

Д.В. Руденко, А.А. Ренкас, В.І. Товарянський
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

ОЦІНКА ВПЛИВУ ДОРОЖНІХ УМОВ НА АВАРІЙНІСТЬ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ БАГАТОФАКТОРНОЇ МОДЕЛІ

Постановка проблеми. Процес виникнення дорожньо-транспортної пригоди є складним, тобто залежить від великої кількості факторів, взаємозв'язок яких часом недостатньо очевидний. На процес виникнення дорожньо-транспортної пригоди впливають такі умови, як: постійні (наприклад дорожні умови) і випадкові (погодні умови, технічний стан транспортного засобу, психофізіологічний стан водія). Інакше кажучи, дорожні умови за певний період зазнають змін: погіршується рівність дорожнього покриття та дорожнє зчеплення, проводиться реконструкція доріг. Однак час, протягом якого відбуваються ці зміни, незрівнянно більший від часу зміни погодних умов, технічного стану транспортних засобів, психофізіологічного стану водія. Тому, якщо мова йде про конкретну дорожньо-транспортну пригоду або про групу дорожньо-транспортних пригод, скоєних за порівняно невеликий проміжок часу, то така постановка питання виправдана.

Мета. Метою роботи було дослідження методу коефіцієнтів аварійності з введенням в цей метод додаткових вартісних коефіцієнтів, що дозволяє встановити ті ділянки доріг, на яких слід проводити заходи, спрямовані на покращення умов або реконструкцію окремих ділянок доріг, в першу чергу.

Методи. Під час досліджень використано багатofакторну модель впливу дорожніх умов на аварійність ділянок доріг.

Результати. У роботі встановлено, що параметр α_i є показником рівня впливу i -го чинника (приватного коефіцієнта аварійності) на підсумкову характеристику аварійності. Розрахунки за багатьма варіантами ділянок доріг різних категорій показують, що діапазон зміни параметра α_i досить широкий і залежить від поєднання дорожніх умов. Чисельні значення можуть як підвищувати вагову частку i -го чинника в підсумковій аварійності, так і зменшувати її.

Висновки. Запропоновано прийняти метод коефіцієнтів аварійності як основу статистичної моделі взаємного впливу дорожніх умов. Виразити багатofакторну модель впливу дорожніх умов на аварійність ділянок доріг мультиплікативною функціональною залежністю і отримати параметри статистичного взаємозв'язку між факторами (α_i та A_0). Інтерпретувати параметр A_0 як частину підсумкового коефіцієнта аварійності, не залежну від дорожніх умов, або не враховану частковими коефіцієнтами аварійності. А параметр α_i як ступінь впливу i -го чинника на підсумковий показник аварійності.

Ключові слова: показники аварійності на автомобільних дорогах, причини виникнення дорожньо-транспортних пригод, психофізіологічні чинники водія.

D.V. Rudenko, A.A. Renkas, V.I. Tovaryansky
Lviv State University of Life Safety

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF ROAD CONDITIONS ON ACCIDENTS WITH THE APPLICATION OF THE MULTIFACTOR MODEL

Introduction. The process of an accident is complex because it depends on a large number of factors, the relationship of which is sometimes not obvious enough. The process of a traffic accident is influenced by such conditions as: permanent (for example road conditions) and accidental (weather conditions, technical condition of the vehicle, psycho-physiological condition of the driver). In other words, road conditions are changing over a certain period: the level of road surface and road grip is deteriorating, roads are being reconstructed. However, the time during which these changes occur is incomparably greater than the time of changes in weather conditions, the technical condition of vehicles, the psycho-physiological condition of the driver. Therefore, if we are talking about a specific road accident or a group of road accidents committed in a relatively short time, then such a question is justified.

Purpose. The work aimed to study the method of accident coefficients with the introduction of additional cost coefficients in this method, which allows establishing those sections of roads on which measures should be taken to improve conditions or reconstruction of individual road sections in the first place.

Methods. During the research, a multifactor model of the influence of road conditions on the accident rate of road sections was used.

Results. The paper found that the parameter α_i is an indicator of the level of influence of the i -th factor (private accident rate) on the final characteristic of the accident. Calculations for many variants of road sections of different categories show that the range of change of parameter α_i is quite wide and depends on the combination of road conditions. Numerical values can both increase the weight share of the i -th factor in the final accident, and reduce it.

Conclusion. It is proposed to adopt the method of accident coefficients as the basis of the statistical model of mutual influence of road conditions. Express a multifactor model of the influence of road conditions on the accident rate of road sections by a multiplicative functional dependence and obtain the parameters of the statistical relationship between the factors (α_i та A_0). Interpret the parameter A_0 as part of the final accident rate, independent of road conditions, or not taken into account by private accident rates. And the parameter α_i - as the degree of influence of the i -th factor on the final accident rate.

Keywords: indicators of accidents on highways, causes of road accidents, psycho-physiological factors of the driver.

Вступ. Стратегія дослідження проблем безпеки руху охоплює вивчення складного, відзначеного високою динамікою зв'язку численних елементів і підсистем, комплексу "дорожній рух". Знання характеру взаємозалежності окремих факторів і їх впливу на узагальнюючі показники дозволить підібрати таку математичну модель, за допомогою якої можна буде здійснювати обґрунтований перехід від показників нижчого рівня до узагальнюючих показників. Іншими словами, дозволить переходити від приватної дорожньо-транспортної пригоди до узагальнюючих показників ланок системи "дорожній рух" та від них – до конкретних факторів і причин, які призвели до аварій. Для практичної стратегії виявляється, що знання в кількісному виразі вагового впливу первинного показника (ступеня впливу дорожнього фактора) на узагальнюючий показник (підсумкову аварійність) дає можливість глибше зрозуміти причинно-наслідковий механізм виникнення аварійних ситуацій, тим самим досить обґрунтовано і ефективно впливати на дорожній рух, а також створювати передумови для оптимального, взаємопов'язаного впливу на дорожній рух з метою розробки комплексу технічних, технологічних, екологічних, соціальних, правових, а також освітніх та виховних заходів, що забезпечують безпеку руху.

Методи досліджень. У науковій літературі [1, 2] наводяться досить суперечливі дані про причини виникнення дорожньо-транспортних пригод. Це пояснюється тим, що: по-перше, в більшості випадків під час дорожньо-транспортної пригоди одночасно беруть участь декілька видів причинно-наслідкових зв'язків [3, 4], в яких задіяні численні чинники з різним ступенем впливу, по-друге, при аналізі причин виникнення дорожньо-транспортної пригоди використовуються різні методи і критерії оцінки впливу певних факторів залежно від розв'язуваних завдань, по-третє, недосконалість методів реєстрації та документації обліку дорожньо-транспортних пригод призводять до недостатньо повного узагальнення і помилкових висновків.

Автори робіт [5, 6] поділяють причини дорожньо-транспортних пригод на дві групи: суб'єктивні, пов'язані з помилковими діями учасників руху,

і об'єктивні, що визначаються недосконалістю або несправністю технічних засобів руху (рухомого складу, доріг, засобів регулювання і т. д.). Ряд дослідників в роботах [7, 8, 9] виділяє (як основні) групи причин і факторів, що викликають відхилення в системі "дорожній рух", що призводять до аварійних умов: порушення правил дорожнього руху водіями, недостатня кваліфікація їх, недисциплінованість пішоходів, пасажирів, відсутність елементарних знань ними правил дорожнього руху і поведінки, технічна недосконалість конструкцій і несправності транспортних засобів, несприятливі дорожні умови, організаційні недоліки, складні погодні умови. Суб'єктивні причини дорожньо-транспортних пригод, пов'язані з "людським фактором", деякі дослідники відносять до найважливіших, тому що під їх впливом трапляється від 60% до 90% всіх пригод [9]. Сюди відносяться не лише недисциплінованість, недосвідченість, невідповідність кваліфікації, фізичний стан учасників руху, а й несумлінність, або недбалість посадових осіб (дорожньо-експлуатаційні організації, працівники автотранспортних підприємств і сервісу, співробітники Національної поліції).

Інші дослідники [10, 11] вважають, що в 60-90% випадків дорожньо-транспортних пригод винні лише водії, з яких 60-65% – це власники індивідуальних транспортних засобів. Статистика стверджує, що 64% аварій на дорогах здійснені водіями індивідуальних транспортних засобів в нетверезому стані, а кожна п'ята аварія відбувається внаслідок алкогольного сп'яніння водія.

Результати досліджень. Безумовно, людський фактор, що характеризує поведінку учасників руху, найбільш важливий при вирішенні питань безпеки руху. Однак знання простих процентних співвідношень, викладених вище, не визначає шляхів вирішення цих проблем. Дійсно, не зрозуміло через які чинники 47% водіїв відчувають напруженість трудового ритму: чи то в результаті підвищеного обсягу робіт, чи то через якісь несправності автомобіля, або ж через поєднання несприятливих дорожніх умов, що заважають працювати в нормальному ритмі. Невідомо через які чинники 45% водіїв відчувають вібрацію – несправність автомобіля,

нерівність дороги і т.ін. І якщо визначити самі чинники шляхом анкетного опитування з певним ступенем вірогідності можливо, що для виявлення кількісного показника сили впливу того чи іншого фактора необхідні додаткові дослідження.

Поки що не визначено показник, який би в кількісному виразі оцінював результат впливу різних чинників на психофізіологічний стан учасників руху. Такий стан пояснюється тим, що і до нині результат впливу факторів на поведінку учасників руху не узагальнено результуючим показником. Наприклад, таким показником міг би служити певний коефіцієнт, який відображав би надійність учасників руху з точки зору забезпечення ним безпеки. У поняття "надійності учасника руху" варто було б включити досить швидке реагування на зміну дорожньої ситуації і адекватну ступеню небезпеки поведінку осіб, що беруть участь у дорожньому русі.

Багато дослідників в роботах [4, 5, 6] відзначають, що через несправність транспортних засобів відбувається від 2 до 4.6% дорожньо-транспортних пригод (максимум 10-12%). Такий порівняно невеликий відсоток пояснюється тим, що на сьогодні наявна висока надійність транспортних засобів завдяки конструктивним рішенням і організації технічних оглядів для всього транспорту.

Значне місце в переліку причин дорожньо-транспортних пригод займають природно-кліматичні умови руху: погана видимість вночі, ожеледиця, сильний боковий вітер, туман, атмосферні опади, сонячна активність. Вчені Угорщини стверджують, що 35% дорожньо-транспортних пригод відбуваються в періоди проходження погодних фронтів [8]. Вчені-медики [1] доводять, що наше здоров'я залежить від гравітаційних аномалій в Сонячній системі, збурень геомагнітного поля, різких перепадів атмосферного тиску і температури навколишнього повітря. Різкі зміни погоди (ожеледь, туман та ін.), як правило, супроводжуються несприятливою геофізичною ситуацією і призводять до уповільнення умовно-рефлекторних реакцій центральної нервової системи людини. Непомітна в звичайному житті для людини загальмованість реакції на зміну дорожньої обстановки, в умовах напруженого дорожнього руху може бути причиною аварії [5, 6]. Фактори природно-кліматичних умов, не піддаються прямому втручанню людини. Проте, існує велике різноманіття способів зниження їх негативного впливу. У науковій літературі [9, 10, 11] наведені чисельні великі переліки заходів, які забезпечують, на думку авторів цих робіт, безпечний рух транспорту в складних погодних умовах. Ефективність цих заходів була б вищою, якби їх розробка велася з урахуванням впливу на аварійність окремих факторів, що входять до

складу погодно-кліматичних умов, які б узагальнював коефіцієнт впливу погодних умов.

У розглянутих підсистемах комплексу "дорожні умови" слід відзначити відсутність, в даний час, узагальнених показників, що ускладнює аналіз зв'язку між факторами за допомогою вагових коефіцієнтів впливу. Висновок узагальнюючих показників для підсистем "учасники руху - транспортні засоби - середовище руху" не входить в завдання цього дослідження. У цій статті предметом дослідження є "дорожні умови". Розглянемо цю підсистему більш докладно. Відзначимо, що дорожні умови є одним з найбільш вразливих ланок системи "дорожній рух" з точки зору безпеки руху.

Багатовимірною моделлю є традиційний метод коефіцієнтів аварійності, але статистичний зв'язок між факторами тут виражений слабо. Проте цей метод є хорошою базою для визначення вагових частин кожного окремого фактора в підсумковому коефіцієнті аварійності. Цей висновок випливає з таких міркувань. У методі коефіцієнтів аварійності В.Ф.Бабкову вдалося узагальнити значний обсяг статистичного матеріалу про дорожньо-транспортні пригоди за допомогою відносної характеристики зміни кількості пригод при зміні одного з елементів дороги і приблизно постійних значеннях інших факторів впливу. Ця характеристика отримала назву відносної кількості пригод, або приватного коефіцієнта аварійності, який характеризує безпеку умов руху, (що формується впливом окремих елементів плану, поздовжнього та поперечного профілів і придорожньої обстановки) в порівнянні з умовами руху по двосмуговій дорозі з шириною проїзної частини 7,5 м, укріпленими узбіччями і шорстким покриттям [12].

$$K_{\text{під}} = \prod_{i=1}^n K_i, \quad (1)$$

де $K_{\text{під}}$ – підсумковий коефіцієнт аварійності;

K_i – приватні коефіцієнти аварійності, чисельні значення яких визначені за вітчизняними і закордонними статистичними даними аварійності;

n – кількість факторів, прийнятих до розгляду.

Метод коефіцієнтів аварійності передбачає побудову лінійних графіків коефіцієнтів аварійності, які будують з урахуванням того, що вплив небезпечного місця поширюється і на сусідні ділянки, де відбувається викликана цим зміна режимів руху. Для цього всю трасу дороги аналізують за кожним показником, виділяючи на ній однорідні за умовами руху ділянки. Після цього обчислюють підсумковий коефіцієнт аварійності для кожної ділянки за формулою (1).

Далі метод коефіцієнтів аварійності удосконалювався і для складних ділянок, де значення коефіцієнтів відрізняються порівняно мало, було

запропоновано ввести додаткові коефіцієнти важкості подій, які визначалися з даних про втрати народного господарства від дорожньо-транспортних пригод [12,13]. За одиницю додаткових вартісних коефіцієнтів прийнято середнє значення втрат народного господарства від однієї події на еталонних ділянках.

$$M = m_1 \cdot m_2 \cdot \dots \cdot m_i \cdot \dots \cdot m_n. \quad (2)$$

Тоді формула (1) буде мати вигляд:

$$K_{nid}^* = M_m K_{nid} = \prod_{i=1}^n m_i K_i, \quad (3)$$

де K_{nid}^* – підсумковий коефіцієнт аварійності з урахуванням важкості дорожньо-транспортної пригоди;

K_{nid} – підсумковий коефіцієнт аварійності;

M_T – підсумковий коефіцієнт тяжкості дорожньо-транспортної пригоди;

M_i – додатковий вартісний коефіцієнт;

K_j – приватний коефіцієнт аварійності.

Введення в метод коефіцієнтів аварійності додаткових вартісних коефіцієнтів дає змогу встановити ті ділянки доріг, на яких слід проводити заходи, спрямовані на покращення умов або реконструкцію окремих ділянок доріг, в першу чергу. Однак в практичних цілях корисно знати не лише яку ділянку необхідно ремонтувати в першу чергу, але і що робити на цій ділянці, тобто визначити характер робіт з усунення осередків аварійності і при цьому звести до мінімуму суб'єктивний фактор. Іншими словами, потрібна математична модель, яка своїми параметрами визначала б характер цілеспрямованих впливів на дорожні умови.

Одним з можливих варіантів математичної моделі, що відповідає пред'явленим вище вимогам, може бути мультиплікативна функція виду:

$$Y = C_0 \prod_{i=1}^n X_i^{\alpha_i}, \quad (4)$$

де Y – результат одночасного впливу чинників;

X_i – фактор, який впливає на результат;

α_i – коефіцієнт інтенсивності впливу X_i на Y ;

C_0 – параметр, який задає початковий стан системи.

У додатку до методу коефіцієнтів аварійності дана функція має вигляд:

$$K_{nid} = A_0 \prod_{i=1}^n K_i^{\alpha_i}, \quad (5)$$

де K_{nid} – підсумковий коефіцієнт аварійності;

K_i – власний коефіцієнт аварійності, який визначається згідно з Методикою [15];

A_0 та α_i – параметри регресії.

Запишемо цю функцію у вигляді:

$$K_{nid} = A_0 K_1^{\alpha_1} K_2^{\alpha_2} K_3^{\alpha_3} \dots K_n^{\alpha_n}. \quad (6)$$

Прологарифмуємо цей вираз за десятковою основою:

$$\lg K_{nid} = \lg A_0 + \alpha_1 \lg K_1 + \alpha_2 \lg K_2 + \alpha_3 \lg K_3 + \alpha_n \lg K_n \quad (7)$$

Рівень безпеки руху мережі доріг згідно з М 218-033450778-652:2008 «Методика оцінки рівнів безпеки руху на автомобільних дорогах України», характеризується відносними показниками аварійності та/або важкості наслідків від ДТП по відношенню до умовно прийнятого безпечного рівня. За безпечний рівень рекомендується приймати відповідний середній показник за період, що аналізується, або «еталонний» показник, визначений для конкретного періоду часу і простору, який в даній ситуації максимально захищає людину від ризиків потрапити в ДТП.

Для коректного порівняння різнорозмірних показників, згідно з Методикою [15], введено коефіцієнти нерівномірності розподілу рівнів аварійності та важкості наслідків ДТП (далі коефіцієнт рівнів аварійності та важкості наслідків ДТП), що визначаються як відношення середніх i -тих показників рівня аварійності або важкості наслідків ДТП на конкретній дорозі (мережі доріг) до середнього показника у відповідній групі доріг, який слід приймати за умовну одиницю.

Переходячи до натурального масштабу, значення параметрів регресії α_i та A_0 визначаються за формулами:

$$\alpha_i = \frac{S \cdot K_{nid}}{S \cdot K_i} \alpha_i, \quad (8)$$

$$A_0 = K_{nid} - \sum_{i=1}^n \alpha_i K_i, \quad (9)$$

звільняючись від логарифмів, ми можемо отримати функцію (6), де α_i та A_0 – конкретні числові значення для цього поєднання дорожніх умов.

Коефіцієнти множинної кореляції визначаються з формули:

$$R = \sqrt{\sum_{i=1}^n a_i R_{K_{nid}}^0 K_i^0}. \quad (10)$$

Коефіцієнт множинної кореляції є показник сили зв'язку множинної регресії. Розрахунки показують, що $0,95 \leq R \leq 1$, і це говорить про досить сильний зв'язок між розглянутими параметрами. А ступінь адекватності моделі реальним умовам оцінюється за відомим критерієм F (критерій Фішера), який досить повно викладено в літературі з математичної статистики і являє собою відношення дисперсії K_{nid} до залишкової дисперсії $K_{nid,зал}$.

$$F = \frac{K_{nid}}{K_{nid.zal}}. \quad (11)$$

Чисельні значення параметрів A_0 і обчислюються за формулами (8 та 9), тобто визначаються формальним шляхом. Для того, щоб мати можливість більш повно оцінити стан аварійності ділянок доріг за допомогою A_0 та α_i , слід чітко визначити їх технічне утримання.

Сутність параметра A_0 впливає зі структури формули (5) і обумовлена характером статистичного взаємозв'язку факторів, які відображені в приватних коефіцієнтах аварійності. У реальних дорожніх умовах фактори, які з'явилися внаслідок конкретної події, настільки тісно взаємопов'язані між собою, що часом не просто, а іноді й неможливо з упевненістю заявити про пріоритет того чи іншого чинника, а тим більше виконати будь-який обґрунтований розподіл причин аварій.

Уявімо собі пригоду, при якій відбулося зіткнення транспортних засобів, які прямують в протилежних напрямках. Як можливі причини виникнення аварії, пов'язані з дорожніми умовами, можна виділити наявність ухилу (більше 15%), недостатню ширину проїзної частини, незабезпечену видимість, неукріплені узбіччя. Однак в цьому випадку можна припустити й інші причини: помилки водія при здійсненні маневрів, несправності систем управління автомобілем, погодні умови, різновидність транспортного потоку за швидкісними характеристиками і т.д.

Тому, узагальнюючи показники, взяті із статистики дорожньо-транспортних пригод, і визначені для конкретних елементів дороги та придорожньої обстановки, приватні коефіцієнти аварійності, незалежно від того, хочемо ми цього чи ні, містять в собі причини, які не залежать від дорожніх умов. Зі структури формули (5) випливає, що ПК є множителем, який характеризує вплив дорожніх умов, а параметр A_0 – не залежить від них. Іншими словами A_0 акумулює в собі чинники, які залежать від дорожніх умов, або неврахованих методом коефіцієнтів аварійності. На незалежність параметра типу A_0 від аргументів функції виду (5) вказується і в літературі з математичної статистики [14]. З виразу (5) видно, що

параметр A_0 набуває значення K_{nid} , якщо $\prod_{i=1}^n K_i = 1$

. Це можливо в двох випадках: або коли значення всіх $\alpha_i=0$, тобто за відсутності впливу дорожніх умов, що не можливе в реальних умовах дороги; або коли значення $K_i=1$, тобто при еталонних умовах руху, чого можна досягти лише при будівництві нових доріг за сучасними нормативами. Значення A_0 , відмінні від одиниці, вказують на

існування одного або декількох небезпечно діючих факторів, визначити які можна за допомогою параметра α_i . А при величині $A_0 = 1$, і це підтверджується розрахунками, значення всіх α_i , що входять в рівняння (5), прямують до одиниці, тобто за цих умов система взаємопов'язаних факторів прагне до рівновеликого їх впливу. Отже, градацію безпеки ділянок доріг за підсумковим коефіцієнтом аварійності, що визначається за Методикою [15], можна проводити або досягнувши рівного одиничного впливу факторів, або з урахуванням параметра A_0 , який можна назвати коефіцієнтом незалежного впливу, тому що A_0 не залежить від поєднання дорожніх умов, а служить мірою перерозподілу вагової участі приватних коефіцієнтів аварійності в підсумковому коефіцієнті аварійності. Це дозволяє скорегувати значення підсумкового коефіцієнта аварійності, виключивши з нього вплив факторів, що не залежать від дорожніх умов, і визначити фактичний сукупний вплив дорожніх факторів для кожної елементарної j -ї ділянки дороги за формулою:

$$K_{nid.j}^{\phi} = \frac{K_{nid.j}}{A_0}. \quad (12)$$

З виразу (12) випливає, що при $A_0 < 1$, вплив дорожніх умов на j -й ділянці дороги буде збільшуватися, при $A_0 = 1$ – буде відповідати сумарному впливу дорожніх умов, прийнятому згідно з Методикою [15], при $A_0 > 1$ – зменшуватись.

Параметр α_i є показником рівня впливу i -го чинника (приватного коефіцієнта аварійності) на підсумкову характеристику аварійності K_{nid} . Розрахунки за багатьма варіантами ділянок доріг різних категорій показують, що діапазон зміни параметра α_i досить широкий і залежить від поєднання дорожніх умов. Чисельні значення можуть як підвищувати вагову частку i -го чинника в підсумковій аварійності, так і зменшувати її. Для того, щоб визначити фактичну частку участі конкретного дорожнього фактора в підсумковому коефіцієнті аварійності, досить значення i -го приватного коефіцієнта аварійності елементарної ділянки звести в ступінь його впливу

$$K_i^{\phi} = K_i^{\alpha_i} \quad (13)$$

З виразу (13) випливає, що в залежності від абсолютної величини K_i , а також від абсолютної величини і значення α_i , будуть змінюватися значення K_i^{ϕ} . Характер цих змін в залежності від величини заданих (K_i) і розрахованих (α_i) параметрів наведено в таблиці 1.

Таблиця 1

Залежність коефіцієнта аварійності елементарної ділянки від коефіцієнта інтенсивності впливу

Значення параметрів		Характер зміни значення K_i^{ϕ}
K_i	α_i	
$K_i < 1$	$0 < \alpha_i < 1$	Збільшується
	$\alpha_i > 1$	Збільшується
	$\alpha_i < 0$	Зменшується
$K_i > 1$	$0 < \alpha_i < 1$	Зменшується
	$\alpha_i > 1$	Зменшується
	$\alpha_i < 0$	Збільшується

За чисельним значенням параметрів, що характеризують взаємний вплив чинників, є можливість більш повно оцінити стан аварійності в реальних дорожніх умовах і більш обґрунтовано призначати заходи із усунення осередків аварійності.

Нехай ми маємо три ділянки з однаковими значеннями підсумкового коефіцієнта аварійності $K_{\text{під}} = 15$, а значення параметра A_0 для першої ділянки $A_{01} = 1.5$; для другої $A_{02} = 1.0$; для третьої $A_{03} = 0.5$. Визначивши фактичне значення підсумкового коефіцієнта аварійності за формулою (13) отримуємо:

$$K_{\text{під.1}} = 10; K_{\text{під.2}} = 15; K_{\text{під.3}} = 30.$$

Таким чином на першій ділянці зберігається досить безпечний рівень впливу дорожніх умов на аварійність, на другій – малонебезпечний рівень, близький до гранично допустимого, на третій ділянці рівень перевищив гранично допустимі норми і потребує втручання і виправлення дорожніх умов. Але виникає питання: які дорожні умови повинні бути виправлені і що потрібно зробити для усунення негативного впливу дорожніх умов? Тут треба звернути увагу на значення параметрів K_i та α_i . Вони дозволяють встановити фактичні значення приватних коефіцієнтів аварійності за формулою (13), які будуть залежати від величини K_i і від величини і значення α_i . Порахувавши за формулою (13) фактичні значення кожного коефіцієнта аварійності, їх слід ранжувати за ступенем негативного впливу і для подальшого аналізу залишити ті, чий значення позитивні і перевищують одиницю.

Наприклад: нехай на певній ділянці дороги чинять вплив ряд дорожніх умов, параметри яких вдалося встановити за допомогою уточненого методу коефіцієнтів аварійності: інтенсивність руху $K_{i1} = 1,3$, рівень впливу $\alpha_{i1} = 0,63$; ширина проїзної частини $K_2 = 0,9$, $\alpha_2 = -2,8$; ширина узбіччя $K_3 = 1,2$, $\alpha_3 = -1,2$; поздовжній ухил $K_4 = 1,25$, $\alpha_4 = 4,1$; стан покриття $K_{16} = 0,75$, $\alpha_{16} = -0,92$. Визначимо за формулою (8) фактичний вплив наведених дорожніх умов і проаналізуємо їх: $K_1 = 1,18$; $K_2 = 1,35$; $K_3 = 0,8$; $K_4 = 2,5$; $K_{16} = 1,3$.

Порівняємо параметри дорожніх умов, згідно з Методикою [15] та ДБН [16], які відповідають початковим і розрахунковим значенням приватних коефіцієнтів аварійності. $K_1 = 1,3$ відповідає інтенсивності руху 7 тисяч авт/добу на двосмуговій дорозі. Фактичний вплив $K_1 = 1,18$ відповідає інтенсивності 5 тисяч авт/добу на трисмуговій дорозі з розміткою осьової лінії. $K_2 = 0,9$ відповідає ширині проїзної частини 10,5 м при неукріплених узбіччях. Фактичне значення $K_2 = 1,35$ – ширині 6 м при укріплених узбіччях. $K_3 = 1,2$ – ширині узбіччя в 2 м, $K_3 = 0,8$ – 4 м. K_4 відповідає ухилу 30% , $K_4 = 2,5$ - 50% . $K_{16} = 0,75$ відповідає коефіцієнту зчеплення $\varphi = 0,75$. Фактичне значення $K_{16} = 1,3$ та відповідає $\varphi = 0,6$.

Таким чином стала очевидною невідповідність первинних параметрів дорожніх умов до їх фактичного впливу. Звідси випливають і заходи, необхідні для підтримки безпечного рівня.

Висновки у цій статті. Теоретичні дослідження дали змогу:

- прийняти метод коефіцієнтів аварійності як основу статистичної моделі взаємного впливу дорожніх умов;
- виразити багатофакторну модель впливу дорожніх умов на аварійність ділянок доріг мультиплікативною функціональною залежністю згідно з формулою (5), і отримати параметри статистичного взаємозв'язку між факторами (α_i та A_0);
- інтерпретувати параметр A_0 як частину підсумкового коефіцієнта аварійності, не залежну від дорожніх умов, або не враховану приватними коефіцієнтами аварійності. А параметр α_i - як ступінь впливу i -го чинника на підсумковий показник аварійності;
- розкрити суть і встановити критерії пошуку оптимального поєднання дорожніх умов;
- встановити область застосування методу для вирішення інженерних завдань.

Список літератури:

1. Гоженко А.І., Біла Ю.С. Проблеми виникнення дорожньо-транспортних пригод та дорожньо-транспортного травматизму в Україні. Можливі шляхи їх вирішення. Актуальні проблеми транспортної медицини: матеріали конф., м. Одеса, 2012. №3(29). С. 11-21.
2. Собакарь А. О., Холмянський Я. Д., Тараненко С. М.. Основи безпеки дорожнього руху: навч. посібник / В.М. Бесчастний (ред.). К.: Знання, 2007. 311 с.
3. Білоус В. А. Досконала дорожня мережа основа економічного розвитку держави // Український держ. лісотехн. ун-т. Науковий вісник. Львів, 2005. Вип. 9.11: Сучасна екологія і проблеми сталого розвитку суспільства. С. 159–163.

4. Долгополова М. М. Характеристика систем управління забезпечення безпеки дорожнього руху в державах розвинутої автомобілізації // Вісник. Запоріжжя, 2005. №2 (19). С. 173–179.
5. Коваленко Л. О. Основні причини скоєння дорожньо-транспортних пригод та їх наслідки. Вісник ХНАДУ, вип. 86, 2019, т. II. С. 94-98.
6. Гончаренко Ф. П. Теоретичні основи та практичні методи підвищення безпеки руху при експлуатації автомобільних доріг: монографія. Київ, 2000. 352 с.
7. Prasolenko O., Lobashov O., Galkin A. The Human Factor in Road Traffic Citi. International Journal of Automation, Control and Intelligent Systems. 2015. Vol.1, №. 3. P. 77–84.
8. Singh R., Conjete S., Banerjee R. Assessment of driver stress from physiological signals collected under real time semi urban driving scenarios. International Journal of Computation Intelligence Systems. 2014. Vol.7, №. 5. P. 909–923.
9. Taylor D. Drivers galvanic skin response and the risk of accident. Ergonomics. 1964. Vol.7, №. 4. P. 439–451. 8. Eugene R., Luttrell G., Russell E., Rys M. Modeling traffic flows and conflicts at roundabouts. Mack-Blackwell rural Transportation Center University of Arkansas. Kansas State University City of Manhattan. February 2000. P. 36–51.
10. Сусанин, В. В. Исследование параметров подсистемы водитель-дорога: дис, канд. тех. наук: 05.22.10. Санкт-Петербургский гос. архитектурно-строит. ун-т. - Санкт-Петербург, 1999. 201 с.
11. Ротенберг А., Хубелашвили Ш. Время реакции водителя. // Автомобильный транспорт, №8, 1976, С. 54-56.
12. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения. Москва, Транспорт, 1982, 288 с.
13. Дивочкин О.А., Анохин Б.Б. Оценка по методу "до и после" эффекта от мероприятий по повышению безопасности движения. Москва, 1986, С. 61-67.
14. Ивченко Т.И., Медведев Ю.И. Математическая статистика. Москва. Высшая школа, 1984, 230 с.
15. М 218-033450778-652:2008 «Методика оцінки рівнів безпеки руху на автомобільних дорогах України»
16. ДБН В.2.3-4:2015 "Автомобільні дороги. Частина I. Проектування. Частина II. Будівництво.
2. Sobakar A.O., Kholmyanskiy Ya. D., Taranenko S. M .. Fundamentals of safety for road ruch: navch. posibnik / V.M. Unhappy (ed.). - K. : Znannya, 2007.311 p.
3. Bilous V.A. lisotechn. un-t. Naukovy visnik. Lviv, 2005. Vip. 9.11: Current ecology and problems of steel development of the suspension. P. 159-163.
4. Dolgopolova MM Characteristics of control systems for securing safety of road traffic in the states of advanced motor vehicles // Bulletin. Zaporizhzhya, 2005. No. 2 (19). P. 173-179.
5. Kovalenko L. O. The main reasons for the loss of road transport is suitable for those inherited. Visnik KhNADU, vip. 86, 2019, vol. II. P. 94-98.
6. Goncharenko F. P. Theoretical foundations and practical methods of advancing the safety of the road during the operation of automobile roads: monograph. Kiev, 2000.352 p.
7. Prasolenko O., Lobashov O., Galkin A. The Human Factor in Road Traffic Citi. International Journal of Automation, Control and Intelligent Systems. 2015. Vol.1, no. 3. P. 77–84.
8. Singh R., Conjete S., Banerjee R. Assessment of driver stress from physiological signals collected under real time semi urban driving scenarios. International Journal of Computation Intelligence Systems. 2014. Vol.7, no. 5. P. 909-923.
9. Taylor D. Drivers galvanic skin response and the risk of accident. Ergonomics. 1964. Vol.7, no. 4. P. 439–451. 8. Eugene R., Luttrell G., Russell E., Rys M. Modeling traffic flows and conflicts at roundabouts. Mack-Blackwell rural Transportation Center University of Arkansas. Kansas State University City of Manhattan. February 2000. P. 36-51.
10. Susanin, VV Study of the parameters of the driver-road subsystem: dis, cand. those. Sciences: 05.22.10. St. Petersburg State architectural and building. un-t. - St. Petersburg, 1999. 201 p.
11. Rotenberg A., Khubelashvili Sh. Driver's reaction time. // Automobile transport, No. 8, 1976, pp. 54-56.
12. Babkov V.F. Road conditions and traffic safety. Moscow, Transport, 1982, 288 p.
13. Divochkin O.A., Anokhin B.B. Assessment using the "before and after" method of the effect of measures to improve traffic safety. Moscow, 1986, P. 61-67.
14. Ivchenko T.I., Medvedev Yu.I. Math statistics. Moscow. Higher school, 1984, 230 p.
15. М 218-033450778-652: 2008 "Methodology for assessing the level of safety on the roads of Ukraine"
16. DBN V.2.3-4: 2015 "Automobile roads. Part I. Design. Part II. Business."

References:

1. Materials of the conference. Problems of road traffic accidents are suitable for road traffic injuries in Ukraine. Gozhenko, Yu.S. Bila // Actual problems of transport medicine. - 2012. - No. 3 (29). - P. 11-21.

* **Науково-методична стаття**

Стаття надійшла до редакції **22.11.2021.**