

УДК 519.8

к.т.н. Бірюков Д.С.,
Національний інститут стратегічних досліджень, м. Київ,
д.т.н., професор Заславський В.А., Сідляренко А.І.,
Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ПЛАНУВАННЯ ЗАХОДІВ З УСУНЕННЯ АВАРІЙНО-НЕБЕЗПЕЧНИХ ДІЛЯНОК НА АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ

Представлено формальну постановку задачі мінімізації ризиків ДТП, яка може бути використана при плануванні заходів з метою усунення інцидентів на аварійно-небезпечних ділянках автодоріг.

Ключові слова: аварійність, ризик, заходи із зменшення аварійності.

Актуальність проблематики. Аварійність на автомобільному транспорті, через значні людські жертви та матеріальні втрати, є однією із найбільш актуальних задач, коли розглядаються питання забезпечення безпеки учасників дорожнього руху. За даними Державного агентства автомобільних доріг України на початок 2012 року зафіксовано 242 місця концентрації дорожньо-транспортних пригод (ДТП) [1], що призвели до фатальних наслідків та значних матеріальних збитків. Тільки за перше півріччя 2012 року сталося 89530 ДТП, що на 9,3 % більше, ніж за аналогічний період 2011 року. В цих ДТП загинуло 2006 та травмовано 15233 особи [2], що більше на 12,3 % та 7,9 % відповідно. Тобто в середньому за добу на автодорогах нашої країни втрачають життя 10-11 осіб, причому кожен третій загиблий у ДТП - молода людина віком до 29 років [3]. Ці негативні статистичні дані визначають актуальність розробки нових підходів та науково-обґрунтованих моделей та методів ризик менеджменту для зменшення кількості ДТП та мінімізації тяжкості та фатальності їх наслідків.

Серед заходів із підвищення безпеки руху можна виділити дві основні групи: організаційно - технічні та заходи пов'язані з людським фактором. До перших відносяться: національні вимоги до безпеки дорожнього руху, покращення стану дорожнього покриття та освітлення доріг, будівництво додаткових смуг, перехресть та переходів, розвиток придорожньої інфраструктури для відпочинку водіїв та пасажирів. До других: контроль за дотриманням технічних норм транспортних засобів (належний технічний стан транспорту), дотриманням норм власної безпеки водія (ремені безпеки, шолом та інше), регулювання поведінки водіїв та вимоги до їх професійної підготовки, вимоги до часу управління транспортними засобами водіями великовантажних

машин та автобусів, встановлення відеоспостереження, інформаційних табло, знаків обмеження швидкості [4,5].

Постановка задачі планування. При системному дослідженні проблеми аварійності автомобільна дорога розбивається на ділянки d_i , $i \in I = \{1, 2, \dots, n\}$. Транспортний потік складається із транспортних засобів, які розбиваються на категорії $k \in K = \{1, 2, \dots, k^*\}$, серед яких легкові автомобілі різних типів, вантажні автомобілі різних габаритів та вантажності, автобуси, двоколісні транспортні засоби, тощо. Нехай $p_{ik}(x_i)$ - ймовірність транспортної пригоди на ділянці d_i автодороги для k -ї категорії транспорту при застосуванні заходу $x_i \in X_i = \{x_{i_1}, x_{i_2}, \dots, x_{i_s}\}$ для зменшення аварійності на ділянці d_i , де s - число таких заходів. Значення $p_{ik}(x_i)$ можуть бути обчислені на основі моделі, наприклад нелінійної, що запропонована в [6].

Кожен захід $x_i \in X_i$ характеризується економічними, технічними та іншими показниками (ресурсами, витратами) при впровадженні даного заходу на ділянці d_i , де $m \in M = \{1, 2, \dots, m^*\}$ - індекс різних видів витрат, пов'язаних із впровадженням заходів зменшення аварійності.

Задача полягає у формуванні плану заходів та їх впровадження на кожній ділянці дороги (за умов обмеженості ресурсів) з метою зменшення аварійності на ділянках дороги, мінімізації кількості ДТП і, таким чином, зменшення людських, матеріальних та фінансових втрат в результаті можливих ДТП. Задача планування усунення аварійно-небезпечних ділянок та мінімізацію ризику ДТП (математичного сподівання втрат), формально може бути представлена в наступній загальній постановці:

$$R(x) = \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} a_k p_{ik}(x_i) \rightarrow \min, \quad (1)$$

при умовах:

$$b_m(x) = \sum_{i \in I} b_{im}(x_i) \leq b_m^*, m \in M, \quad (2)$$

$$x = (x_{i_1}, \dots, x_{i_s}, \dots, x_{n_s}) \in X = \prod_{i \in I} X_i, i \in I, \quad (3)$$

де a_k – величина збитків при ДТП з категорією транспорту $k \in K$; b_m^* , $m \in M$ – задана величина обмежень по ресурсу m .

Задача (1)-(3) відноситься до класу адитивних задач дискретного програмування з багатьма обмеженнями [7]. Для її розв'язання можуть бути використані алгоритми, що описані в [7].

Визначення збитків a_k , $k \in K$ є окремою задачею, що включає оцінку вартості життя загиблих в ДТП осіб, втрати пов'язані з лікуванням

постраждалих та наслідками травмувань, матеріальні втрати від пошкодження автотранспортних засобів та придорожніх об'єктів тощо.

При плануванні заходів по мінімізації втрат в ДТП важливим є людський фактор: травматизм та фатальні випадки з учасниками дорожнього руху. ДТП з фатальними наслідками виникають з різних причин, що представлені статистичними даними ДАІ МВС України [2] (табл.1). Серед 28 причин, які наводяться у [2] найбільшими є такі порушення як перевищення безпечної швидкості та порушення правил маневрування, частота виникнення яких разом становить майже 44 %.

Таблиця 1.

Розподіл за видами причин виникнення кількості та частоти виникнення ДТП з постраждалими за 9 місяців 2011 року

Причина виникнення	Кількість	Частота, %
Перевищення безпечної швидкості	5103	23,725
Порушення правил маневрування	4312	20,047
Порушення правил проїзду перехресть	1760	8,183
Недодержання дистанції	1514	7,039
Виїзд на смугу зустрічного руху	1465	6,811
Керування транспортним засобом у нетверезому стані	1324	6,156
Перехід пішоходом дороги у невстановленому місці	1316	6,118
Неочікуваний вихід пішоходу на проїжджу частину	1089	5,063
Порушення правил проїзду пішохідного переходу	1031	4,793
Пішоходи у нетверезому стані	466	2,167
Порушення правил надання безперешкодного проїзду	431	2,004
Перевищення встановленої швидкості	316	1,469
Порушення правил обгону	298	1,385
Перевтома, сон за кермом	285	1,325
Інші причини (частота кожної < 1%)	799	3,715

Враховуючи як одну із основних задач при забезпеченні безпеки дорожнього руху - мінімізацію фатальних випадків у ДТП розглянемо формально дану постановку задачі.

Нехай $L = \{1, 2, \dots, l^*\}$ - множина причин виникнення ДТП з постраждалими на автомобільній дорозі, що досліджується. Позначимо через $L_i, i \in I, L_i \subseteq L$ - набір причин виникнення ДТП для d_i -ї ділянки автодороги. Для кожної причини $l \in L_i$ на ділянці $d_i, i \in I$ обчислюється коефіцієнт ρ_{li} - частота виникнення ДТП з постраждалими на цій ділянці, наприклад, на основі статистичних даних з табл.1.

Для оцінки можливої ефективності впровадження (застосування) засобів $x_i, i \in I$ для зменшення аварійності на кожній ділянці $d_i, i \in I$ розглядається

функція $f_{il}(x_i) \in [0;1]$ - зменшення аварійності (корисності) для кожної з причин виникнення ДТП $l \in L_i$, для якої виконуються наступні умови:

$f_{il}(x_i) = 0$, якщо заходи x_i не зменшили кількість ДТП з постраждалими через причину $l \in L_i$;

$f_{il}(x_i) \in (0;1)$, якщо застосовані заходи x_i зменшили кількість ДТП з постраждалими через причину $l \in L_i$;

$f_{il}(x_i) = 1$, якщо за наступний проміжок часу відсутні ДТП з причини $l \in L_i$ на ділянці d_i .

Тоді можна розглядати задачу мінімізації кількості осіб, що загинули та постраждали у ДТП, в такій постановці:

$$R(x) = \sum_{l \in L} \sum_{i \in I} \sum_{k \in K} \rho_{li} h_k N_{ik} (1 - f_{li}(x_i)) \rightarrow \min, \quad (4)$$

при умовах:

$$b_m(x) = \sum_{i \in I} b_{im}(x_i) \leq b_m^*, m \in M, \quad (5)$$

$$x = (x_1, \dots, x_i, \dots, x_n) \in X = \prod_{i \in I} X_i, \quad i \in I, \quad (6)$$

де N_{ik} - середня кількість ДТП з постраждалими на ділянці дороги $i \in I$ для категорії транспорту $k \in K$; h_k - середня кількість осіб в транспортних засобах категорії $k \in K$.

Задача (4)-(6) відноситься також до класу задач дискретного програмування з багатьма обмеженнями для розв'язання якої можуть використовуватись алгоритми послідовного аналізу варіантів та наближені методи [7]. Враховуючи що транспорт відноситься до критичної інфраструктури країн Європи моделювання процесів підвищення безпеки, мінімізації *ризиків* та зниження кількості ДТП є важливою прикладною проблемою.

Висновки. Планування усунення аварійно-небезпечних ділянок розглядається як задача мінімізації кількості ДТП на ділянках автодороги та мінімізації кількості можливих фатальних випадків у ДТП. Розв'язком задач (1)-(3) та (4)-(6) є план впровадження засобів та заходів, застосування яких зменшуватиме кількість ДТП на аварійно-небезпечних ділянках, а сукупна вартість таких засобів не буде перевищувати заданих обмежень.

Література

1. *Аварійно-небезпечні ділянки та місця концентрації ДТП* [Електронний ресурс]. – Державне агентство автомобільних доріг України. – Режим доступу: <http://www.ukravtodor.gov.ua/>

2. *Аварійність на автодорогах України* [Електронний ресурс]. – Управління ДАІ МВС України. – Режим доступу: <http://www.sai.gov.ua/ua/people/5.htm>
3. *Надання невідкладної допомоги при ДТП та «безпечна автодорога» як елемент забезпечення безпеки дорожнього руху* / Комітет Верховної Ради України з законодавчого забезпечення правоохоронної діяльності. – Режим доступу: <http://portal.rada.gov.ua/>
4. *Справочник по безопасности дорожного движения. Обзор мероприятий по безопасности дорожного движения: Пер. с норв./ Под ред. проф. В.В. Сильянова.* – М.: МАДИ (ГТУ), 2001. – 754 с.
5. *Якокка Л. Карьера менеджера.* – Пер. с англ. – М.: Прогресс, 1991. – 233 с.
6. *Доля В.К., Енглезі В.П., Пахно О.Є., Щодо визначення впливу параметрів транспортних потоків та погодних умов на ймовірність виникнення ДТП // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту.–2011.– №3. – С. 29 – 33.*

Аннотация

Представлена формальная постановка задачи минимизации рисков ДТП, которая может быть использована при планировании мероприятий с целью устранения инцидентов на аварийно опасных участках автодорог.

Ключевые слова: аварийность, риск, мероприятия, из уменьшения аварийности.

Annotation

The formal raising of task of minimization of risks of road-transport accidents is presented, which can be used for planning of measures with the purpose of removal of incidents on under abnormal condition dangerous areas of motorways.

Keywords: an accident rate, risk, measures, is from diminishing of accident rate.