

ПРОГНОЗУВАННЯ РИЗИКІВ ДТП НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ

¹Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Питання безпеки дорожнього руху є особливо актуальним в Україні, оскільки, за даними офіційної статистики, на дорогах країни кожні 18 хвилин трапляється ДТП, а через кожні 117 хвилин у аваріях гине людина. Дорожньо-транспортна пригода є випадковою подією, яка, можливо, підпорядкована певній закономірності. Тож аналіз закономірностей скоєння ДТП, їх розподілу в часі та просторі, а також виявлення причин скоєння є актуальним питанням, яке суттєво впливає на стан всієї транспортної системи держави. В роботі розглянуто припущення, що розподіл рівнів аварійності підпорядкований певному закону. Перевірку відповідності випадкової величини одному із законів розподілу проведено для умови що рівень безпеки дорожнього руху виражений підсумковим коефіцієнтом аварійності. Використання цього показника зумовлено врахуванням широкого переліку параметрів умов руху, що дозволяє його використання у разі проведення аудиту безпеки дорожнього руху. Для проведення дослідження використані бази значень рівня безпеки дорожнього руху на автомобільних дорогах загального користування, які є в наявності на кафедрі організації та безпеки дорожнього руху та періодично оновлюються. В результаті дослідження розподілу ризиків ДТП виявлено збіг характеру теоретичного розподілу розглянутих величин реального (відносний коефіцієнт аварійності) та прогнозних рівнів безпеки дорожнього руху (підсумковий коефіцієнт аварійності (експрес-модель)). За отриманими аналітичними залежностями математичного очікування виникнення ДТП можна визначити центр аварійності з певною імовірністю, а дисперсія логнормального розподілу описує розсіювання випадкової величини (кількості ДТП) на вибраній ділянці дороги. Отримані моделі дають можливість їх використання для визначення ризиків виникнення ДТП на складних та небезпечних ділянках доріг загального користування.

Ключові слова: ризик ДТП, безпека дорожнього руху, автомобільні дороги, підсумковий коефіцієнт аварійності, закон розподілу.

Вступ та постановка проблеми

В Україні протягом останніх тридцяти років у ДТП щорічно гине від 5 до 10 тисяч осіб, близько 40 тисяч травмувалися. Цю трагедію можна порівняти зі зникненням населення одного середнього за величиною райцентру щорічно. За питомими показниками аварійності в Україні спостерігається значна різниця з середньоєвропейським рівнем. При цьому має місце надзвичайно висока тяжкість ДТП: на сто потерпілих у пригодах припадає в 7...10 разів більше загиблих ніж у США, Англії, Німеччині. Дорожньо-транспортні умови на багатьох ділянках доріг загального користування в Україні на сьогодні потребують свідомого втручання шляхом здійснення впливу на учасників дорожнього руху, стан доріг і дорожній рух з метою попередження виникнення ДТП та зниження тяжкості їх наслідків.

У практиці деяких країн контроль за безпекою на дорозі для користувачів здійснюється на підставі проведення аудиту безпеки дорожнього руху. Як правило, країни які використовують практику аудиту безпеки, згідно з міжнародною статистикою, мають найбезпечніші дороги в світі (Великобританія, Швеція, Фінляндія, Нідерланди), або показують стійку динаміку зниження аварійності на дорогах. Згідно з запропонованою концепцією управління безпекою дорожнього руху (БДР) [1] процес управління необхідно реалізовувати з проведенням широкого аудиту безпеки дорожнього руху, як дієвого інструменту інжинірингу безпеки дорожнього руху незалежного від

проектувальників і замовників дороги. Основне завдання аудиту полягає у виявленні потенційно небезпечних ділянок дороги, де збіг параметрів дорожніх умов, режимів руху і можливих помилок людини може призвести до ДТП.

Встановлено, що найдоцільнішим методом для проведення аудиту БДР є метод підсумкового коефіцієнта аварійності, який враховує вплив більшості параметрів умов руху на рівень безпеки. Слід також відмітити, що існують різні модифікації цього методу, зокрема експрес-метод оцінки безпеки, який запропоновано в роботі [2].

Особливості дорожнього руху як об'єкта управління формують необхідність розробки моделей дорожнього руху або моделей оціночних показників, що дозволяють прогнозувати наслідки змін стану системи, які впливають на ефективність управління дорожнім рухом. Одним з таких показників є ризик виникнення дорожньо-транспортної пригоди.

Наявність ризику в ДР визначає вимоги, що висуваються перед окремими елементами і системою в цілому. Ризик описує імовірнісний характер виникнення події, при цьому під терміном ризик розуміють ймовірність втрат, хоча його можна описати і як ймовірність отримати результат, відмінний від очікуваного. Ризик — це ймовірність настання несприятливої події [3]. У дорожньому русі «несприятливою подією» є ДТП або наявність постраждалих в ДТП, виникнення яких пов'язане з великою кількістю чинників ризику. Ризик події у вітчизняній практиці прийнято описувати коефіцієнтом відносно аварійності або коефіцієнтом пригод.

Ризик виникає внаслідок специфіки процесу дорожнього руху, його особливостей, дорожніх умов з наявністю регулюючих технічних засобів на дорозі, впливу факторів навколишнього середовища (екологічної, політичної, правової, технологічної, соціальної) та суб'єктивних властивостей учасників дорожнього руху.

Ризик слід розглядати як можливість або загрозу відхилення результатів конкретних рішень або дій від очікуваних. Тому випадковість слід розглядати як імовірнісну існуючу складову при визначенні безпеки дорожнього руху. Згідно з теорією Бернуллі [4], за наявності достатньо великого обсягу вибірки статистичних даних, імовірність того, що відхилення відносно частоти від теоретичної імовірності, буде достатньо малою та прагне до одиниці.

Світовий досвід застосування методів аудиту безпеки дорожнього руху вказує на те, що економічно і соціально вигідніше оперативно усувати будь-які ризики на етапі проектування і будівництва дороги, ніж змінювати значення технічних параметрів, коли дорога побудована і відкрита для руху транспорту. А оскільки ризик ДТП є випадковою величиною, то необхідним є застосування методів імовірнісного його прогнозування. Отже метою дослідження є визначення поведінки випадкової величини (рівня ДТП) з урахуванням різних параметрів умов руху для подальшого формування імовірнісних моделей ризиків аварійності та розробки заходів з підвищення безпеки дорожнього руху на ділянках автомобільних доріг.

Результати дослідження

Для застосування елементів теорії імовірності, розглянемо дорожні умови, як випадкову величину, яка може набувати невідомого значення дискретно. При цьому виникнення ДТП можна віднести до випадкових величин, які є результатом сукупності незалежних випадкових чинників. Тому, при дослідженні закономірностей, що проявляють себе завдяки випадковостям, необхідно проаналізувати закони розподілення цих випадкових величин. Зміна статистичних даних щодо кількості ДТП на дорогах має імовірнісний характер, бо залежить від змінних параметрів дорожніх умов та мінливого впливу зовнішнього середовища. Завдяки такому підходу, постає питання можливості використання методів оцінки рівня БДР не тільки для виявлення потенційних ділянок небезпеки, а також для прогнозування можливості виникнення ДТП.

Відомо, що для прогнозування кількості пригод на ділянках автомобільних доріг є практика врахування зв'язку між кількістю пригод на 1 млн авт-км k_a та значенням підсумкового коефіцієнта аварійності $K_{під}$ на означених ділянках [5]. Отже, для оцінки можливості застосування різних модифікацій методу підсумкового коефіцієнта аварійності для прогнозування рівня аварійності та обґрунтування вибору методу оцінки рівня БДР у разі проведення аудиту безпеки на автомобільних дорогах загального користування необхідно провести перевірку відповідності законів розподілу випадкових величин — рівня безпеки за відповідним показником та рівня аварійності.

У багатьох випадках закон розподілу досліджуваної випадкової величини невідомий, але є підстави припустити, що його визначення можливо отримати на підставі вибірки статистичних даних. Припустимо, що досліджувана випадкова величина (рівень БДР) підпорядкована одному з теоретичних законів розподілу випадкової величини. Тоді, процедура апроксимації статистичних даних щодо ДТП на основі відомих законів розподілу вирішується ітераційно і включає виконання трьох основних кроків: попереднього вибору виду закону розподілу; визначення оцінок параметрів закону розподілу; оцінки узгодженості закону розподілу і емпіричних даних.

Якщо заданий рівень узгодженості досягнуто, то завдання вважається вирішеним, а якщо ні, то кроки повторюються знову, починаючи з першого кроку, на якому вибирається інший вид закону, або, починаючи з другого, шляхом деякого уточнення параметрів розподілу.

Оскільки заздалегідь не відомо яким чином розподілено рівень БДР на автомобільних дорогах, то для подальшої перевірки виберемо сукупність відомих законів розподілу: Lognormal; Loglogistic; Loglogistic (3-Parameter); Gamma; Birnbaum-Saunders; Lognormal (3-Parameter); Gamma (3-Parameter); Inverse Gaussian; Weibull (3-Parameter); Beta (4-Parameter); Weibull; Exponential (2-Parameter); Half Normal; Largest Extreme Value; Exponential; Rayleigh; Maxwell; Triangular; Logistic; Laplace; Normal; Uniform; Smallest Extreme Value; Pareto.

Через необхідність збереження точності розрахунків, їх громіздкості та багатократного повторення розрахунків для визначення виду апроксимувального закону розподілу рівня БДР застосують спеціалізоване програмне забезпечення STATGRAPHICS Centurion (пробна версія). Сформовані відповідним чином бази даних рівня БДР адаптовані та інтегровані в програмне забезпечення.

Оскільки, на початку дослідження вибрані різні підходи до визначення рівня БДР, то проводимо перевірку відповідності випадкової величини одному із законів розподілу для кожного випадку. А саме:

Варіант 1. Рівень БДР виражений підсумковим коефіцієнтом аварійності, який визначено за класичною моделлю проф. В. Ф. Бабкова

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

де $K_{\text{під}}$ — підсумковий коефіцієнт аварійності; k_i — частковий коефіцієнт аварійності; n — число часткових коефіцієнтів аварійності

Варіант 2. Рівень БДР виражений підсумковим коефіцієнтом аварійності, який визначено за експрес-моделлю [6]

$$K_{\text{під}}^* = -36,517 + 8,818 \cdot F_1 - 11,749 \cdot F_2 - 1,209 \cdot F_3 + 10,573 \cdot F_4 - 4,784 \cdot F_5, \quad (2)$$

де: F_1 — латентний фактор умов руху, який враховує вплив ширини дороги на рівень безпеки дорожнього руху; F_2 — латентний фактор умов руху, який враховує вплив населених пунктів і перехресть з іншими автомобільними дорогами на рівень безпеки дорожнього руху; F_3 — латентний фактор умов руху, який враховує вплив умови видимості на рівень безпеки дорожнього руху; F_4 — латентний фактор умов руху, який враховує вплив кута поздовжнього нахилу і глибокого кювету, обриву на рівень безпеки дорожнього руху; F_5 — латентний фактор умов руху, який враховує вплив довжини ділянок (поза населеними пунктами і на підході до населеного пункту) на рівень безпеки дорожнього руху.

За експериментальними даними під час дослідження різних законів розподілу вибираємо той, який найбільшою мірою відповідає вимірній випадковій величині (рівню БДР). У цьому випадку одна і та ж вибірка може належати з різною ймовірністю кожному з розглянутих законів розподілу.

Результати комп'ютерного моделювання з використанням найбільш відповідних законів наведено у вигляді діаграми розподілу рівня БДР за кожним з розглянутих варіантів (рис. 1, 2).

Також одним з показників візуальної оцінки відповідності випадкової величини певним теоретичним розподілом є розкид кумулятивного накопичення квантилей рівня БДР. Відповідні графіки за варіантами показані на рис. 3, 4.

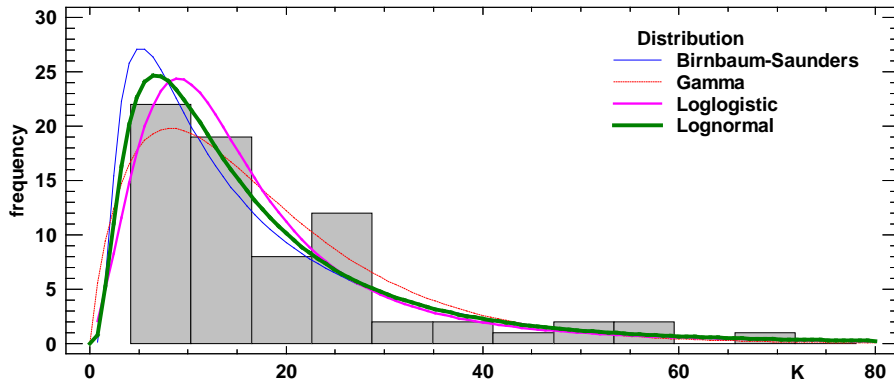


Рис. 1. Гістограма частот рівнів БДР та апроксимувальних кривих законів розподілу для варіанта 1

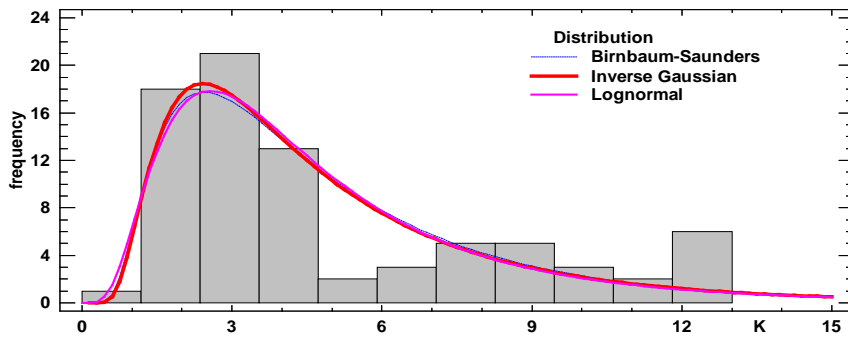


Рис. 2. Гістограма частот рівнів БДР та апроксимувальних кривих законів розподілу для варіанта 2

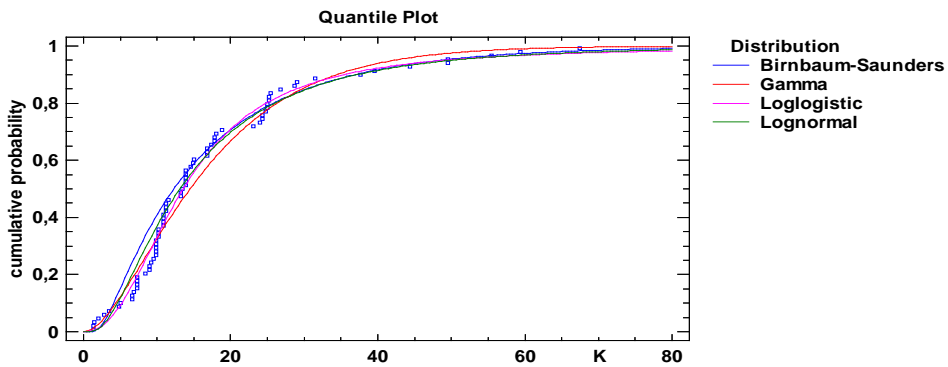


Рис. 3. Відповідність квантилей рівня БДР теоретичним розподілам (варіант 1)

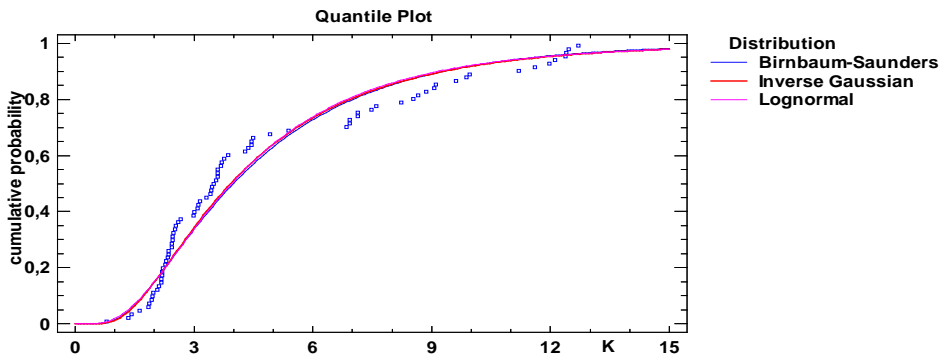


Рис. 4. Відповідність квантилей рівня БДР теоретичним розподілам (варіант 2)

Для вибраних законів розподілу проводиться перевірка гіпотези про те, що наявна вибірка може належати цьому закону. Якщо гіпотеза не відкидається, то можна вважати, що завдання апроксимації вирішене. Якщо гіпотеза відкидається, то можливі такі дії: зміни значень оцінок параметрів роз-

поділу; вибір іншого виду закону розподілу; продовження спостережень і поповнення вибірки.

Для перевірки гіпотези відповідності випадкової величини (рівня БДР) одному із законів розподілу, відповідно до критерію згоди, по вибірці визначаємо чи узгоджуються результати спостережень з висловленим припущенням. Існують різні критерії згоди: Пірсона, Колмогорова, Фішера тощо. Найчастіше застосовується критерій Пірсона

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(n_i - n \cdot p_i)^2}{n \cdot p_i}, \quad (3)$$

де n_i — кількість значень випадкової величини, що потрапили в i -й інтервал; n — обсяг вибірки; $F(x)$ — гіпотетичний теоретичний закон розподілу ймовірностей випадкової величини; $p_i = F(x_{i+1}) - F(x_i)$ — теоретична ймовірність попадання випадкової величини в i -й інтервал.

Правило перевірки гіпотези: якщо $\chi^2 > \chi^2(f)$, то на рівні значущості 0,05, тобто з достовірністю $(1 - 0,05)$ гіпотеза про відповідність закону розподілення відхиляється. Для розглянутих умов значення критерію χ^2 не має бути меншим за 0,05, а значення критерію Колмогорова–Смірнова не повинне перевищувати значення 0,155. Отримані значення критеріїв відповідності для різних варіантів та всіх розглянутих теоретичних розподілів подані в табл. 1, 2.

Таблиця 1

Результати розрахунків критерію Пірсона та Колмогорова–Смірнова для відповідних законів розподілу (варіант 1)

Закон розподілу	Кількість параметрів	Критерій χ^2 Пірсона	Критерій Колмогорова–Смірнова
Lognormal	2	0,339168	0,114924
Loglogistic	2	0,307229	0,0739222
Loglogistic (3-Parameter)	3	0,215619	0,0694499
Gamma	2	0,211156	0,0939859
Birnbaum-Saunders	2	0,211089	0,156817
Lognormal (3-Parameter)	3	0,17625	0,0779868
Gamma (3-Parameter)	3	0,15135	0,0930263
Inverse Gaussian	2	0,149857	0,166606

Таблиця 2

Результати розрахунків критерію Пірсона та Колмогорова–Смірнова для відповідних законів розподілу (варіант 2)

Закон розподілу	Кількість параметрів	Критерій χ^2 Пірсона	Критерій Колмогорова–Смірнова
Inverse Gaussian	2	0,0938644	0,119636
Birnbaum-Saunders	2	0,0692957	0,129437
Lognormal	2	0,0527782	0,123544
Lognormal (3-Parameter)	3	0,0490058	0,106167
Loglogistic (3-Parameter)	3	0,0353249	0,119185
Loglogistic	2	0,0202439	0,125499
Gamma (3-Parameter)	3	0,0176558	0,140053
Exponential (2-Parameter)	2	0,0161589	0,177814

Наведемо параметри визначених законів розподілу для різних варіантів.

Варіант 1. Розглянуто 77 значень рівня БДР від 1,30977 до 67,5. Встановлено можливі розподіли:

– Lognormal з параметрами: середнє = 18,2612, стандартне відхилення = 17,7436, лог. шкала – середнє = 2,57238, лог. шкала – стандартне відхилення = 0,815355.

– Loglogistic з параметрами: медіана = 13,5475, форма = 0,436952.

– Gamma з параметрами: середнє = 0,108215, масштаб = 0,108215.

– Birnbaum-Saunders з параметрами: середнє = 0,901806, масштаб = 12,2821.

Варіант 2. Розглянуто 79 значень рівня БДР від 0,786 до 12,705. Встановлено можливі розподіли:

– Birnbaum-Saunders з параметрами: середнє = 0,677007, масштаб = 3,99261.

– Inverse Gaussian з параметрами: середнє = 4,90018, масштаб = 1,95751.

– Lognormal з параметрами: середнє = 4,89241, стандартне відхилення = 3,58409, лог. шкала – середнє = 1,37287, лог. шкала – стандартне відхилення = 0,655455.

Виникає проблема невизначеності результату, оскільки декілька розподілів не суперечать нульовій гіпотезі. Формальної процедури вибору з безлічі несуперечливих законів розподілу, більшою мірою відповідного вибірці даних, немає. Крім того, критерії згоди мають різну потужність по відношенню до різних альтернатив.

За експериментальними даними із заданої множини різних законів розподілів вибираємо той, який найбільшою мірою відповідає вимірній випадковій величині (рівню БДР). У цьому випадку одна і та ж вибірка може належати з різною ймовірністю кожному з розглянутих законів розподілу.

Для додаткового обґрунтування застосування конкретного методу оцінки БДР та закону розподілу вибрано відносний коефіцієнт аварійності

$$k_a = \frac{10^6 \sum n_{ДТП}}{365 \cdot N \cdot l}, \quad (4)$$

який в своїх дослідженнях для прогнозування аварійності також використовували В. Ф. Бабков, О. А. Дівочкін, В. І. Пуркін, Ю. М. Ситников, В. В. Чванов, І. Ф. Живописців та інші дослідники.

Для визначення закону розподілу відносного коефіцієнта аварійності (k_a), який відображає ретроспективні дані аварійності на автошляхах загального користування застосовано вищевказану методику вибору закону розподілу. Результати попереднього аналізу найбільш відповідних законів показано у вигляді діаграми розподілу рівня БДР (відносного коефіцієнта аварійності) (рис. 5) та розкид кумулятивного накопичення квантилей рівня БДР. Відповідний графік показано на рис. 6.

Отримані значення критеріїв відповідності для різних варіантів та всіх розглянутих теоретичних розподілів подані в табл. 3.

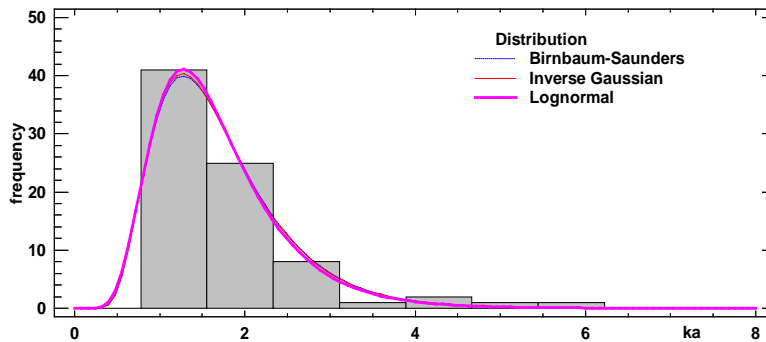


Рис. 5. Гістограма частот відносного коефіцієнта аварійності та апроксимувальних кривих законів розподілу

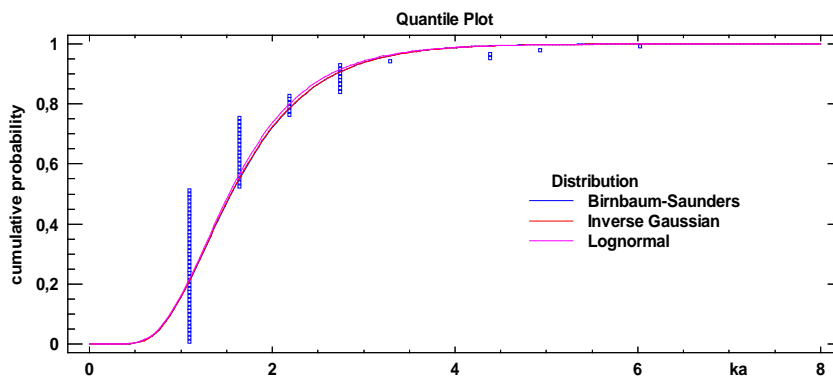


Рис. 6. Відповідність квантилей відносного коефіцієнта аварійності теоретичним розподілам

Отримані значення критеріїв відповідності для різних варіантів та всіх розглянутих теоретичних розподілів подані в табл. 3.

Таблиця 3

Результати розрахунків критерію Пірсона та Колмогорова–Смірнова для відповідних законів розподілу

Закон розподілу	Кількість параметрів	Критерій Пірсона	Критерій Колмогорова–Смірнова
Inverse Gaussian	2	0,0711119	0,306963
Birnbaum-Saunders	2	0,0629081	0,308132
Lognormal	2	0,0614718	0,301095
Largest Extreme Value	2	0,0254149	0,323397
Loglogistic	2	0,0220005	0,280929
Generalized Gamma	3	0,0187537	0,302558
Pareto (2-Parameter)	2	0,00943405	0,518987
Generalized Logistic	3	0,00654138	0,322202
Gamma	2	0,00502331	0,291121

Для вибраних законів розподілу проведено перевірку гіпотези про те, що наявна вибірка може належати цьому закону. Якщо гіпотеза не відкидається, то можна вважати, що завдання апроксимації вирішене. Відповідно до χ^2 статистики, найкращими розподілами є: Birnbaum-Saunders з параметрами: середнє = 0,436249, масштаб = 1,55318; Inverse Gaussian з параметрами: середнє = 1,69932, масштаб = 5,01589; Lognormal з параметрами: середнє = 1,67396, стандартне відхилення = 0,748137, лог. шкала — середнє = 0,424138, лог. шкала — стандартне відхилення = 0,426741.

Визначений розподіл відносного коефіцієнта аварійності відповідає розподілу підсумкового коефіцієнта аварійності, який визначено за експрес-моделлю. А саме: Lognormal, Inverse Gaussian, Birnbaum-Saunders.

Логнормальний розподіл вибрано за базовий, який описує випадкову величину (кількість ДТП), логарифм якої має нормальний закон розподілу та має щільність розподілу

$$F(x) = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sigma^2} \cdot \frac{1}{x} \cdot e^{\left(-\frac{b \cdot x - a}{2\sigma^2}\right)^2}, \quad (5)$$

де x — кількість ДТП на ділянці дороги; a, b — межі ділянки дороги ($a < x < b$); σ — дисперсія закону розподілу, яка визначається як математичне очікування (M) квадрату випадкової величини

$$\sigma(x) = M(x^2) - (M(x))^2. \quad (6)$$

Саме такий фізичний зміст мають параметри законів розподілу: математичне очікування виникнення ДТП визначає центр аварійності на ділянці, а дисперсія — розсіювання випадкової величини x на ділянці.

Висновки

Вирішення питання оцінки та підвищення рівня безпеки дорожнього руху можливе лише у разі застосування об'єктивних оціночних показників, на підставі інформації про відповідні керуючі впливи, що реалізовані на окремих ділянках дорожньої мережі. При цьому швидкість прийняття рішень може суттєво впливати на функціонування всієї транспортної системи з урахуванням безпеки учасників дорожнього руху.

Застосовуючи фундаментальні закономірності законів розподілу випадкових величин (кількість ДТП), доведено асимптотичну нормальність логнормального розподілу відносного коефіцієнта аварійності та підсумкового коефіцієнта (за експрес-методикою) для великих вибірок даних про аварійність за великі проміжки часу та можливість їх використання для визначення ризиків виникнення ДТП на складних та небезпечних ділянках доріг загального користування.

За отриманими аналітичними залежностями математичного очікування виникнення ДТП можливо визначити центр аварійності з певною імовірністю, а дисперсія логнормального розподілення описує розсіювання випадкової величини (кількості ДТП) на вибраній ділянці дороги. Саме у цьому напрямку потрібно проводити дослідження, бо такий підхід спрощує визначення ризиків виникнення ДТП за відомими статистичними даними на ділянках доріг.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Л. С. Абрамова, и Г. Г. Птица, *Концепция управления безопасностью дорожного движения. Перспективные тренды развития науки: техника и технологии*. Одесса, Украина: Купrienko С. В., 2016, к. 1, глава 6, с. 169-190.
- [2] Г. Г. Птица, «Визначення рівня безпеки дорожнього руху на автомобільних дорогах загального користування.» Дис. канд. техн. наук., 05.22.01 «Транспортні системи», ХНАДУ, Харків, 2016.
- [3] Рунэ Эльвик, Анне Боргер Мюсен, и Трулс Ваа, *Справочник по безопасности дорожного движения*, пер. с норв. Ред. В. В. Сильянова. Москва, РФ: МАДИ(ГТУ), 2001.
- [4] С. Н. Лапач, А. В. Чубенко, и П. И. Бабич, *Статистика в науке и бизнесе*. Киев, Украина: МОРИОН, 2002.
- [5] В. Ф. Бабков, *Дорожные условия и безопасность движения*, учеб. для вузов. Москва: Транспорт, 1993.
- [6] Л. С. Абрамова, и Г. Г. Птица, «Экспериментальная проверка экспресс-метода определения уровня безопасности дорожного движения,» на *науч.-техн. конф. с международным участием Транспорт, экология – устойчивое развитие*, Варна, 2016, с. 288-292.

Рекомендована кафедрою автомобілів та транспортного менеджменту ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 21.05.2020

Птица Геннадій Григорович — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри організації і безпеки дорожнього руху, e-mail: gennadij.ptitsa@gmail.com ;

Абрамова Людмила Сергіївна — д-р техн. наук, професор, професор кафедри організації і безпеки дорожнього руху, e-mail: abramova_ls@ukr.net .

Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків

H. H. Ptytsia¹
L. S. Abramova¹

Predicting the Risk of Accidents on Roads

¹Kharkiv National Automobile and Highway University

The issue of road safety is particularly relevant in Ukraine because according to official statistics, every 18 weeks accidents occur on the country's roads, and every 117 minutes a person is killed by an accident.

Road traffic crashes are random events that may be subject to a certain pattern. Therefore the analysis of crash patterns, their distribution in time and space, and the identification of causes is an urgent issue that has a significant impact on the entire transport system of the country. In the presented work we considered the assumption that the distribution of crash rates is subject to a certain distribution law. Checking the compliance of a random variable with one of the distribution laws was carried out for the condition that the level of road safety expressed by the final coefficient of accidents. The use of this indicator is conditional on a wide range of traffic condition parameters being taken into account, making it suitable for use in road safety audits.

The study was carried out using databases of road safety values on public roads, which are available in the Road Traffic Management and Safety Department and are periodically updated. As a result of the study of the distribution of traffic accident risks, the coincidence of the nature of the theoretical distribution of the considered values of the real (relative accident rate) and predicted levels of road safety (the final accident rate (express model)) was found.

According to the obtained analytical dependences of the mathematical expectation of the occurrence of a road accident we can determine the center of accidents with a certain probability, and the variance of the lognormal distribution describes the dispersion of a random variable (the number of road traffic crashes) on a selected road section. The resulting models offer the possibility of using them to determine road crash risks on difficult and dangerous sections of public roads.

Keywords: risk of accidents, road safety, car roads, final accident rate, distribution law.

Ptytsia Hennadii H. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Chair of Traffic Management and Safety, e-mail: gennadij.ptitsa@gmail.com ;

Abramova Liudmyla S. — Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Chair of Traffic Management and Safety, e-mail: abramova_ls@ukr.net

Прогнозирование рисков ДТП на автомобильных дорогах

¹Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Вопросы безопасности дорожного движения являются особенно актуальными в Украине, поскольку, по данным официальной статистики, на дорогах страны каждые 18 минут случается ДТП, а через каждые 117 минут в авариях погибает человек. Дорожно-транспортное происшествие является случайным событием, которое, возможно, подчинено определенной закономерности. Поэтому анализ закономерностей свершения ДТП, их распределения во времени и пространстве, а также выявление причин совершения является актуальным вопросом, который существенно влияет на состояние всей транспортной системы страны. В работе рассмотрено предположение, что распределение уровней аварийности подчинено определенному закону распределения. Проверку соответствия случайной величины одному из законов распределения проведено для условия, что уровень безопасности дорожного движения выражен итоговым коэффициентом аварийности. Использование этого показателя обусловлено учетом широкого перечня параметров условий движения, что позволяет его применение при проведении аудита безопасности дорожного движения. Для проведения исследования использованы базы значений уровня безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах общего пользования, которые есть в наличии на кафедре организации и безопасности дорожного движения и периодически обновляются. В результате исследования распределения рисков ДТП определено совпадение характера теоретического распределения рассматриваемых величин реального (относительный коэффициент аварийности) и прогнозных уровней безопасности дорожного движения (итоговый коэффициент аварийности (экспресс-модель)). По полученным аналитическим зависимостям математического ожидания возникновения ДТП можно определить центр аварийности с определенной вероятностью, а дисперсия логнормального распределения описывает рассеяние случайной величины (количества ДТП) на выбранном участке дороги. Полученные модели предоставляют возможность их использования для определения рисков возникновения ДТП на сложных и опасных участках дорог общего пользования.

Ключевые слова: риск ДТП, безопасность дорожного движения, автомобильные дороги, итоговый коэффициент аварийности, закон распределения.

Птица Геннадий Григорьевич — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры организации и безопасности дорожного движения, e-mail: gennadij.ptitsa@gmail.com ;

Абрамова Людмила Сергеевна — д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры организации и безопасности дорожного движения, e-mail: abramova_ls@ukr.net