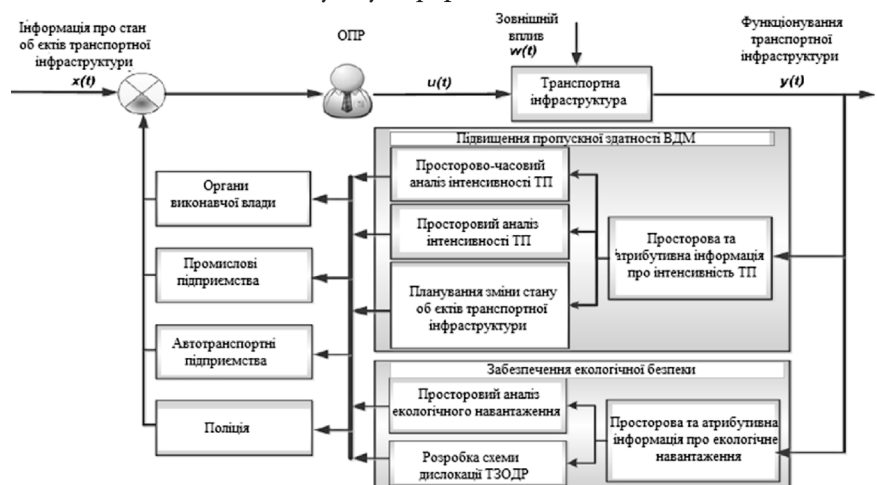


Рис. 1. Схема використання інформації



Для управління забезпеченням мінімізації екологічного навантаження необхідна різнотипна інформація про інциденти на вулично-дорожній мережі (далі – ВДМ) промислових центрів. Інформаційна підтримка дає змогу проводити просторовий аналіз гетерогенного впливу та забезпечувати рекомендаціями з розробки схем дислокації технічних засобів дорожнього руху та маршрутів промислових транспортних засобів. Це своєю чергою дає змогу отримати нові знання про транспортну інфраструктуру, які використовуються організаціями для розробки заходів щодо зниження рівня екологічного навантаження.

Управління пропускнуою здатністю вимагає інформацію про інтенсивність на ВДМ і ТДК промислових центрів. У такому разі інформаційна підтримка полягає в просторовому та просторово-часовому аналізах інтенсивності та концентрації CO₂ в повітрі та у плануванні зміни стану об'єктів транспортної інфраструктури. Отримані нові знання використовуються для розробки засобів із досягнення максимальної пропускнуої здатності на проблемних ділянках ВДМ. Отримуючи нові інформацію та знання про стан транспортної інфраструктури, дії особи, що приймає рішення, стають більш ефективними.

Концептуальне моделювання транспортної інфраструктури пов'язане з розглядом і структуруванням наявних даних. Ця фаза зорієнтована на визначення контексту системи та виявлення семантики інформації [6]. Результатом моделювання є концептуальна схема, абстрактний погляд на сферу дослідження. Фаза концептуального моделювання є фундаментальною фазою розробки міських інтелектуальних транспортних систем (рис. 2).

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

Подібний розгляд дає змогу отримати максимального змістовний конкретний результат аналізу. У зв'язку з цим, особливого значення набуває один із різновидів концептуальних моделей – онтологія предметної області – опис сутностей і процесів формальною мовою.

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

\bar{E} – множина сутностей предметної області;

\bar{A} – множина атрибутів сутностей;

\bar{R} – множина відносин між сутностями.

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

Описана онтологія використана в подальшому як відправна точка розробки математичної та нейромережевої моделей транспортної інфраструктури.

Рішення аналітичних завдань транспортної інфраструктури промислового центру вимагає подання географічного простору досліджуваної предметної області у вигляді структурованої цифрової моделі. За основу під час побудови математичної моделі було взято онтологію предметної області, що дає змогу виділити основні сутності та зв'язки між ними.

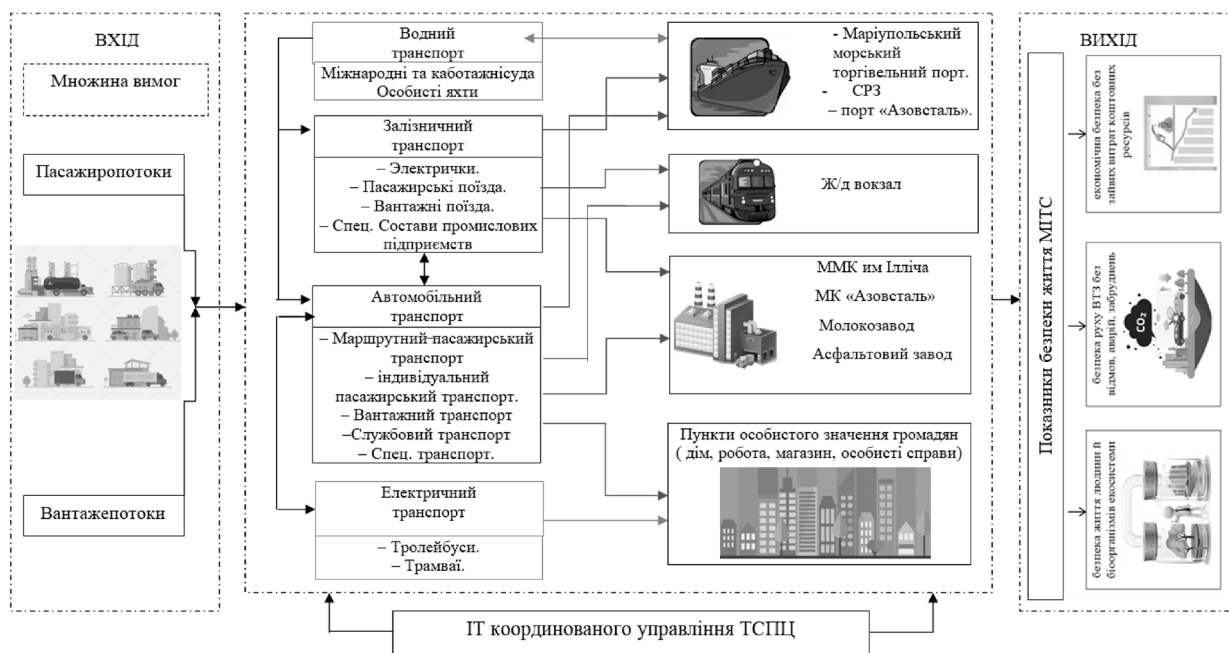


Рис. 2. Модель міської інтелектуальної транспортної системи на прикладі міста Маріуполя



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

- Θ – ВДМ промислового центру;
- \tilde{S} – макромодель транспортного потоку;
- \tilde{O} – дорожні об'єкти.

ВДМ Θ – це сукупність 3-х множин $\{\Theta^x, V, E\}$ ділянок, вузлів і дуг відповідно [5] (рис. 3).

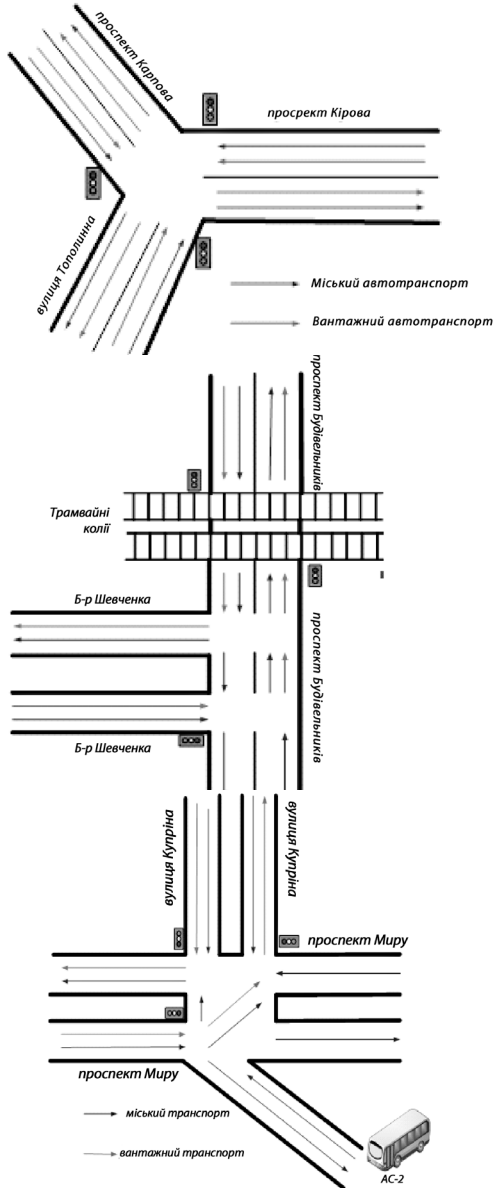


Рис. 3. Графічне зображення ділянок ВДМ

Елементи кожної множини мають певний набір параметрів. Причому Θ , може представляти як всю ВДМ промислового центру, так і окремі його частини, аж до кордонів однієї муніципальної ділянки Θ^x . Поділ ділянки на більш дрібні проводиться за параметрами інших складових моделі та визначено умовою заданого завдання. Вид перехрестя обумовлено тільки його конфігурацією: кількістю дуг і вузлів, кількістю ділянок,

що приєднуються, при цьому концептуальна модель ВДМ промислового центру залишається незмінною.

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

Ділянка $\Theta_i^x \in \Theta^x$ – полігональна ділянка ВДМ, яка наведена набором координатних пар, що описуються єдиним набором фізичних параметрів. Для автомобільних транспортних задач досить розглянути ділянки в двовимірному евклідовому просторі.

Отже, геометрична складова математичної моделі ділянки:

$$G^\theta (\xi_{i,1}^x, \xi_{i,2}^x \dots \xi_{i,N}^x), \quad (1)$$

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 вершин полігону;

M^θ – кількість ділянок ВДМ;

N_i^θ – кількість вершин полігону i -ої ділянки.

На доданок до геометричних параметрів ділянка θ^x володіє таким набором іманентностей:

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

Виходячи з цього, математична модель полігональної ділянки має вигляд:

$$\theta_j^x (G^{\theta_j^x}, T^{\theta_j^x}, L^{\theta_j^x}, \alpha^{\theta_j^x}, \beta^{\theta_j^x}, K^{\theta_j^x}, C^{\theta_j^x}) \quad (2)$$

Вузол $v_k \in V$ є вершиною орієнтованого графа, що каналізує транспортні потоки.

Для ВДМ вузол – місце розділення потоків транспортних засобів, завжди (окрім крайніх випадків – глухих кутів ВДМ) лежить на стику двох ділянок і показує можливість руху з однієї ділянки на другу в напрямку, який визначається відповідною дугою. Двом сусіднім ділянкам поставлені у відповідність один або два вузли. Більш того, вузол має характеристику, яка показує взаємне розташування ділянок. Виходячи з цього, вузол має таку іманентність:

- належність до ділянок, між якими розташований вузол $\{\Theta_i^x \in \Theta_j^x\}$,

$$\text{де } \Theta_i^x, \Theta_j^x \in \Theta^x, \Theta_j^x \neq \emptyset, \Theta_i^x \neq \Theta_j^x, i, j = \overline{1, M^\theta} \quad (3)$$

- величина кута між ділянками $\gamma^x \in [0, \pi]$.

Отже, математична модель вузла має вигляд:

$$v^k (\Theta_i^x, \Theta_j^x, \gamma^x) \quad (4)$$



де $k = \overline{I, N^V}$, N^V – кількість вузлів ВДМ.

Дуга $e_i \in E$ – елемент орієнтованого графа, що задає напрямок руху транспортного потоку на ділянці та 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). На одній ділянці може проходити кілька дуг (потоків), але дуга може перебувати тільки всередині єдиної ділянки. Далі перераховані імманентності дуги:

- початковий та кінцевий вузли дуги $\{v_p, v_j\}$, де $v_p, v_j \in \bar{V}$, $i, j = \bar{1}, N^V$;
- радіус кривизни R^e (якщо дуга пряма, то $R^e = 0$), $i = \bar{1}, N^E$;
- V^k кількість дуг ВДМ;
- кількість смуг руху N_p ;
- відстань видимості L_v ;
- ознака наявності велосипедної доріжки $F_b^e \in \{0, 1\}$;
- ознака наявності пішохідної доріжки $F_p^e \in \{0, 1\}$;
- ознака перевищення ПДК на ділянці $F_c^e \in \{0, 1\}$;
- ознака наявності реверсивної смуги $F_r^e \in \{0, 1\}$;
- ознака заборони руху вантажного транспорту $F_u^e \in \{0, 1\}$.

Математична модель дуги:

$$e_i(v_p, v_j, R^e, N_p^e, L_v^e, F_b^e, F_p^e, F_c^e, F_r^e, F_u^e) \quad (5)$$

У межах макроскопічного підходу транспортний потік $S = \{s_i\}$, $i = \bar{1}, 2, \dots, n$, що рухається ВДМ – дугами $e_i \in E$, характеризується загальною середньою швидкістю v , щільністю потоку k та інтенсивністю L у визначений момент часу в певному місці ВДМ.

Нехай $\bar{O} = \{\pi_i^x, \bar{O} \neq \emptyset\}$ – множина дорожніх об'єктів, що впливають на екологічний стан транспортної системи L . Дорожні об'єкти дислоковані на ВДМ – на дугах $e_i \in E$ орграфу G , які складаються з таких підмножин:

- $O_j \in \bar{O}$ множина дорожніх об'єктів – інциденти;
- $O^s \in \bar{O}$ множина дорожніх об'єктів – підприємства автотранспортного сервісу;
- $O^T \in \bar{O}$ множина дорожніх об'єктів – технічні засоби організації дорожнього руху.

Загалом дорожній об'єкт описується місцем розташування в базисі $\{\Theta^x, \bar{V}, \bar{E}\}$ і поруч атрибутів, специфічних для конкретного типу дорожнього об'єкту. Існує єдиний дугий $e_i \in E_e$ орграф, на якому розташовано дорожній об'єкт.

Згідно з описаною вище математичною моделлю розглянемо побудову нейромережних моделей для наступного завдання – просторового аналізу інтенсивності руху транспортних потоків промислового центру. Завдання полягає в побудові прогноуючої моделі знаходження інтенсивності руху

I за параметрами об'єктів, які становлять ВДМ \bar{O} , і за дислокацією дорожніх об'єктів O .

Під час побудови моделі розглядається ділянка θ_i^x типу перехрестя ($T^{\theta_i^x} = 2$) і найближчі сусідні до нього ділянки.

Модель будується з урахуванням інваріантності до номера ділянки i , щоб була змога застосування моделі для будь-якого типу перехрестя ВДМ.

Для задоволення цієї вимоги необхідно узагальнити параметри об'єктів, взаємне розташування яких змінюється залежно від номера розглянутої ділянки. Це вимагає обчислення певної функції від параметрів, які можуть варіюватися залежно від типу об'єкта, до якого вони належать, і його розташування в обраній моделі.

У модель входять без змін величина кута ухилу $\alpha^{\theta_i^x}$, величина кута підйому $\beta^{\theta_i^x}$ і коефіцієнт екологічного навантаження $K_s^{\theta_i^x}$, розглянутої ділянки в θ_i^x .

Параметри сусідніх ділянок необхідно узагальнити (рис. 4). Відчутний внесок у модель роблять кути ухилу та підйому максимальної величини, тому їх узагальнене значення обчислюються так:

$$\alpha_i^C = \max(\alpha^{\theta_i^x}), \beta_i^C = \max(\beta^{\theta_i^x}) \quad (6)$$

$M^C \in \{m_1, m_2, \dots, m_r\}$ де індекси сусідніх до θ_i^x ділянок.

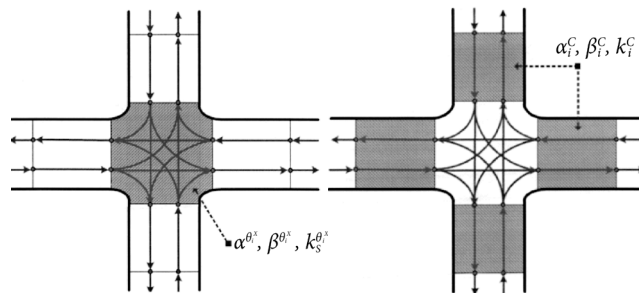


Рис. 4. Параметри досліджуваної ділянки

Загальний коефіцієнт безпеки обчислюється як середнє значення коефіцієнтів сусідніх ділянок:

$$K_{S,i} = \frac{1}{r_i} \sum K^{\theta_i^x}, \quad (7)$$

де r_i – розмір вектора сусідніх ділянок.

У модель необхідно ввести параметри вузлів. У межах нейромережевої моделі просторового аналізу інтенсивності узагальнене значення кута між ділянкою та сусідніми ділянками θ_i^x та узагальнене значення кута між сусідніми ділянками і наступними за ними ділянками.

Узагальнене значення кутів обчислюється як максимум з усіх кутів, які беруть участь у відборі:

$$Y_i^{FC} = \max(Y^V), Y_i^{SC} = \max(Y^V), \quad (8)$$



де $L^{FC} \in \{l_1, l_2, \dots, l_{2p}\}$ – індекси вузлів, що лежать на кордоні ділянки θ_i^X з сусідніми ділянками;
 $L^{SC} \in \{l_1, l_2, \dots, l_{2p}\}$ – індекси вузлів, що лежать на кордоні сусідніх ділянок з наступними за ними ділянками.

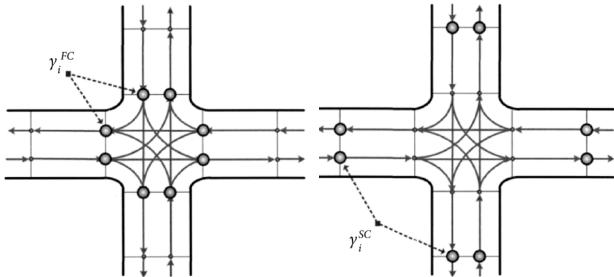


Рис. 5. Параметри вузлів між досліджуваними та сусідніми ділянками

Нейромережева модель містить параметри дуг розглянутої ділянки ВДМ, при цьому дуги поділяються на три категорії:

- дуги ділянки θ_i^X ;
- дуги сусідніх ділянок, які входять в ділянку θ_i^X ;
- дуги сусідніх ділянок, які виходять із ділянки θ_i^X .

Узагальнення параметрів проходить у межах кожної категорії. Чим менший радіус кривизни, тим критичніший внесок параметра в результат, тому узагальнене значення обчислюється таким чином:

$$R_i^C = \min(R^e),$$

$$R_i^{JC} = \min(R^e), \quad (9)$$

$$R_i^{OC} = \min(R^e), \text{ при } R^e \neq 0,$$

де $R_i^C, R_i^{JC}, R_i^{OC}$ – узагальнені радіуси кривизни дуг ділянки θ_i^X , дуг, що входять в ділянку θ_i^X і дуг, що виходять з ділянки θ_i^X , відповідно;

$N_{ri}^C, N_{ri}^{JC}, N_{ri}^{OC}$ – індекси дуг ділянки θ_i^X , дуг, що входять і виходять, відповідно.

Кількість смуг руху усереднюється та обраховується за формулою:

$$N_{ri}^C = \frac{1}{p} \sum N_r^e,$$

$$N_{ri}^{JC} = \frac{1}{p} \sum N_r^e, \quad (10)$$

$$N_{ri}^{OC} = \frac{1}{p} \sum N_r^e,$$

де $N_{ri}^C, N_{ri}^{JC}, N_{ri}^{OC}$ – середня кількість смуг на ділянці θ_i^X , дуг, що входять в ділянку θ_i^X і дуг, що виходять з ділянки θ_i^X , відповідно;

p^C, p^{JC}, p^{OC} – кількість дуг на ділянці θ_i^X , дуг, що входять і виходять, відповідно.

Чим менша відстань видимості, тим критичніший внесок даного параметра в результат, тому під

час обчислення узагальненого значення вибирається мінімальне з можливих:

$$L_{vis,i}^C = \min(L_{vis}^e),$$

$$L_{vis,i}^{JC} = \min(L_{vis}^e), \quad (11)$$

$$L_{vis,i}^{OC} = \min(L_{vis}^e),$$

де $L_{vis,p}^C, L_{vis,p}^{JC}, L_{vis,p}^{OC}$ – узагальнені відстані видимості дуг ділянки θ_i^X , дуг, що входять в ділянку і дуг, що виходять з ділянки θ_i^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

$$F_{k,i}^{Cs} = \cup F_k^e \quad (12)$$

де s – вказує групу дуг, $k \in \{bic, ped, bus, rew, erg\}$ – вказує на відповідний тип ознаки. Іншими словами, параметр дорівнює одиниці, якщо хоча б один параметр відповідного типу в групі дорівнює одиниці.

Під час розробки 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 посилання на дугу e_p , поруч з якою він перебуває (до якої прив'язаний). Використовуючи цей зв'язок можна отримати дорожні об'єкти, розташовані на досліджуваній ділянці θ_i^X , і на сусідніх до неї ділянках. Присутність того чи того об'єкта o_i на дузі e_i можна представити у вигляді бінарної змінної. Узагальнення параметрів всередині груп дуг проводиться аналогічно ознакам дуг.

Окремого розгляду вимагають дорожні знаки. Кожен тип дорожнього знаку має певний ступінь впливу на транспортний потік S . Для пошуку коефіцієнтів, що визначають ступінь впливу дорожнього знаку, використано метод експертних оцінок. Для кожної дуги розраховується усереднений параметр, виходячи з дислокованих на ньому дорожніх знаків:

$$F_S = \frac{1}{N^S} \sum F_{s,l}^e k_l \quad (13)$$

де $F_{s,l}^e \in \{0, 1\}$ – булевська змінна, що показує наявність ($F_{s,l}^e = 1$) або відсутність ($F_{s,l}^e = 0$) i -го типу знака на дузі;

$k_l \in [0, 1]$ – коефіцієнт, що показує ступінь впливу i -го типу дорожнього знаку на транспортний потік S ;

I^S – множина всіх типів знаків;

N^S – кількість дорожніх знаків, що посилаються на дугу e_n .

Отримані значення усереднюються в кожній групі дуг:



$$\begin{aligned}
 F_{S,i}^C &= \frac{1}{P} \sum F_{S,i}^e, \\
 F_{S,i}^{JC} &= \frac{1}{P} \sum F_{S,i}^e, \\
 F_{S,i}^{OC} &= \frac{1}{P} \sum F_{S,i}^e
 \end{aligned}
 \quad (14)$$

Отже, кількість незалежних змінних у моделі – 44 і вона не залежить від конфігурації перехрестя, що дає змогу використовувати побудову нейромережевої моделі на будь-яких перехрестях ВДМ промислового центру.

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

Нормуванню підлягає такий набір параметрів P ($\alpha_p^{\theta_x}, \beta_p^{\theta_x}, \alpha_p^C, \beta_p^C, \gamma_p^{JC}, \gamma_p^{SC}, R_p^C, R_p^{JC}, R_p^{OC}, N_{rp}^C, N_{rp}^{JC}, N_{rp}^{OC}, L_{vis,i}^C, L_{vis,i}^{JC}, L_{vis,i}^{OC}$). Значення параметрів не мають значних викидів і їхні дані рівномірно розповсюджені в інтервалі, де – максимальне значення k -го параметра. Виходячи з цього, для нормування будемо використовувати лінійне перетворення:

$$P_k = \frac{P_k}{P_{k,max}}. \quad (15)$$

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

Кількість нейронів у вхідному шарі нейронної мережі N_0 визначається розміром вектора вхідних параметрів. Функція активації нейронів мережі – сигмоїдальна. Структура нейронної мережі обрана відповідно до теореми Колмен-Горова: один прихований шар ($2N_0 + 1$) з нейронами в прихованому шарі. Вихідний шар містить один нейрон, на виході якого формується значення інтенсивності I^{θ_x} – на ділянці θ_i^X типу перехрестя. Вагові коефіцієнти нейронної мережі розраховуються за методом зворотного поширення помилки.

Для поліпшення узагальнювальних характеристик нейромережевої моделі використовуються генетичні алгоритми. Зв'язки еволюційним принципам, добирається 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 у прихованих шарах в якості параметрів. Кількість нейронів у прихованому шарі може досягати $3 \cdot N_0$, тому для їх кодування необхідно 8 біт інформації. Для кодування нейронів у 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 цьому випадку має менш важливу роль, ніж регулярність.

Використання двічі многорядної нейронної мережі з активними нейронами дає змогу відібрати входи, від яких значно залежить результат, що є важливою інформацією щодо прийняття рішень.

Таким чином можливий розгляд побудови нейромережевих моделей для наступного завдання – просторового аналізу тенденції зміни екологічного навантаження на ділянці ВДМ. Завдання полягає в побудові апроксимуючої моделі визначення рівня гетерогенного впливу за параметрами об'єктів, що складають ВДМ, і за дислокацією дорожніх об'єктів O . Рівень гетерогенного впливу A є ін'єкційним параметром ділянки ВДМ та обчислюється виходячи з кількості розташованих на ділянці дорожніх об'єктів типу інцидент O_i .

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

$$A_i = \frac{N_{i,T}}{S^{\theta_x} \cdot T}, \quad (16)$$

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

T – період часу, за який враховуються «транспортні конфлікти»;

S^{θ_x} – площа i -ої ділянки ВДМ.

Завдання просторового аналізу екологічного навантаження вирішується за допомогою багатошарового перцептрона, нейронної мережі, що самоорганізується, та нейронної мережі з активними нейронами.

Висновки

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

2. Розроблені підходи адаптації об'єктів транспортної інфраструктури до нейромережевих алгоритмів інтелектуального аналізу, основаних на методах нормалізації, а також на методах приведення якісних параметрів до кількісного значення, дають змогу виявити якісні характеристики транспортних потоків МІТС. Це створює можливість розробки суттєво нових інформаційних засобів, що враховують інтегральний показник стану складної динамічної системи.



3. Побудована нейромережева модель просторового аналізу динаміки зміни екологічної навантаженості ділянок ВДМ промислових центрів слугує для визначення параметрів, які за високої інтенсивності транспортних потоків на ВДМ та ТДК промислових центрів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Баранов, Г. Л., Макаров, А. В. Структурное моделирование сложных динамических систем. – Киев: Наук. Думка, 1986. – 162 с.
2. Люгер, Дж. Искусственный интеллект: стратегия и методы решения сложных проблем. Москва: Вильямс, 2003. – 467 с.
3. Назаров, А. В., Лоскутов А. И. Нейросетевые алгоритмы прогнозирования и оптимизации систем. – Москва: Наука и техника, 2003. – 124 с.
4. Тарасов, В. О., Герасимов, Б. М., Левін, І. О., Корнійчук, В. О. Інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень: Теорія, синтез, ефективність. – Київ: МАКНС, 2007. – 279 с.
5. Нефёдова, Я. И., Лямзин, А. А., Мнацаканян, М. С. Управление транспортными потоками промышленных центров Донецкого региона // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. – № 1. – 2012. – С. 19–23.
6. Гайков, А. Р., Євсєєва, О. П., Баранов, О. В., Баранов В. Ю. Інтелектуальні транспортні системи в Україні // Вісник Нац. техн. ун-ту

«ХП»: Автомобіле- та тракторобудування. – № 9 (1052). – 2014. – С. 106–112.

REFERENCE

1. Baranov, H. L., Makarov, A.V. (1986). Strukturnoe modelyrovanye slozhnykh dynamycheskykh system [Structural modeling of complex dynamic systems]. Kyiv, Naukova Dumka, 162.
2. Lyuher, Dzh. Iskusstvennyy intellekt: strategiya i metody resheniya slozhnykh problem [Artificial Intelligence: Strategy and Methods for Solving Difficult Problems]. Moscow, Vyl'yams, 2003, 467.
3. Nazarov, A. V., Loskutov, A. Y. (2003). Neyrosetevyye algoritmy prognozirovaniya i optimizatsii sistem [Neural network systems prediction and optimization algorithms]. Moscow, Nauka i tekhnika, 124.
4. Tarasov, V. O., Herasymov, B. M., Levin, I. O., Korniychuk, V. O. (2007). Intelektual'ni systemy pidtrymky pryynyattya rishen': Teoriya, syntez, efektyvnist' [Intelligent Decision Support Systems: Theory, Synthesis, Efficiency]. Kyiv, MAKNS, 279.
5. Nefodova, YA. I., Lyamzin, A. A., Mnatsakanyan, M. S. (2012). Upravleniye transportnymi potokami industrial'nykh tsentrov Donetskogo regiona [Management of Industrial Centers of the Donetsk Region]. Bulletin of the Donetsk Transport Academy, 1, 19–23.
6. Haykov, A. R., Yevsyeyeva, O. P., Baranov, O. V., Baranov, V. Yu. (2014). Intelektual'ni transportni systemy v Ukraini [Intelligent Transport Systems in Ukraine]. Bulletin of the National Technical University Kharkiv Polytechnic Institute: Automotive and Tractor Engineering, 9 (1052), 106–112.

УДК 621.43.019(035)

© В. В. Мерзжівський, ст. наук. співробітник;

© Ю. О. Пономарьова, перекладач I категорії (ДП «ДержавтотрансНДІпроект»)

DOI: 10.33868/0365-8392-2019-1-257-19-20

ГАЛЬМОВИЙ ЧИ ГАЛЬМІВНИЙ

© Valentyn Merzhivyskyi, Senior Research Officer; © Yuliya Ponomarova, Ist Category Translator (the State Enterprise «State Road Transport Research Institute»)

AUTOMOTIVE INDUSTRY DICTIONARY: “HALMOVYI” (“BRAKE”) OR “HALMIVNYI” (“BRAKING”)

Із метою вдосконалення національної терміносистеми в галузі та водночас для узгодження її з міжнародними термінами пропонуємо автотранспортній спільноті розпочати роботу над укладанням галузевого тлумачно-перекладного словника. Журнал «Автотранспорт України», як було зазначено в №1 (253) 2018 р., започаткував рубрику «Галузевий словник», під якою публікує розроблені нами визначення найбільш проблемних термінів українською мовою із зазначенням їх відповідників в інших мовах та з коментарями щодо їх утворення й сфери застосування.

Зауваги та пропозиції до проекту просимо надавати в редакцію на e-мейл: ikoranuysya@insat.org.ua з темою «Галузевий словник».

In order to improve the national terminology in the industry and simultaneously to coordinate it with international terms, we propose to the Ukrainian motor transport community to take part in compilation of specialized translation dictionary. The magazine “Avtoshliakhovyk Ukrainy”, as indicated in the No 1 (253) 2018, have opened a new section, “Automotive Industry Dictionary”, intended to publish our draft definitions of the most controversial terms in Ukrainian, with comments on their formation and scope and corresponding terms in other languages.

Please, send your remarks and ideas by email indicating “Automotive Industry Dictionary” in the subject line to: ikoranuysya@insat.org.ua.

Важливою складовою транспортного засобу є гальмівна система. Чи гальмова?

В Україні на позначення «сукупності пристроїв, призначених для здійснення гальмування» [1] застосовано складений термін, або терміносполуку,

«гальмівна система», але як залежне слово вживають і прикметник «гальмова» (наприклад, [2, 3]).

Гальмовий, за визначенням [4] – «прикметник до “гальмо”», гальмівний – «стосовний до гальмування [у знач. 2]» [4], а значення 2 «гальмування» подане як