

Моделювання в економіці та управління проектами

УДК 656.13

В.К. Доля¹, І.П. Енглезі²

¹Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Харків

²Донецька академія автомобільного транспорту, Донецьк

УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ З БЕЗПЕКИ ДОРОЖНЬОГО РУХУ

В даній статті розглядаються питання, щодо управління проектами з безпеки дорожнього руху. В результаті досліджень було розроблено алгоритм визначення найбезпечнішого маршруту руху при розробці проектів перевезення небезпечних вантажів. Це дасть змогу, при прокладанні маршрутів перевезення небезпечних вантажів, враховувати ймовірність виникнення ДТП з окремим учасником дорожнього руху.

Ключові слова: проект, безпека руху, дорожньо-транспортна пригода, фактор.

Вступ

Постановка проблеми. Згідно із Законом України „Про дорожній рух” до дорожнього руху висувуються вимоги безпеки, економічності та комфортності, охорони навколишнього природного середовища та здоров'я людини [1].

Забезпеченням безпеки дорожнього руху є розробка сучасних методів попередження небезпечних ситуацій, зокрема дорожньо-транспортних пригод (ДТП).

Дорожньо-транспортні пригоди є основною причиною загибелі людей. Вони відбуваються з багатьох причин, серед яких є як технологічні, так і людські чинники. Аварія може статися з вини втомленого водія, через обмерзання дорожнього покриття або несправності гальмівної системи. Однак на ризик потрапити в ДТП часто впливають сторонні фактори – такі як день тижня, погодні умови та якість асфальтового покриття.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Методами визначення рівня аварійності займалися такі вчені, як В.І. Коноплянко, Г.І. Клінковштейн, В.Ф. Бабков, В.П. Поліщук та ін. [2 – 6].

Аналіз робіт щодо визначення рівня аварійності показав, що більшість з них дають загальну оцінку безпеки дорожнього руху, не враховуючи при цьому ймовірність виникнення ДТП з окремим учасником дорожнього руху при розробці проектів перевезення небезпечних вантажів.

Метою проведення досліджень є розробка алгоритму визначення найбезпечнішого маршруту руху при перевезенні небезпечних вантажів.

Основний розділ

Результати досліджень. За даними Державної служби статистики України за період із 1990 по

2010 роки (табл. 1) в Україні сталося 890633 дорожньо-транспортні пригоди, із них 130918 зі смертельним наслідком [7]. Використовуючи статистичні дані Головного управління статистики у Донецькій області (табл. 2) за останні 10 років сталося 139957 дорожньо-транспортних пригод [8]. Таким чином тенденція така, що на 100 ДТП приходиться 123 чоловіки поранених та 15 чоловік загиблих.

Проведений аналіз методів визначення рівня аварійності на ділянках транспортної мережі показав, що їх застосування не дозволяє кількісно оцінити ймовірність виникнення ДТП з окремим учасником дорожнього руху. Існуючі методи оцінки рівня аварійності на перехрестях вулиць та доріг можуть, при певній доробці, дозволити визначити ймовірність виникнення ДТП окремого учасника руху.

Тому в роботі [9] була розроблена математична модель визначення ймовірності виникнення ДТП на ділянках транспортної мережі з окремим учасником руху

$$P_{\text{ДТП}} = \frac{\left(\begin{matrix} \leftarrow 0,75 & \rightarrow 0,35 \end{matrix} \right) \cdot F \cdot 1 \cdot k_a \cdot 2 \cdot 10^{-10}}{H} \cdot 1,25 \quad (1)$$

де k_a – підсумковий коефіцієнт аварійності; l – довжина ділянки дороги, км; $\vec{F}, \overleftarrow{F}$ – відповідно інтенсивність руху попутного й зустрічного потоків транспортних засобів, авт./год.; H – ширина проїзної частини, м.

Також була удосконалена математична модель визначення ймовірності виникнення ДТП в транспортних вузлах з окремим учасником руху

$$P_i = \frac{50 \cdot k_i \cdot M_i \cdot N_i \cdot \frac{N_{ti} + M_{ti}}{N_i + M_i}}{k_p \cdot 10^{14}} \quad (2)$$

Таблиця 1

Статистика ДТП в Україні за 1990 – 2010 роки [7]

Рік	Дорожньо-транспортні пригоди на дорогах і вулицях, од.	Дорожньо-транспортні пригоди на дорогах і вулицях зі смертельним наслідком, од.	Потерпілі у дорожньо-транспортних пригодах, осіб	з них	
				загинуло	поранено
1990	50908	8663	63067	9616	53451
1991	48081	8133	58822	8975	49847
1992	46615	7751	57585	8596	48989
1993	40759	6775	50915	7462	43453
1994	42252	6777	53441	7560	45881
1995	43152	6759	54473	7530	46943
1996	40088	5961	50732	6631	44101
1997	37944	5404	47952	5988	41964
1998	36299	4955	45696	5522	40174
1999	34554	4734	43546	5269	38277
2000	33339	4717	41821	5185	36636
2001	34541	5350	44180	5984	38196
2002	34488	5426	43898	5982	37916
2003	42409	6402	54607	7149	47458
2004	45592	6198	60602	6966	53636
2005	46485	6372	63228	7229	55999
2006	49491	6599	67610	7592	60018
2007	63554	8404	88102	9574	78528
2008	51279	6764	70972	7718	63254
2009	37049	4702	51023	5348	45675
2010	31754	4072	43626	4709	38917

Таблиця 2
Статистика ДТП в Донецькій області
за 2000 – 2010 роки [8]

Рік	Дорожньо-транспортні пригоди на дорогах і вулицях, од.	Потерпілі у дорожньо-транспортних пригодах, осіб	з них	
			загинуло	поранено
2000	2956	3552	395	3157
2001	2860	3451	395	3056
2002	2853	3416	403	3013
2003	3865	4686	487	4199
2004	4286	5355	485	4870
2005	4284	5783	524	5259
2006	17415	7291	583	6708
2007	26943	10762	818	9944
2008	31975	9244	737	8507
2009	23000	6426	459	5967
2010	19520	5746	442	5304

де N_{ti}, M_{ti} – інтенсивності потоків, що перетинаються в конфліктній точці при проїзді транспортно-засобу через перехрестя, авт./добу.

Розроблені математичні моделі в подальшому використовуються в якості ваги дуги графа при знаходженні оптимального маршруту.

Відмінністю запропонованого критерію – ймовірність потрапляння в ДТП є його математичні властивості. Відомо, що в усіх алгоритмах пошуку оп-

тимального маршруту використовується залежність

$$y_j = \min_{(i,j) \in \text{мережі}} [y_i + x_{ij}], \quad (3)$$

де j – пункт прибуття; i – пункт відправлення; x_{ij} – критерій оптимізації (відстань, час та ін.). Якщо використовувати, у якості критерію ймовірність, то необхідно дотримуватися умови повноти ймовірнісного простору:

$$\sum_{i=1}^n p_i = 1. \quad (4)$$

Тому в теорії ймовірностей, для рішення подібних задач використовується наступна залежність [10]:

$$q = 1 - p = 1 - (1 - p_1) \cdot (1 - p_2) \cdot (1 - p_3) \cdot \dots \cdot (1 - p_n), \quad (5)$$

де $q = (1 - p)$ – ймовірність успішного результату.

Використовуючи залежності (1), (2) вираз (5) матиме вигляд:

$$q = 1 - p = \left[1 - \left(1 - \left(F_1^{\leftarrow 0,75} + F_1^{\rightarrow 0,35} \right)^{\rightarrow 1,25} \cdot F_1^{\rightarrow 1,25} \cdot l_1 \cdot k_{a1} \cdot 2 \cdot 10^{-10} / H_1 \right) \right] \times \left(1 - \frac{50 \cdot k_2 \cdot M_2 \cdot N_2}{k_p \cdot 10^{14}} \cdot \frac{N_{\tau 2} + M_{\tau 2}}{N_2 + M_2} \right) \times$$

$$\begin{aligned} & \times \left(1 - \left(\overset{\leftarrow 0,75}{F_3} + \overset{\rightarrow 0,35}{F_3} \right) \cdot \overset{\rightarrow 1,25}{F_3} \cdot I_3 \cdot k_{a3} \cdot 2 \cdot 10^{-10} / H_3 \right) \times \\ & \times \left(1 - \frac{50 \cdot k_4 \cdot M_4 \cdot N_4}{k_p \cdot 10^{14}} \cdot \frac{N_{\tau 4} + M_{\tau 4}}{N_4 + M_4} \right) \times \dots \times \\ & \times \left(1 - \left(\overset{\leftarrow 0,75}{F_n} + \overset{\rightarrow 0,35}{F_n} \right) \cdot \overset{\rightarrow 1,25}{F_n} \cdot I_n \cdot k_{an} \cdot 2 \cdot 10^{-10} / H_n \right) \times \\ & \times \left(1 - \frac{50 \cdot k_{n+1} \cdot M_{n+1} \cdot N_{n+1}}{k_p \cdot 10^{14}} \cdot \frac{N_{\tau n+1} + M_{\tau n+1}}{N_{n+1} + M_{n+1}} \right) \end{aligned} \quad (6)$$

Для рішення такого роду задач використовують такі алгоритми:

- Дейкстри;
- Беллмана-Форда;
- Флойда-Уоршелла.

Алгоритм Флойда-Уоршелла є більш загальним у порівнянні з алгоритмом Дейкстри, тому що він знаходить найкоротші шляхи між будь-якими двома вузлами мережі.

У цьому алгоритмі мережа представлена у вигляді квадратної матриці з n рядками й n стовпцями. Елемент (i, j) дорівнює відстані d_{ij} від вузла i до вузла j , що має кінцеве значення, якщо існує дуга (i, j) , і дорівнює нескінченності в протилежному випадку.

Рішення задачі цим алгоритмом полягає у послідовному визначенні цільової функції між елементами трикутного оператора за формулою:

$$d_{ij}^{m+1} = \min \left\{ d_{ij}^m, d_{i(m+1)}^m + d_{(m+1)j}^m \right\}, \quad (7)$$

де m – етап виконання підрахунку.

Відповідно визначення найбезпечнішого маршруту із пункту i до пункту j матиме вигляд:

$$P_{ij}^{m+1} = \min \left\{ P_{ij}^m, \left(1 - (1 - P_{i(m+1)}^m)(1 - P_{(m+1)j}^m) \right) \right\}. \quad (8)$$

Таким чином, використовуючи отримані залежності (5), (6), (8) та алгоритм Флойда-Уоршелла було розроблено алгоритм визначення найбезпечнішого маршруту із пункту i до пункту j .

Висновки

Обґрунтовані залежності ймовірності виникнення ДТП з окремим учасником руху на ділянках мережі й на перехрестях дозволили запропонувати підхід до визначення оптимального шляху, використовуючи критерій – мінімум ймовірності потрапляння в ДТП, що дозволяє побудувати найбезпечніший маршрут перевезення небезпечних вантажів із пункту відправлення до пункту призначення при розробці проектів перевезення небезпечних вантажів.

Список літератури

1. Закон України Про дорожній рух.
2. Коноплянко В.И. Организация и безопасность дорожного движения: учеб. для вузов / В.И. Коноплянко. – М.: Транспорт, 1991. – 183 с.
3. Клинковитейн Г.И. Организация дорожного движения: учеб. для вузов. 5-е издание, перераб и доп. / Г.И. Клинковитейн, М.Б. Афанасьев. – М.: Транспорт, 2001. – 247 с.
4. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения: учеб. для вузов / В.Ф. Бабков. – М.: Транспорт, 1993. – 271 с.
5. Системология на транспорті. Організація дорожнього руху [Гаврилов Е.В., Дмитриченко М.Ф., Доля В.К. та ін.]; за ред. М.Ф. Дмитриченка. – К.: Знання України, 2007. – 452 с.
6. Поліщук В.П., Дзюба О.П. Теорія транспортного потоку: методи та моделі організації дорожнього руху: навч. посіб. / В.П. Поліщук, О.П. Дзюба. – К.: Знання України, 2008. – 175 с.
7. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.ukrstat.gov.ua>.
8. [Електрон. ресурс]. – Режим доступу до ресурсу: <http://www.donetskstat.gov.ua/statinform/transport5.php>.
9. Доля В.К. Щодо визначення впливу параметрів транспортних потоків та дорожніх умов на ймовірність виникнення ДТП на ділянках дороги / В.К. Доля, І.П. Енглезі, О.С. Пахно // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. – Донецьк: ДААТ, – 2011. – № 3. – С. 29-33.
10. Скороход А.В. Вероятность. Основные понятия. Структура. Методы / А.В. Скороход. – М.: ВИНТИ, 1989. – 275 с.

Надійшла до редколегії 9.10.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ю.В. Стасев, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

УПРАВЛЕНИЕ ПРОЕКТАМИ ПО БЕЗОПАСНОСТИ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

В.К. Доля, И.П. Энглези

В данной статье рассматриваются вопросы, по управлению проектами по безопасности дорожного движения. В результате исследований был разработан алгоритм определения безопасного маршрута движения при разработке проектов перевозки опасных грузов. Это позволит, при прокладке маршрутов перевозки опасных грузов, учитывать вероятность возникновения ДТП с отдельным участником дорожного движения.

Ключевые слова: проект, безопасность движения, дорожно-транспортное происшествие, фактор.

PROJECT MANAGEMENT ON ROAD SAFETY

V.K. Dolya, I.P. Englezi

This paper addresses issues concerning project management for road safety. As a result of research developed algorithm to determine the safest route in drafting the transport of dangerous goods. This will allow, for charting the transport of dangerous goods, to take into account the likelihood of an accident with a private road users.

Keywords: design, traffic safety, accident factor.