

Кашканова А. А., Біліченко В. В.
Вінницький національний технічний університет

ПРОБЛЕМНІ ПИТАННЯ НАУКОВО-МЕТОДИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АУДИТУ БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

Проблему високої аварійності на автомобільному транспорті України в умовах динамічного розвитку логістичних і транспортних процесів неможливо розв'язати без широкого впровадження аудиту безпеки дорожнього руху, оскільки він сприяє підвищенню безпеки транспортних процесів, зменшенню соціальних та економічних втрат від дорожньо-транспортних пригод, а також інтеграції України до європейського та світового транспортного простору. Аналіз взаємозв'язку складових елементів аудиту безпеки дорожнього руху показує, що формування шляхів його удосконалення не можливе без оцінки процесів функціонування системи водій – автомобіль – дорога – навколишнє середовище, в якій відбувається рух транспортних засобів, їх взаємодії з іншими учасниками дорожнього руху під дією факторів впливу навколишнього середовища. При цьому стратегічними пріоритетними питаннями аудиту безпеки дорожнього руху є безпека уразливих учасників дорожнього руху, забезпеченість водіїв інформацією про умови руху, безпека в специфічних умовах руху, мінімізація тяжкості наслідків дорожньо-транспортних пригод.

В статті на основі аналізу проблемних питань науково-методичного забезпечення аудиту безпеки дорожнього руху були виявлені обмеження традиційних підходів та методів емпіричного моделювання, які використовуються для забезпечення якості та надійності аудиту, оскільки вони базуються на припущенні про незалежність вхідних змінних. Для зняття цих обмежень і розробки заходів з удосконалення процедур аудиту та підвищення безпеки руху запропоновано враховувати взаємний вплив факторів та на основі їх ранжування й використання методів нечіткої логіки, теорії катастроф, а також когнітивних наук для моделювання багатфакторних залежностей.

Ключові слова: транспортні системи, автомобільний транспорт, безпека дорожнього руху, аудит, аналіз аварійності, експертиза дорожньо-транспортних пригод.

ВСТУП

Проблема безпеки дорожнього руху (БДР) в умовах динамічного розвитку логістичних і транспортних процесів властива більшості країн світу. Транспортна галузь України активно розвивається, зростає кількість одиниць транспорту, що виходить на дороги. Через насичення вулично-дорожньої мережі (ВДМ) країни транспортними засобами (ТЗ) ускладнюються умови руху та спостерігається високий рівень аварійності на транспорті. За результатами 2023 року в Україні трапилось понад 23,6 тисяч дорожньо-транспортних пригод (ДТП) з загиблими та/або травмованими, при цьому найпоширенішими ДТП були зіткнення транспортних засобів (41,4%), наїзд на пішохода (27,5%) та наїзд на перешкоду (12,3%) [1, 2]. За добу в ДТП в середньому отримує травми 81 людина та гине щонайменше 8 людей. Порівняння даних останнього звіту Європейської асоціації виробників автомобілів (АСЕА) [3] та статистики департаменту патрульної поліції України [1] показує, що рівень смертності в результаті ДТП в нашій країні приблизно у два рази більший ніж середній показник країн Євросоюзу (ЄС) при рівні автомобілізації населення меншому у 2,6 рази [4]. Отже, для України надзвичайно актуальною проблемою є розв'язання цілого комплексу завдань з підвищення БДР [2, 5].

Для досягнення позитивних результатів безпеки дорожнього руху ключовим є ефективне управління всіма аспектами БДР. Ефективними заходами є проектування більш безпечної інфраструктури на основі аудиту дорожньої безпеки та включення елементів забезпечення БДР в планування землекористування та розвитку транспорту [6, 7], вдосконалення систем безпеки ТЗ [8, 9], покращення допомоги постраждалим у дорожньо-транспортних пригодах [10, 11], прийняття та забезпечення дієвості законодавчих актів, які стосуються основних ризиків, проведення інформаційно-просвітницьких кампаній [12].

АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Аудит безпеки дорожнього руху (АБДР) є імперативом глобалізаційних процесів та ефективного державного менеджменту, оскільки він сприяє підвищенню БДР, зменшенню соціальних та економічних втрат від ДТП, а також інтеграції України до європейського та світового транспортного простору. АБДР реалізується шляхом систематичного оцінювання потенційних ризиків для безпеки руху на певному дорожньому об'єкті або мережі незалежними кваліфікованими експертами [13].

Стратегічними пріоритетними питаннями АБДР є [14, 15]:

- безпека уразливих учасників дорожнього руху (велосипедисти, пішоходи, особливо діти та люди похилого віку, водії легкого електротранспорту тощо);
- забезпечення інформування водіїв на достатньому рівні для вчасного реагування на зміни умов руху;
- безпека в специфічних умовах руху (гірська місцевість, темна пора доби, складні погодні умови, залізничні переїзди, місця ремонту тощо);
- мінімізація тяжкості наслідків ДТП (встановлення огорожень, компенсаційних елементів тощо).

АБДР може бути застосований на різних етапах життєвого циклу дороги: планування, проектування, будівництво, експлуатація, реконструкція [16].

Методи аудиту безпеки руху можуть бути розділені на дві групи: камеральні та польові [14]. Камеральні методи полягають у вивченні документації, проектів, статистики, аналізі даних та моделюванні ситуацій. Польові методи передбачають інспектування дорожніх об'єктів, спостереження за поведінкою учасників руху, вимірювання параметрів руху, проведення опитувань та експериментів. Обидва типи методів мають свої переваги та недоліки, тому для досягнення найкращих результатів рекомендується їх комбінувати [17].

Найчастіше серед методів аудиту безпеки руху, які використовуються в різних країнах, застосовуються такі:

- метод індексу безпеки дороги (Road Safety Index Method), який базується на порівнянні фактичної аварійності дороги з очікуваною за допомогою статистичних моделей [18].
- метод оцінки безпеки дороги (Road Safety Assessment Method), який використовує критерії безпеки для оцінки дорожніх об'єктів [15].
- метод безпечного дизайну дороги (Road Safety Design Method), який застосовує принципи безпечного дизайну для покращення безпеки дорожніх об'єктів на етапі проектування [19].

Це лише деякі з багатьох методів аудиту безпеки руху, які існують у світі.

В Україні АБДР був впроваджений у 2019 р. [12] з метою імплементації положень Директиви 2008/96/ЄС в рамках зобов'язань щодо асоціації з Європейським союзом у напрямку сприяння оновленню та модернізації транспортної галузі України, удосконалення транспортної інфраструктури, покращення безперешкодності, безпечності та надійності перевезень пасажирів і вантажів. Наразі прийнято нормативно-правові акти, які стосуються аудиту безпеки руху, такі як:

- Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо управління безпекою автомобільних доріг», який визначає основні поняття, цілі та принципи аудиту безпеки руху, а також передбачає розробку та затвердження державної програми підвищення рівня безпеки дорожнього руху в Україні;
- Постанова Кабінету Міністрів України від 23.12.2020 № 1316 «Про затвердження Порядку підтвердження кваліфікації осіб, які проводять аудит та перевірку безпеки автомобільних доріг»;
- Постанова Кабінету Міністрів України від 26.09.2020 № 752 «Про внесення змін до Порядку затвердження проектів будівництва і проведення їх експертизи»;
- Наказ Міністерства інфраструктури України №204 від 09 квітня 2021 року «Про затвердження Порядку проведення аудиту безпеки автомобільних доріг»;
- Наказ Міністерства інфраструктури України №266 від 18 травня 2021 року «Про затвердження Порядку проведення перевірки безпеки автомобільних доріг»;
- Наказ Міністерства інфраструктури України від 18.05.2021 № 268 «Про затвердження Вимог до програм підвищення кваліфікації осіб, які здійснюють аудит та перевірку безпеки автомобільних доріг»;
- Наказ Міністерства інфраструктури України від 27.11.2020 № 803 «Про внесення змін до Випуску 69 «Автомобільний транспорт» Довідника кваліфікаційних характеристик професій працівників»;
- Наказ Міністерства інфраструктури України від 18.05.2021 № 267 «Про затвердження Порядку ведення, надання відомостей з реєстру аудиторів безпеки автомобільних доріг, включення до та виключення з реєстру аудиторів безпеки автомобільних доріг»;
- Закон України «Про автомобільні дороги», розділ XI якого визначає порядок проведення аудиту та його обов'язковість з 2021 року, хоча необхідність його впровадження обґрунтовувалася науковцями ще до прийняття чинної редакції закону [20, 21];
- інші нормативно-правові акти у сфері АБДР.

Завершення імплементації положень Директиви 2008/96/ЄС у національне законодавство було здійснено лише у 2022 році шляхом прийняття Порядку виявлення аварійно-небезпечних ділянок та місць концентрації дорожньо-транспортних пригод [22]. Але, ще зарано говорити про завершеність формування нормативно-правової основи у сфері АБДР, оскільки є ряд питань не до кінця врегульованих або спірних щодо:

- процедур реалізації заходів з удосконалення умов та організації дорожнього руху;
- термінів проведення перевірок з АБДР;
- процедур розгляду та відображення результатів у звіті з АБДР, який є обов'язковим для організацій, що здійснюють проектування, будівництво чи експлуатацію об'єктів аудиту;
- розробки та затвердження національних стандартів та методичних рекомендацій з аудиту безпеки руху.

Крім того, аудит безпеки руху в Україні ще не став загальноприйнятною практикою, і має ряд проблем, таких як:

- недостатня кількість та кваліфікація аудиторів безпеки руху;
- низька свідомість та зацікавленість замовників та виконавців дорожніх робіт у проведенні аудиту безпеки руху;
- обмеженість фінансових та технічних ресурсів для реалізації рекомендацій аудиту безпеки руху;
- відсутність ефективного контролю та відповідальності за виконання рекомендацій аудиту безпеки руху.

ЦІЛЬ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Виявлення проблемних питань науково-методичного забезпечення АБДР з метою формування напрямків його розвитку в Україні на основі впровадження заходів з підвищення безпеки доріг, транспортних засобів, учасників дорожнього руху для мінімізації ризиків і соціально-економічних втрат суспільства.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

На даний час актуальність удосконалення аудиту безпеки руху в Україні зростає внаслідок руйнації та пошкодження значної частини автошляхів через російське військове вторгнення, які в найближчій перспективі потребуватимуть ремонту і відновлення. Тому, думається, що удосконалення законодавства та розробка заходів для вирішення вищезначених проблем будуть здійснюватися в процесі проведення відбудови дорожньої інфраструктури та автомобільних доріг України у повоєнний час.

Із соціально-технічної точки зору проблемні питання АБДР знаходяться в площині розгляду критеріїв безпеки дорожніх об'єктів – параметрів, які характеризують ступінь відповідності дорожніх об'єктів вимогам безпеки руху. Ці параметри можуть бути розділені на три групи [14, 16, 18, 20]:

- критерії безпеки автомобільних доріг (БАД), які враховують геометричні характеристики дороги, якість покриття, наявність дорожньої розмітки, освітлення, дорожніх знаків, світлофорів, огорожень, захисних споруд тощо;
- критерії безпеки транспортних засобів (БТЗ), які враховують технічний стан транспортних засобів, наявність систем безпеки, екологічність, сумісність з іншими транспортними засобами тощо;
- критерії безпеки поведінки учасників руху (ПУР), які враховують дотримання правил дорожнього руху, рівень кваліфікації, психофізичний стан, ставлення до безпеки руху, вплив зовнішніх факторів тощо.

Отриманий результат функціонування системи АБДР можна подати як сукупний продукт від застосування стратегії Мінцберга [23] у вигляді взаємодії множин (рис. 1).

Для оцінки дорожніх об'єктів за критеріями безпеки використовуються різні методи, які базуються на аналізі документації, статистики, даних, моделюванні, інспектуванні, спостереженні, вимірюванні, опитуванні, експериментуванні тощо [17]. За результатами оцінки дорожніх об'єктів за критеріями безпеки складаються рекомендації щодо покращення безпеки руху на дорогах.

Якщо використати підхід Світової дорожньої асоціації (Permanent International Association of Road Congresses) щодо класифікації недоліків у сфері БАД [24], то усі ці недоліки можна поділити на такі категорії (табл. 1). Як видно з таблиці 1, процес виконання АБДР включає такі складові: аудит дорожніх умов, аудит окремих елементів доріг, аудит елементів облаштування автомобільних доріг та аудит організації дорожнього руху (ОДР). Крім того, забезпечення ефективності та якості процесів аудиту БАД зокрема та АБДР в цілому (див. рис. 1, табл. 1) неможливе без врахування критеріїв груп БТЗ та ПУР. Тому важливим елементом процесу виконання АБДР є проведення аудиту місць

концентрації ДТП та використання результатів автотехнічних експертиз (АТЕ) різних ДТП, які виникали в місцях концентрації.



Рисунок 1. Діаграма Венна функціонування АБДР при застосуванні стратегії Мінцберга

Таблиця 1 – Характеристика можливих недоліків у сфері БАД

Категорія недоліку	Характеристика недоліку	Код ескізу типового ДТП [25]
1	2	3
1. Функція дороги	1.1 Дороги зі змішаною функцією	A-8.01, A-8.05, A-11.02, A-11.06, A-12.06
	1.2 Недостатній контроль доступу	A-8.01, A-8.05, A-8.06, A-10.01, A-11.02, A-11.07, A-12.12
	1.3 Перевищення швидкості	A-10.05, A-10.08, A-10.52, A-11.02, A-11.06
2. Поперечний профіль	2.1 Невідповідність ширини проїзної частини	A-8.01, A-8.05, A-9.01, A-11.02, A-11.06
	2.2 Невідповідність засобів водовідведення	A-8.06, A-10.05, A-10.06, A-10.08, A-11.08
3. Трасування	3.1 Невідповідність вертикальних та горизонтальних кривих доріг нормативам	A-10.07, A-11.02, A-11.06
	3.2 Недостатня видимість об'єктів дорожньої обстановки	A-10.07, A-11.06, A-11.02, A-12.12, A-12.13
4. Перехрестя	4.1 Незабезпеченість умов безпеки каналізування транспортних потоків	A-11.02, A-11.03, A-11.06, A-12.06, A-12.12
	4.2 Невідповідність улаштування транспортних розв'язок	A-8.01, AA-8.51, A-11.02, A-11.06, A-12.04, A-12.16
	4.3 Незбалансованість потреби у розворотах	A-11.02, A-12.02, A-12.07
	4.4 Незабезпеченість безпеки перетину залізничних переїздів	A-10.04, A-11.02
5. Послуги; зони обслуговування та відпочинку, громадський транспорт	5.1 Недосконалість організації руху в місцях надання послуг уздовж доріг	A-8.06, AA-8.53, A-9.01, A-11.02, A-11.03, A-12.07
	5.2 Неналежне облаштування зупинок громадського транспорту	A-8.01, A-8.06, A-9.01, AA-8.51, AA-8.53, A-11.02, A-11.03
6. Потреби уразливих учасників дорожнього руху	6.1 Недосконалість улаштування пішохідних переходів	A-8.02, A-8.05, A-8.01, AA-8.51, A-10.11, A-11.02
	6.2 Неналежна організація руху на пішохідних доріжках та тротуарах	A-8.05, A-8.06, A-8.07, AA-8.53, A-11.02, A-11.06

7. Дорожні знаки, розмітка та освітлення	7.1 Відсутність чи невідповідність дорожніх знаків	A-8.01, A-8.02, AA-8.51, A-11.02, A-12.06, A-12.12
	7.2 Відсутність чи невідповідність дорожньої розмітки	A-8.01, AA-8.51, A-10.07, A-11.02, A-11.04, A-11.05
	7.3 Відсутність чи невідповідність освітлення дороги або прилеглих територій	A-8.01, A-8.05, AA-8.51, A-10.07, A-11.02, A-11.06
8. Особливості придорожньої зони та елементи пасивної безпеки, цивільні споруди	8.1 Перешкоди в придорожній смузі	A-8.06, AA-8.53, A-10.02, A-10.05, A-10.06, AA-10.51, AA-10.52, A-11.02,
	8.2 Невідповідний стан поздовжнього огородження	A-10.05, A-10.06, A-10.07, A-10.08, A-11.06, AA-10.52
	8.3 Недосконалість улаштування штучних споруд	A-10.05
9. Огороження та організація руху в місцях проведення дорожніх робіт	9.1 Перебування робітників у безпосередній близькості до руху транспорту; 9.2 Недосконалість плану управління дорожнім рухом	A-8.06, AA-8.53, A-9.01, AA-9.51, A-10.03, A-11.02, A-11.06

Аудит місць концентрації ДТП та використання результатів АТЕ різних ДТП [26, 27, 28] дозволяють більш повно врахувати дію факторного простору, сформованого на основі: аудиту БТЗ, встановлення та проведення аудиту механізму ДТП, аудиту ПУР (рис. 2).

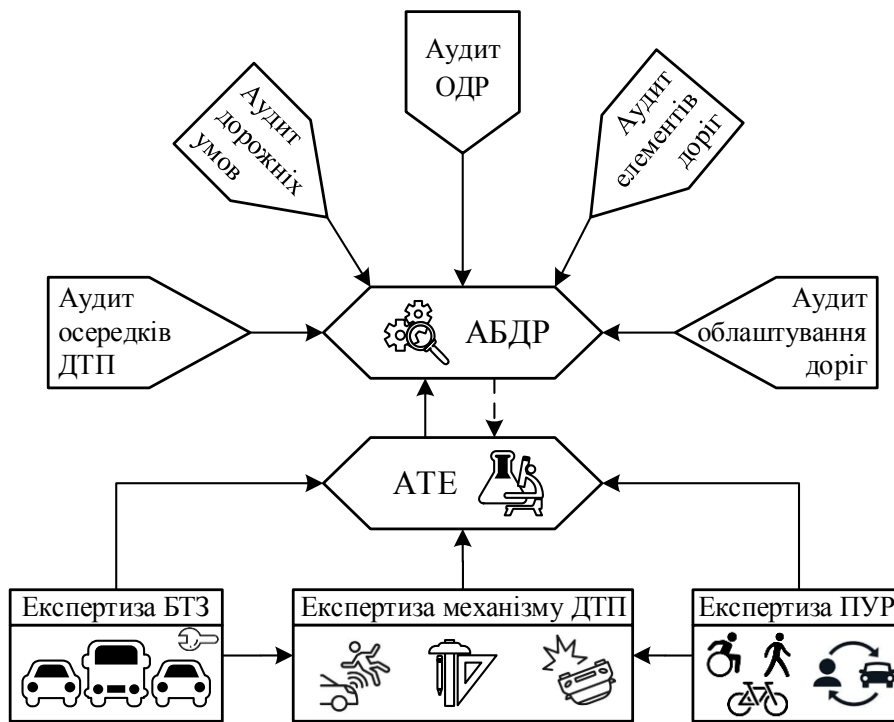


Рисунок 2. Складові елементи АБДР

Експертиза (аудит) БТЗ передбачає аналіз складових активної, пасивної, після аварійної та екологічної безпеки ТЗ з точки зору надійності функціонування систем ТЗ при відмовах [29, 30], експлуатаційної надійності функціонування систем ТЗ [31] та експлуатаційної надійності функціонування водія [32, 33] як складової експертизи ПУР. Результати експертизи БТЗ та ПУР є основою формування причинно-наслідкових зв'язків, які пояснюють механізм виникнення ДТП, формують висновки АТЕ, які, в свою чергу, визначають результати виконання АБДР, що є основою розробки рекомендацій з підвищення безпеки дорожнього руху.

Аналіз взаємозв'язку складових елементів АБДР (див. рис. 2) показує, що формування шляхів удосконалення аудиту безпеки дорожнього руху в транспортних системах міст не можливе без оцінки процесів функціонування системи ВАДНС, в якій відбувається рух ТЗ, його взаємодія з іншими

учасниками дорожнього руху під дією факторів впливу навколишнього середовища [2, 15, 26, 28]. Оцінювання ризиків виникнення аварійних ситуацій в системі ВАДНС в умовах експлуатації сприяє пошуку осередків (місць концентрації) ДТП, цілеспрямованому дослідженню впливу дорожніх умов на безпеку руху, аналізу та здійсненню заходів із забезпечення ефективності та безпеки транспортних і пішохідних потоків.

На основі аналізу причинно-наслідкових зв'язків порушення безпеки руху можна побудувати різні сценарії виникнення ДТП, приклад одного з яких подано на рисунку 3.

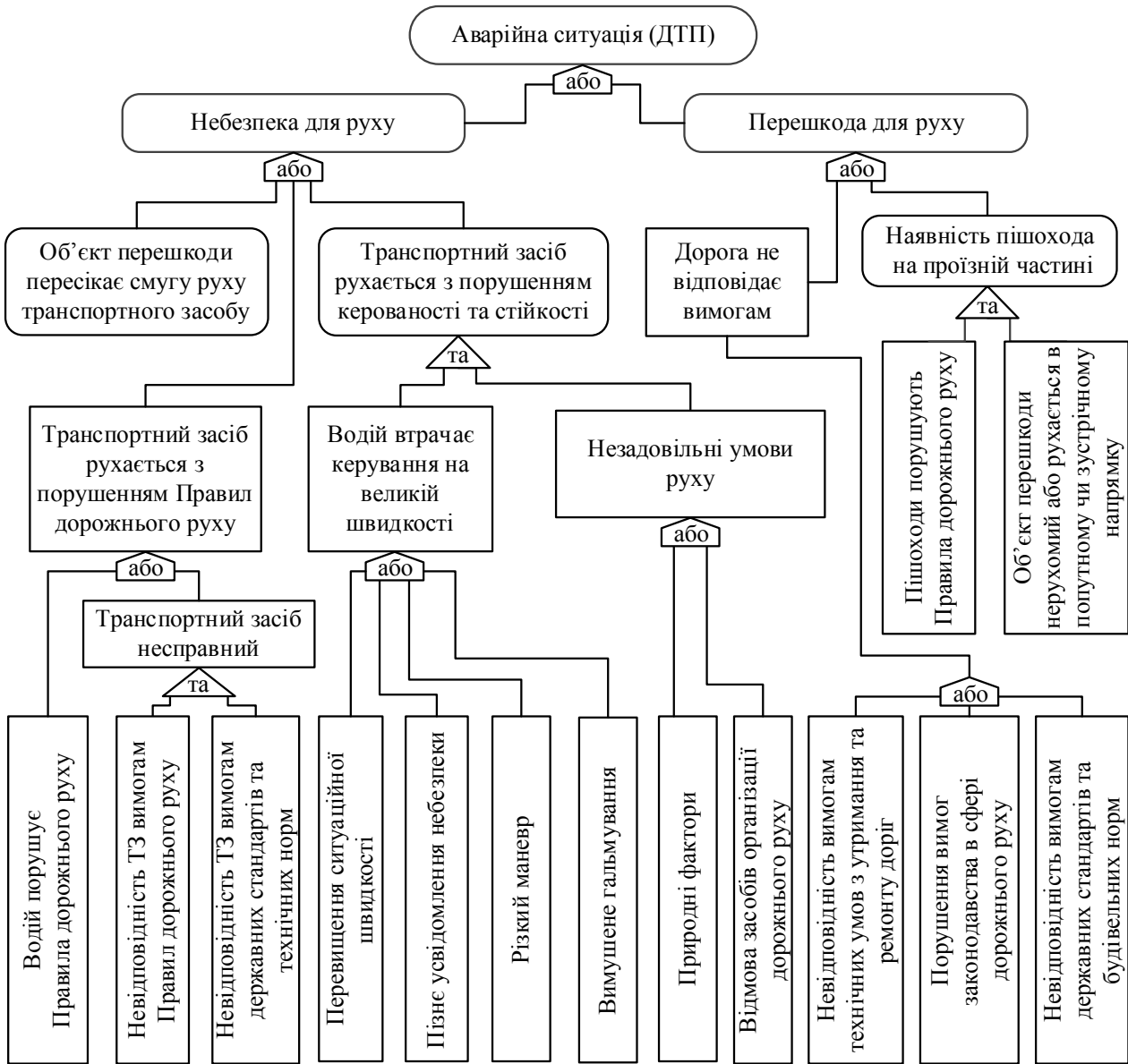


Рисунок 3. Приклад сценарію виникнення ДТП

Як видно з рис. 1, 2 та 3, забезпечення безпеки транспортного процесу є складною багатоцільовою системою, при розробці якої неможливо визначити одну ціль чи встановити жорстку ієрархію цілей. Отже замість жорсткої моделі потрібно застосовувати «м'яку» модель, головна ідея якої полягає в компромісному рішенні в рамках діяльності по досягненню різних цілей, в знаходженні рішень, які в деякій мірі задовольняли б усі потреби. Потрібно також відмітити, що реалізація компромісного підходу може супроводжуватись виникненням певних труднощів пов'язаних з оцінюванням напрацьованих рішень, вибором найкращого рішення із загальної сукупності можливих рішень.

Постановка задачі оцінення процесу виконання АБДР виглядає так. Нехай задана множина можливих варіантів виконання конкретної функції АБДР X:

$$X = \{x_1, x_2, \dots, x_i, \dots, x_n\}. \quad (1)$$

Кожний варіант характеризується множиною параметрів оцінювання якості Y :

$$Y = \{y_1, y_2, \dots, y_j, \dots, y_m\}. \quad (2)$$

Нечітке відношення, яке має місце між кожним членом сукупності X і кожним членом сукупності Y , позначене через μ_{ij} або μ_{ij} . Тобто, μ_{ij} відображає міру відповідності i -го варіанта функціонування системи АБДР вимогам за j -м параметром ($\mu_{ij} \in [0,1]; i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m$). Якщо узяти разом всі нечіткі відношення x_i та y_j , то отримаємо матрицю нечітких відношень R розміром nm : $R = \{\mu_{ij} \mid i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m\}$.

Потрібно обрати оптимальний варіант x^* із множини X .

Задачу оцінювання ефективності та безпечності варіанту функціонування системи АБДР можна записати так:

$$x^* = \text{opt}(X, Y, R, M), \quad (3)$$

де M – модель, що використовується для вирішення задачі, обрана особою, яка приймає рішення.

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Високий рівень аварійності на автомобільних дорогах України і, як наслідок, високий рівень смертності та травматизму [1, 5] є проблемою, притаманною не тільки нашій країні, а і усьому міжнародному суспільству [2, 3, 24]. На даний час є нагальна потреба у створенні рекомендацій та формуванні заходів щодо покращення БДР, поглибленого вивчення умов та причин ДТП, з врахуванням затвердженого переліку завдань автотехнічної експертизи [26, 28] та аудиту безпеки дорожнього руху [14, 16, 19].

Основою формування безпекового простору в транспортних системах (ТС) повинні бути потреби користувачів та особливості функціонування соціотехнічних систем [6, 7, 34], оскільки підхід до організації дорожнього руху «Безпечна система» має на меті гарантувати безпеку транспортної системи для усіх учасників руху. Безпечна вулично-дорожня мережа, придорожні зони, безпечні ТЗ, безпечні режими руху, безпечні учасники дорожнього руху є базисом цього підходу. Слід враховувати усі фактори, що впливають на можливість попередження ДТП, особливо тяжкими травмами чи смертельним наслідком. Якісне забезпечення процесів АБДР підвищує ефективність заходів з проектування більш безпечної інфраструктури ТС, планування землекористування та розвитку транспорту, покращення систем безпеки ТЗ, функціонування системи допомоги постраждалим у ДТП тощо.

Безпека та надійність систем людина-машина, якою є система ВАДНС, залежать від великої множини різномірних факторів, які мають взаємний вплив один на одного. Усі ці фактори пов'язані з психофізіологічними особливостями людей, особливостями технічних засобів, процесів функціонування та обслуговування, зовнішнього середовища тощо. Для забезпечення якості та надійності процесів АБДР потрібне ранжування факторів впливу за важливістю. Багато з цих факторів мають якісний характер та вимірюються експертно. Це ускладнює застосування методів планування експерименту та регресійного аналізу, традиційних для статистичної теорії надійності систем людина-машина [35]. Зручним засобом моделювання багатофакторних залежностей на основі експертної інформації є нечіткі правила «якщо – то» [36], які знаходять широке застосування в аналізі надійності [37], теорії катастроф [38] та когнітивних науках [39].

ВИСНОВКИ

Аналіз взаємозв'язку складових елементів АБДР показує, що формування шляхів удосконалення аудиту безпеки дорожнього руху в транспортних системах міст не можливе без оцінки процесів функціонування системи ВАДНС, в якій відбувається рух ТЗ, його взаємодії з іншими учасниками дорожнього руху під дією факторів впливу навколишнього середовища. При цьому стратегічними пріоритетними питаннями АБДР є безпека уразливих учасників дорожнього руху, забезпеченість водіїв інформацією про умови руху, безпека в специфічних умовах руху, мінімізація тяжкості наслідків ДТП.

На даний час ще не завершено формування нормативно-правової основи у сфері АБДР в Україні, оскільки є ряд не до кінця врегульованих питань щодо процедур реалізації заходів з удосконалення умов та організації дорожнього руху, термінів проведення перевірок з АБДР,

процедур розгляду та відображення результатів у звіті з АБДР, розробки та затвердження національних стандартів та методичних рекомендацій з аудиту безпеки руху. Крім того, аудит безпеки руху в Україні ще не став загальноприйнятою практикою і має ряд проблем в зв'язку з недостатньою кількістю та кваліфікацією аудиторів безпеки руху, низькою свідомістю та зацікавленістю замовників і виконавців дорожніх робіт у проведенні АБДР, обмеженістю фінансових та технічних ресурсів, відсутністю ефективного контролю та відповідальності за виконання рекомендацій з АБДР.

Потребують удосконалення та адаптації існуючі методи АБДР з метою врахування особливостей і умов руху в містах України та формування обґрунтованого комплексу заходів для поліпшення загальної ситуації на дорогах. Обмеженням традиційних підходів та методів емпіричного моделювання, які використовуються для вилучення закономірностей зі спостережень (регресійний аналіз, нечіткі правила, нейро-нечіткі мережі), є припущення про незалежність вхідних змінних, тобто факторів впливу. В процесі забезпечення якості та надійності АБДР, оцінювання надійності і безпеки функціонування ТЗ в системі ВАДНС необхідно враховувати взаємний вплив факторів та на основі їх ранжування розробити заходи з удосконалення процедур аудиту та підвищення безпеки руху. Можливими сферами застосування таких методів є людино-машинні та соціотехнічні системи з безперервним характером діяльності людини, в яких відсутні чіткі межі між виконуваними операціями, що ускладнює збір статистики за імовірностями їх правильного виконання.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Статистика. Патрульна поліція України. Веб-сайт. URL: <https://patrolpolice.gov.ua/statystyka/>.
2. Кашканова А. А., Біліченко В. В. Аспекти забезпечення безпеки дорожнього руху в транспортних системах міст України. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. 2024. №1(22). С. 170-181. DOI: 10.36910/automash.v1i22.1358.
3. European Automobile Manufacturers' Association (ACEA). The Automobile Industry Pocket Guide 2023/2024, Brussels, Belgium. URL: <https://www.acea.auto/files/ACEA-Pocket-Guide-2023-2024.pdf>.
4. Бучацький С., Дубровський В., Новицький О., Онищук О., Прокіпчук Л. Український авторинок: історія проблем та як їх розв'язати. ГС «Інститут досліджень авторинку». Веб-сайт. URL: <https://eauto.org.ua/news/130-ukrajinskiy-avtorinok-istoriya-problem-ta-yak-jih-rozvyazati>.
5. Кашканов А. А., Пальчевський О. В. Проблеми функціонування транспортних систем великих міст України в сучасних умовах. Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. 2022. №1(18). С. 97-102. DOI: 10.36910/automash.v1i18.764.
6. Розумний транспорт і логістика для міст : навчальний посібник / [авт. колектив: О.О. Лобашов, М.В. Ольхова, А.С. Галкін та ін.]. Житомир : «Житомирська політехніка», 2021. 612 с.
7. Методологічні основи проектування та функціонування інтелектуальних транспортних і виробничих систем : монографія / В.В. Аулін, А.В. Гриньків, А.О. Головатий [та ін.] ; під заг. ред. В.В. Ауліна. Кропивницький : Лисенко В. Ф., 2020. 428 с.
8. Kashkanov, A., Kashkanova, A., Podrigalo, M., Klets, D. et al. Estimation Parameters of Braking of Vehicles Category M1 at Definition of Circumstances Road Accidents, SAE Technical Paper 2022-01-1166, 2022, DOI: 10.4271/2022-01-1166.
9. Kashkanov, A., Semenov, A., Kashkanova, A., Kryvinska N., Palchevskiy O. & Baraban S. Estimating the effectiveness of electric vehicles braking when determining the circumstances of a traffic accident. Scientific Reports, 13, 2023, 19916, 1-18. DOI: 10.1038/s41598-023-47123-7.
10. European Commission. Directorate General for Mobility and Transport, TRL (Transport Research Laboratory). Study on the benefits resulting from the installation of event data recorders: final report. (Publications Office, 2014). DOI: 10.2832/66709.
11. Griffin, R. L., Carroll, S. & Jansen, J. O. (2020). Automatic collision notification availability and emergency response times following vehicle collision – An analysis of the 2017 crash investigation sampling system. Traffic Injury Prev. 21, S135–S139. DOI: 10.1080/15389588.2020.1817418.
12. Лазур Я.В., Карабін Т.О. Імплементация европейского законодательства у сфері управління безпекою автомобільних доріг в Україні. Аналітично-порівняльне правознавство. 2022. №6. С. 231-235. DOI: 10.24144/2788-6018.2022.06.41.
13. Система управління безпекою руху на автомобільному транспорті. Посібник розроблений в рамках Партнерського проекту Європейського Союзу Твіннінг «Підтримка Міністерства інфраструктури України з питань підвищення безпеки комерційних автоперевезень» (номер

UA/14/ENP/TR/43) [Електронний ресурс]. URL: https://mtu.gov.ua/files/GUIDE_ua_2016.pdf.

14. Абрамова Л.С., Наглюк І.С., Ширін В.В., Птиця Г.Г., Капінус С.В. Аудит безпеки дорожнього руху: підручник / під заг. ред І.С. Наглюка. Харків : ХНАДУ, 2016. 260 с.

15. Network Wide Road Safety Assessment : Methodology and Implementation Handbook. National Technical University of Athens, University of Zagreb, FRED Engineering S.R.I. January 2023. URL : <https://road-safety.transport.ec.europa.eu>.

16. Практичний посібник для аудиторів та інспекторів безпеки автомобільних доріг. World Bank Global road safety facility, Bloomberg Philanthropies, Українська асоціація аудиторів безпеки автомобільних доріг. 2022. Спеціальне видання адаптоване до умов безпеки автомобільних доріг в Україні. URL: https://www.roadsafetyfacility.org/ai_file_subscribe/file/721.

17. Абрамова Л.С., Наглюк І.С., Ширін В.В., Птиця Г.Г., Капінус С.В., Левченко О.С., Харченко Т.В. Практикум з проведення аудиту безпеки дорожнього руху: Навчальний посібник. Харків: ХНАДУ. 2019. 140 с.

18. Абрамова Л.С., Наглюк І.С., Левченко О.С. Аналіз методів проведення камеральних та польових досліджень аудиту безпеки дорожнього руху. Вісник ХНАДУ, вип. 75, 2016. С. 182-189.

19. CAREC Road Safety Engineering Manual 5 Star Ratings for Road Safety Audit. The Asian Development Bank. June 2022. URL : <http://dx.doi.org/10.22617/TIM220272-2>.

20. Бондар Т.В., Бородіна Н.А., Пина О.Г. Аудит безпеки автомобільних доріг. Дороги і мости. 2018. Вип. 18. С. 171-181.

21. Назарова К.О., Микитюк І.С., Гоцуляк В.Д. Аудит безпеки руху як імператив глобалізаційних процесів та ефективного державного менеджменту. Бізнес і Форум. 2020. № 6. С. 235-244.

22. Про затвердження Порядку виявлення аварійно-небезпечних ділянок та місць концентрації дорожньо-транспортних пригод. Мінінфраструктури; Наказ, Порядок, Картка [...] від 12.08.2022 № 598. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1313-22#Text>.

23. Henry Mintzberg. "Five Ps for Strategy" in The Strategy Process, H. Mintzberg and J.B. Quinn eds., 1992, Prentice-Hall International Editions, Englewood Cliffs NJ. P. 12-19.

24. The new Road Safety Manual (RSM) is designed to help countries at every stage of infrastructure development to fulfill road safety objectives. The third edition of PIARC, June 2024. URL : <https://roadsafety.piarc.org/en>.

25. Common Accident Data Set. Reference Guide Version 3.8.1 September 2023. Directorate-General for Mobility and Transport of the European Commission. URL : https://road-safety.transport.ec.europa.eu/document/download/7f8e38c2-87cf-4426-afc4-277ae4c24591_en?filename=CADaS%20Glossary_v%203_8_1.pdf.

26. Кашканов А. А. Технології підвищення ефективності автотехнічної експертизи дорожньо-транспортних пригод : монографія. Вінниця: ВНТУ, 2018. 160 с.

27. Struble DE & Struble JD (2020) Automotive Accident Reconstruction: Practices and Principles (2nd ed.). CRC Press, London. DOI: 10.1201/9781003008972

28. European Network of Forensic Science Institutes. Best Practice Manual for Road Accident Reconstruction, ENFSI, ENFSI-BPM-RAA-01. Version 01 - November 2015. http://enfsi.eu/wp-content/uploads/2016/09/4._road_accident_reconstruction_0.pdf.

29. Буренніков Ю. А., Кашканов А. А., Ребедайло В. М. Рухомий склад автомобільного транспорту: робочі процеси та елементи розрахунку: навч. посібник. Вінниця: ВНТУ, 2009. 267 с.

30. Раджика НВ (2012) Tyre and vehicle dynamics. 3rd Ed. Butterworth-Heinemann, Elsevier. DOI: 10.1016/C2010-0-68548-8.

31. Кашканов А. А., Біліченко В. В. Експлуатація та обслуговування транспортних машин: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2004. 136 с.

32. Кашканов А. А., Кашканова А. А., Грисюк О. Г. Оцінювання часу реакції водія при експертизі дорожньо-транспортних пригод. Міжвузівський збірник «Наукові нотатки». Луцьк: ЛНТУ, 2018. №62. С. 131-137.

33. Кашканова А. А. Надійність водія як фактор забезпечення безпеки дорожнього руху в транспортній системі міста. Матеріали XVI міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології та перспективи розвитку автомобільного транспорту», 23-25 жовтня 2023 року: збірник наукових праць. Вінниця: ВНТУ, 2023. С. 171-173.

34. Li, B., Gao, S., Liang, Y. et al. Estimation of Regional Economic Development Indicator from Transportation Network Analytics. Sci Rep 10, 2647 (2020). DOI: 10.1038/s41598-020-59505-2.

35. Ротштейн О.П., Кузнецов П.Д. Проективання бездефектних людино-машинних технологій. Київ: Техніка, 1992. 180 с.
36. Гнатієнко Г. М., Снитюк В. Є. Експертні технології прийняття рішень: монографія. К.: ТОВ «Маклаут», 2008. 444 с.
37. Cai K.Y. Introduction on Fuzzy Reliability. Boston: Kluwer Acad. Publ., 1996. 311 p.
38. Gilmore, Robert. Catastrophe Theory for Scientists and Engineers. New York: Dover, 1993.
39. Kosko B. Fuzzy cognitive maps. International Journal of Man-Machine Studies. 1986. Vol. 24. P. 65-75.

REFERENCES

1. Statystyka. Patrulna politsiia Ukrainy. Website. URL: [http:// patrolpolice.gov.ua/statystyka/](http://patrolpolice.gov.ua/statystyka/).
2. Kashkanova A. A., Bilichenko V. V. Aspekty zabezpechennia bezpeky dorozhnoho rukhu v transportnykh systemakh mist Ukrainy. Suchasni tekhnolohii v mashynobuduvanni ta transporti. 2024. №1(22). S. 170-181. DOI: 10.36910/automash.v1i22.1358.
3. European Automobile Manufacturers' Association (ACEA). The Automobile Industry Pocket Guide 2023/2024, Brussels, Belgium. URL: <https://www.acea.auto/files/ACEA-Pocket-Guide-2023-2024.pdf>.
4. Buchatskyi S., Dubrovskyi V., Novytskyi O., Onyshchuk O., Prokipchuk L. Ukrainyskyi avtorynok: istoriia problem ta yak yikh rozviazaty. HS «Instytut doslidzhen avtorynku». Website. URL: <https://eauto.org.ua/news/130-ukrajinskiy-avtorynok-istoriya-problem-ta-yak-jih-rozv-yazati>.
5. Kashkanov A. A., Palchevskyi O. V. Problemy funktsionuvannia transportnykh system velykykh mist Ukrainy v suchasnykh umovakh. Suchasni tekhnolohii v mashynobuduvanni ta transporti. 2022. №1(18). S. 97-102. DOI: 10.36910/automash.v1i18.764.
6. Rozumnyi transport i lohistyka dlia mist : navchalnyi posibnyk / [avt. kolektyv: O.O. Lobashov, M.V. Olkhova, A.S. Halkin ta in.]. Zhytomyr : «Zhytomyrska politehnika», 2021. 612 s.
7. Metodolohichni osnovy proektuvannia ta funktsionuvannia intelektualnykh transportnykh i vyrobnychykh system : monohrafiia / V.V. Aulin, A.V. Hrynkiv, A.O. Holovatyi [ta in.] ; pid zah. red. V.V. Aulina. Kropyvnytskyi : Lysenko V. F., 2020. 428 s.
8. Kashkanov, A., Kashkanova, A., Podrigalo, M., Klets, D. et al. Estimation Parameters of Braking of Vehicles Category M1 at Definition of Circumstances Road Accidents, SAE Technical Paper 2022-01-1166, 2022, DOI: 10.4271/2022-01-1166.
9. Kashkanov, A., Semenov, A., Kashkanova, A., Kryvinska N., Palchevskyi O. & Baraban S. Estimating the effectiveness of electric vehicles braking when determining the circumstances of a traffic accident. Scientific Reports, 13, 2023, 19916, 1-18. DOI: 10.1038/s41598-023-47123-7.
10. European Commission. Directorate General for Mobility and Transport, TRL (Transport Research Laboratory). Study on the benefits resulting from the installation of event data recorders: final report. (Publications Office, 2014). DOI: 10.2832/66709.
11. Griffin, R. L., Carroll, S. & Jansen, J. O. (2020). Automatic collision notification availability and emergency response times following vehicle collision – An analysis of the 2017 crash investigation sampling system. Traffic Injury Prev. 21, S135–S139. DOI: 10.1080/15389588.2020.1817418.
12. Lazur Ya.V., Karabin T.O. Implementatsiia yevropeiskoho zakonodavstva u sferi upravlinnia bezpekoiu avtomobilnykh dorih v Ukraini. Analitychno-porivnialne pravoznavstvo. 2022. №6. S. 231-235. DOI: 10.24144/2788-6018.2022.06.41.
13. Systema upravlinnia bezpekoiu rukhu na avtomobilnomu transporti. Posibnyk rozroblenyi v ramkakh Partnerskoho proektu Yevropeiskoho Soiuzu Tvinninh «Pidtrymka Ministerstva infrastruktury Ukrainy z pytan pidvyshchennia bezpeky komertsiinykh avtoperevezen» (nomer UA/14/ENP/TR/43) [Elektronnyi resurs]. URL: https://mtu.gov.ua/files/GUIDE_ua_2016.pdf.
14. Abramova L.S., Nahliuk I.S., Shyrin V.V., Ptytsia H.H., Kapinus S.V. Audyt bezpeky dorozhnoho rukhu: pidruchnyk / pid zah. red I.S. Nahliuka. Kharkiv : KhNADU, 2016. 260 s.
15. Network Wide Road Safety Assessment : Methodology and Implementation Handbook. National Technical University of Athens, University of Zagreb, FRED Engineering S.R.I. January 2023. URL : <https://road-safety.transport.ec.europa.eu>.
16. Praktychnyi posibnyk dlia audytoriv ta inspektoriv bezpeky avtomobilnykh dorih. World Bank Global road safety facility, Bloomberg Philanthropies, Ukrainska asotsiatsiia audytoriv bezpeky avtomobilnykh dorih. 2022. Spetsialne vydannia adaptovane do umov bezpeky avtomobilnykh dorih v Ukraini. URL: https://www.roadsafetyfacility.org/ai_file_subscribe/file/721.
17. Abramova L.S., Nahliuk I.S., Shyrin V.V., Ptytsia H.H., Kapinus S.V., Levchenko O.S.,

- Kharchenko T.V. *Praktykum z provedennia audytu bezpeky dorozhnogo rukhu: Navchalnyi posibnyk*. Kharkiv: KhNADU. 2019. 140 s.
18. Abramova L.S., Nahliuk I.S., Levchenko O.S. Analiz metodiv provedennia kameralnykh ta polovykh doslidzen audytu bezpeky dorozhnogo rukhu. *Visnyk KhNADU*, vyp. 75, 2016. S. 182-189.
 19. CAREC Road Safety Engineering Manual 5 Star Ratings for Road Safety Audit. The Asian Development Bank. June 2022. URL : <http://dx.doi.org/10.22617/TIM220272-2>.
 20. Bondar T.V., Borodina N.A., Pyna O.H. Audyt bezpeky avtomobilnykh dorih. *Dorohy i mosty*. 2018. Vyp. 18. S. 171-181.
 21. Nazarova K.O., Mykytiuk I.S., Hotsuliak V.D. Audyt bezpeky rukhu yak imperatyv hlobalizatsiinykh protsesiv ta efektyvnoho derzhavnoho menedzhmentu. *Biznes i Forum*. 2020. № 6. S. 235-244.
 22. Pro zatverdzhennia Poriadku vyjavlennia avariino-nebezpechnykh dilianok ta mistv kontsentratsii dorozhno-transportnykh pryhod. *Mininfrastruktury; Nakaz, Poriadok, Kartka [...] vid 12.08.2022 № 598*. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1313-22#Text>.
 23. Henry Mintzberg. "Five Ps for Strategy" in *The Strategy Process*, H. Mintzberg and J.B. Quinn eds., 1992, Prentice-Hall International Editions, Englewood Cliffs NJ. P. 12-19.
 24. The new Road Safety Manual (RSM) is designed to help countries at every stage of infrastructure development to fulfill road safety objectives. The third edition of PIARC, June 2024. URL : <https://roadsafety.piarc.org/en>.
 25. Common Accident Data Set. Reference Guide Version 3.8.1 September 2023. Directorate-General for Mobility and Transport of the European Commission. URL : https://road-safety.transport.ec.europa.eu/document/download/7f8e38c2-87cf-4426-afc4-277ae4c24591_en?filename=CADaS%20Glossary_v%203_8_1.pdf.
 26. Kashkanov A. A. *Tekhnologii pidvyshchennia efektyvnosti avtotekhnichnoi ekspertyzy dorozhno-transportnykh pryhod : monohrafiia*. Vinnytsia: VNTU, 2018. 160 s.
 27. Struble DE & Struble JD (2020) *Automotive Accident Reconstruction: Practices and Principles* (2nd ed.). CRC Press, London. DOI: 10.1201/9781003008972
 28. European Network of Forensic Science Institutes. *Best Practice Manual for Road Accident Reconstruction*, ENFSI, ENFSI-BPM-RAA-01. Version 01 - November 2015. http://enfsi.eu/wp-content/uploads/2016/09/4_road_accident_reconstruction_0.pdf.
 29. Buriennikov Yu. A., Kashkanov A. A., Rebedailo V. M. *Rukhomyi sklad avtomobilnoho transportu: robochi protsesy ta elementy rozrakhunku: navch. posibnyk*. Vinnytsia: VNTU, 2009. 267 s.
 30. Pacejka HB (2012) *Tyre and vehicle dynamics*. 3rd Ed. Butterworth-Heinemann, Elsevier. DOI: 10.1016/C2010-0-68548-8.
 31. Kashkanov A. A., Bilichenko V. V. *Ekspluatatsiia ta obsluhovuvannia transportnykh mashyn: navchalnyi posibnyk*. Vinnytsia: VNTU, 2004. 136 s.
 32. Kashkanov A. A., Kashkanova A. A., Hrysiuk O. H. Otsiniuvannia chasu reaktsii vodiia pry ekspertyzi dorozhno-transportnykh pryhod. *Mizhvuzivskyi zbirnyk «Naukovi notatky»*. Lutsk: LNTU, 2018. №62. S. 131-137.
 33. Kashkanova A. A. Nadiinist vodiia yak faktor zabezpechennia bezpeky dorozhnogo rukhu v transportnii systemi mista. *Materialy KhVI mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Suchasni tekhnologii ta perspektyvy rozvytku avtomobilnoho transportu», 23-25 zhovtnia 2023 roku: zbirnyk naukovykh prats*. Vinnytsia: VNTU, 2023. S. 171-173.
 34. Li, B., Gao, S., Liang, Y. et al. Estimation of Regional Economic Development Indicator from Transportation Network Analytics. *Sci Rep* 10, 2647 (2020). DOI: 10.1038/s41598-020-59505-2.
 35. Rotshtein O.P., Kuznetsov P.D. *Proektuvannia bezdefektnykh liudyno-mashynnykh tekhnologii*. Kyiv: Tekhnika, 1992. 180 s.
 36. Hnatiienko H. M., Snytiuk V. Ye. *Ekspertni tekhnologii pryiniattia rishen: monohrafiia*. K.: TOV «Maklout», 2008. 444 s.
 37. Cai K.Y. *Introduction on Fuzzy Reliability*. Boston: Kluwer Acad. Publ., 1996. 311 p.
 38. Gilmore, Robert. *Catastrophe Theory for Scientists and Engineers*. New York: Dover, 1993.
 39. Kosko B. Fuzzy cognitive maps. *International Journal of Man-Machine Studies*. 1986. Vol. 24. P. 65-75.

A. Kashkanova, V. Bilichenko. Problematic issues of scientific and methodological provision of road safety audit

The problem of high accident rates on the road transport of Ukraine in the context of the dynamic development of logistics and transport processes cannot be solved without the wide implementation of road safety audit, as it helps to improve the safety of transport processes, reduce social and economic losses from road accidents, and integrate Ukraine into the European and world transport space. The analysis of the relationship between the components of the road safety audit shows that the formation of ways of its improvement is impossible without an assessment of the functioning of the driver – car – road – environment system, in which the movement of vehicles takes place, their interaction with other road users under the influence of environmental factors. At the same time, the strategic priority issues of the road safety audit are the safety of vulnerable road users, providing drivers with information about traffic conditions, safety in specific traffic conditions, and minimizing the severity of the consequences of road accidents.

In the article, based on the analysis of the problematic issues of scientific and methodological support of road safety audit, the limitations of traditional approaches and empirical modeling methods used to ensure the quality and reliability of the audit were revealed, as they are based on the assumption of independence of input variables. To remove these restrictions and develop measures to improve audit procedures and increase road safety, it is proposed to take into account the mutual influence of factors and, based on their ranking, the use of methods of fuzzy logic, catastrophe theory, and cognitive sciences to model multifactorial dependencies.

Key words: transport systems, road transport, road safety, audit, accident rate analysis, examination of road accidents.

КАШКАНОВА Анастасія Андріївна, аспірантка кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: kashkanov9a@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4268-0000>

БІЛІЧЕНКО Віктор Вікторович, доктор технічних наук, професор, ректор, професор кафедри автомобілів та транспортного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, e-mail: bilichenko.v@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9681-5292>

Anastasiia KASHKANOVA, postgraduate student of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: kashkanov9a@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-4268-0000>

Viktor BILICHENKO, Doctor of Science in Engineering, Professor, Rector, Professor of the Department of Automobiles and Transport Management, Vinnytsia National Technical University, e-mail: bilichenko.v@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-9681-5292>

DOI 10.36910/automash.v2i23.1531