ДОСЛІДЖЕННЯ РІВНІВ АВАРІЙНОСТІ НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ

Кухтінов Л., студент гр. Тдм-18-11
Птиця Г.Г., канд. техн. наук

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. 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.

Дорожньо-транспортна пригода є випадковою подією, яка, можливо, підпорядкована певній закономірності. Отже, можливим є припущення, що розподіл рівнів аварійності підпорядкований певному закону розподілу. У багатьох випадках закон розподілу досліджуваної випадкової величини невідомий, але є підстави припустити, що він має цілком певний вид: нормальний, експоненціальний тощо. Закон розподілу використовується для згладжування статистичних даних. Завдання згладжування полягає в тому, щоб підібрати теоретичну плавну криву розподілу, яка найкращим чином описує даний статистичний розподіл.

Завдання апроксимації на основі типових розподілів вирішується ітераційно і включає виконання трьох основних кроків: 1) попереднього вибору виду закону розподілу; 2) визначення оцінок параметрів закону розподілу; 3) 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 обирається інший вид закону, або починаючи з другого - шляхом деякого уточнення параметрів розподілу.

Оскільки нам заздалегідь не відомо яким чином розподілено рівень безпеки дорожнього руху, тому для перевірки оберемо широкий перелік відомих законів розподілу: Lognormal; Loglogistic; Gamma; Birnbaum-Saunders; Inverse Gaussian тощо. В звязку з необхідністю збереження точності розрахунків, їх громоздкості та багатократного повторення розрахунків для визначення виду апроксимуючого закону розподілу рівня безпеки дорожнього руху, застосовано спеціалізоване програмне забезпечення STATGRAPHICS Centurion (пробна версія).

Для проведення дослідження були обрані бази значень рівня безпеки дорожнього руху на автомобільних дорогах загального користування ІІ-ї технічної категорії [1], які були занесені в програмне забезпечення. Перевірку відповідності випадкової величини одному з законів розподілу проведено для умови що рівень безпеки дорожнього руху виражений підсумковим коефіцієнтом аварійності [2] для ділянок доріг на яких траплялись ДТП. Результати попереднього підбору найбільш відповідних

законів представимо у вигляді графіку-діаграми розподілу рівня безпеки дорожнього руху (рис. 1).

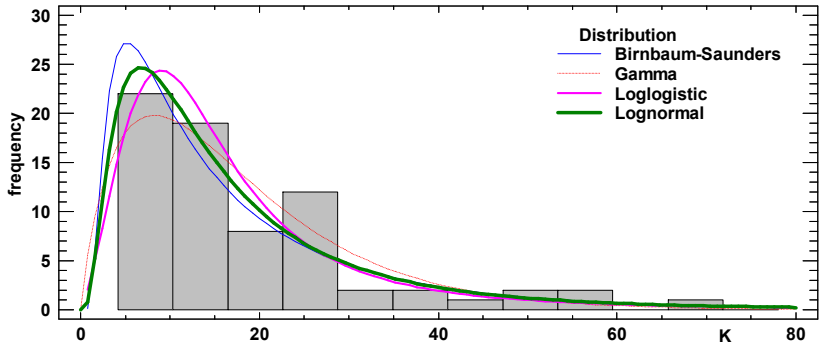

Рисунок 1 – Гістограма частот рівнів безпеки дорожнього руху та апроксимуючих кривих законів розподілу

Також одним з показників візуальної оцінки відповідності випадкової величини певним теоретичним розподілам є розкид кумулятивного накопичення квантелей рівня безпеки дорожнього руху (рис. 2).

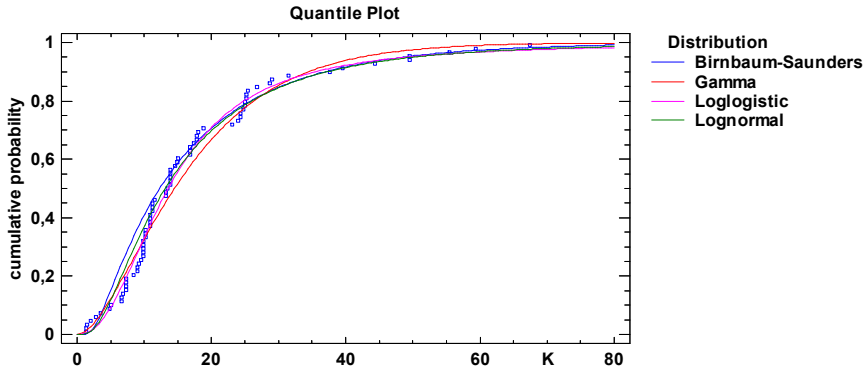

Рисунок 2 – Відповідність квантилей рівня безпеки дорожнього руху теоретичним розподілам

Для обраних 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. Для перевірки гіпотези відповідності рівня безпеки дорожнього руху одному з законів розподілу потрібно по вибірці зробити висновок, чи узгоджуються результати спостережень з висловленим припущенням. В якості критерію згоди розподілу для перевірки згоди ймовірного виду розподілу з експериментальними даними на підставі вибірки застосовано різні критерії: Пірсона, Колмогорова-Смірнова, як найбільш часто застосовувані критерії для оцінки узгодженості. 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 крітерію χ^2 не повинне бути меншим за 0,05, а значення критерію Колмогорова-Смірнова не повинне перевищувати значення 0,155 (табл.1).

Відповідно до χ^2 статистики, найкращим розподілом є логнормальний розподіл з функцією щільності розподілу $f(x) = \dfrac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\ln(x)-\mu}{\sigma}\right)^2}$.

Таблиця 1 – Результати розрахунків критерію Пірсона та Колмогорова-Смірнова для відповідних законів розподілу рівнів безпеки дорожнього руху на автомобільних дорогах

Закон розподілу	Кількість параметрів	Критерій 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
Weibull (3-Parameter)	3	0,116978	0,107956
Beta (4-Parameter)	4	0,0813614	0,0950065
Weibull	2	0,0737362	0,104155
Exponential (2-Parameter)	2	0,0506972	0,175455
Half Normal	2	0,0383732	0,128982
Largest Extreme Value	2	0,0291717	0,120167
Exponential	1	0,0106812	0,210907
Rayleigh	2	0,00499189	0,188612
Maxwell	2	0,00138896	0,185224
Triangular	3	0,000346692	0,269634
Logistic	2	0,000308184	0,123386
Laplace	2	0,000150068	0,132583
Normal	2	0,0000157091	0,185486
Uniform	2	2,80886E-14	0,479365

При визначенні кінцевого вигляду розподілу виникла проблема невизначеності результату, оскільки декілька розподілів не суперечать нульовій гіпотезі. За експериментальними даними обраної множини різних законів розподілів вибираємо той, який найбільшою мірою відповідає рівню безпеки дорожнього руху. Розглянуто 77 значень рівня безпеки дорожнього руху 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.

Проведені дослідження дозволили підібрати теоретичний закон розподілу рівнів безпеки руху на автомобільних дорогах загального користування (логнормальний розподіл), що може бути використано для прогнозування рівнів безпеки при подальших дослідженнях.

Література

1. Птица Г.Г. Определение уровня безопасности дорожного движения на автомобильных дорогах общего пользования: дис. на соискание ученой степени кандидата технических наук: 05.22.01 / Птица Геннадий Григорьевич. – Харьков, 2016. – 244 с.

2. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения: учебник для вузов / В.Ф. Бабков. – М.: Транспорт, 1993. – 271 с.