

Л.С. Абрамова, к.т.н., проф.
С.В. Капінус, асист.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

УПРАВЛІННЯ ДОРОЖНІМ РУХОМ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ПЕРЕЇЗДІ З ЕЛЕМЕНТАМИ ТЕОРІЇ КОРИСНОСТІ

Розглядається підхід до управління транспортними засобами на залізничному переїзді з метою підвищення безпеки дорожнього руху. Для цього запропоновано введення динамічного управління режимами руху на автомобільній дорозі, що полягає у зменшенні швидкості руху на певній відстані від залізничного переїзду та залежить від його стану. Значення рекомендованої швидкості руху відображається на керуваному дорожньому знаку та розраховується у реальному масштабі часу дорожнім контролером на пункті управління переїздом. Місце розташування знаку визначається на підставі вирівнювання інтенсивності транспортного потоку, що впливає на пропускну спроможність як залізничного переїзду, так і ділянки автомобільної дороги на підході до нього. Для аналізу таких заходів удосконалення руху транспорту на переїздах запропоновано застосування елементів теорії корисності для подальшої розробки алгоритму управління рухом транспорту. Для цього було побудовано дерево рішень для існуючих станів залізничного переїзду та при введенні динамічного управління, що свідчить про результати прийнятих рішень зміною обраних критеріїв ефективності управління дорожнім рухом на переїзді. Такий підхід дозволяє зменшити кількість ДТП та збільшити пропускну спроможність ділянки дороги за рахунок технічного засобу привертання уваги водія до складної ділянки примусовим зменшенням швидкості не лише перед переїздом, а ще на підході до нього.

Ключові слова: безпека дорожнього руху; залізничний переїзд; теорія корисності; динамічне управління; прийняття рішень.

Постановка проблеми. На даний час в усьому світі найгострішою проблемою залишаються дорожньо-транспортні події на переїздах, особливо з тяжкими наслідками. За 10 місяців 2015 року на залізничних переїздах і коліях Укрзалізниці сталося 62 випадки ДТП, в тому числі 50 випадків на переїздах і 12 – на коліях поза переїздами. Внаслідок дорожньо-транспортних пригод загинуло 12 осіб і 29 травмовано [7]. Однією з основних причин ДТП є неоптимальне управління і відсутність візуальної інформації про стан небезпечної зони переїзду та на підходах до неї. Ці транспортні вузли характеризуються непродуктивними простоями автотранспорту. Через наявність переїздів за певних обставин доводиться змінювати маршрут руху автотранспортних засобів деяких категорій.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Для підвищення безпеки руху транспорту та пропускну здатності більшості переїздів потрібна розробка та впровадження більш досконалих технічних пристроїв для систем управління транспортом [6]. Проблема підвищення ефективності управління дорожнім рухом (ДР) на залізничних переїздах є досить складним завданням, оскільки дорожній рух містить безліч параметрів, велику кількість критеріїв, невизначеність, а параметри ДР мають імовірнісний характер. На залізничному переїзді важливу роль в управлінні виконує диспетчер переїзду, основною функцією якого є забезпечення працездатності залізничного переїзду та здійснення контролю за існуючими технічними засобами регулювання дорожнього руху. У разі оперативного управління виникає необхідність прийняття рішень у зв'язку з відхиленнями від нормативного стану транспортного процесу.

До особливостей дорожнього руху [1] належить випадковий характер або неповнота початкових даних, що впливає на прийняття рішень щодо наступного періоду часу. Тому рішення приймається на базі прогнозу, який, у свою чергу є статистичним та прирівнюється до наявності неповноти інформації в даних. Аналіз таких ситуацій може бути виконаний за допомогою теорії прийняття рішень.

Функція прийняття рішень є більш методологічною і технологічною, ніж інші функції управління, але для людини, яка приймає рішення (ЛПР), процес прийняття рішень є основною функцією, яку вона зобов'язана виконувати в процесі управління [4, 8].

Мета роботи: підвищення безпеки дорожнього руху та пропускну спроможності на залізничних переїздах за рахунок введення динамічного управління автотранспортом на підході до нього та застосування елементів теорії корисності.

Викладення основного матеріалу. Багатокритеріальність завдань управління дорожнім рухом на залізничному переїзді, а також їх програмно-математичне забезпечення, що не повною мірою враховує специфіку деяких завдань, підвищують ймовірність помилкових дій з боку людини і, як наслідок, ймовірність збоїв в роботі переїзду. У зв'язку з цим, формалізація завдань управління дорожнім рухом на залізничному переїзді з застосуванням теорії корисності актуальна, оскільки при автоматизації подібних розрахунків ЕОМ за лічені хвилини може охарактеризувати шанси на успіх і можливі наслідки дій ЛПР

[10]. Ці дані дозволяють виключити ймовірність помилкових дій, пов'язаних з великими втратами, що, у свою чергу, сприяє підвищенню надійності систем управління дорожнім рухом та безпеки руху транспорту. Застосування теорії корисності може бути реалізовано п'ятьма етапами [2, 9] (рис. 1).



Рис. 1. Етапи теорії корисності

Важливим етапом теорії корисності є структурний аналіз, що передбачає побудову дерева рішень. Дерево рішень являє собою орієнтований граф, дуги якого можуть бути двох типів. Дуги типу «Дія» (Д) визначають управляючі директиви, які обирає ЛПР. Дуги типу «Подія» (П) визначають події, що відбуваються незалежно від ЛПР та призводять до зміни критеріїв ефективності (К) управління дорожнім рухом. Для побудови дерева рішень необхідно розглянути та визначити елементи дерева рішень. В загальному випадку управляючими діями на залізничному переїзді буде відкриття (Д1) чи закриття (Д2) залізничного переїзду для руху автотранспортних засобів (АТЗ) (рис. 2).

Процес функціонування залізничного переїзду можливо представити його експлуатаційними станами [5]:

- переїзд відкритий для руху АТЗ та закритий для руху поїздів, переїзні засоби залізничної автоматики і телемеханіки у робочому стані (робочий стан);
- переїзд відкритий для руху поїздів, закритий для руху АТЗ, вільний від АТЗ, переїзні засоби залізничної автоматики і телемеханіки у робочому стані (стан безпечного пропуску поїздів);
- переїзд закритий для руху як АТЗ, так і поїздів через те, що на переїзді застряг АТЗ, переїзні засоби залізничної автоматики і телемеханіки у робочому стані (стан повного закриття переїзду для руху);
- переїзд закритий для руху як АТЗ, так і поїздів, переїзні засоби залізничної автоматики і телемеханіки у неробочому стані (відмова переїзних засобів залізничної автоматики і телемеханіки);
- переїзд відкритий для руху поїздів, закритий для руху АТЗ, але зайнятий АТЗ, що не встиг покинути його зону, переїзні засоби залізничної автоматики і телемеханіки у робочому стані (стан контрольованого пропуску АТЗ);
- переїзд відкритий для руху поїздів, закритий для руху АТЗ, переїзні засоби залізничної автоматики і телемеханіки у неробочому стані (аварійний стан функціонування переїзду);
- переїзд відкритий для руху як АТЗ, так і поїздів, переїзні засоби залізничної автоматики і телемеханіки у неробочому стані (аварійний стан).

У ході досліджень було запропоновано для підвищення безпеки дорожнього руху та пропускної здатності залізничного переїзду застосування динамічного управління дорожнім рухом на підході до залізничного переїзду (Д3) [3], що полягає у зниженні швидкості транспортного потоку в певній зоні ділянки автомобільної дороги до переїзду та сприяє обмеженню інтенсивності надходження АТЗ в зону переїзду для поліпшення умов руху на складній ділянці перед переїздом. Оскільки параметри ділянки автомобільної дороги незмінні, час проїзду по ній залежить лише від швидкості руху. На підході до залізничного переїзду виділяємо три основні зони:

- зона вільного руху триває до зони обмеження швидкості ($V_{вільн.}$);
- зона обмеження швидкісного режиму ($V_{обм.}$);
- зона руху згідно з правилами проїзду через переїзд. Починається на виході із зони обмеження швидкісного режиму і триває до початку переїзду.

Для визначення параметрів розміщення додаткових технічних засобів регулювання дорожнього руху, необхідно визначити параметри швидкісного режиму в зоні обмеження на підставі відповідності

пропускної здатності переїзду пропускної здатності ділянки на підході до переїзду для здійснення безупинного проїзду через переїзд:

$$P_{обм} = P_{пер}, \quad (1)$$

де $P_{обм}$ – пропускна здатність на підході до переїзду в зоні обмеження швидкісного режиму, авт./год.; $P_{пер}$ – пропускна здатність переїзду, авт./год.

Такий підхід дозволяє визначити швидкість руху АТЗ для забезпечення необхідного рівня інтенсивності транспортного потоку в зоні підходу до переїзду.

На підставі отриманих аналітичних залежностей [3] запропоновано алгоритм визначення параметрів зміни швидкісного режиму на ділянці дороги, який містить такі етапи:

- розрахунок пропускної здатності на стоп-лінії переїзду;
- розрахунок величини швидкості АТЗ в зоні обмеження;
- розрахунок довжини зони обмеження швидкісного режиму.

Таким чином, можливо аналітично визначити параметри динамічного управління дорожнім рухом на підході до ділянки залізничного переїзду шляхом зміни швидкісного режиму руху транспортного потоку на підході до нього та вдосконалити алгоритм управління рухом транспорту на залізничному переїзді.

Тоді дія Д3 буде третьою управляючою дією другого рівня управляючих дій дерева рішень для управління дорожнім рухом на залізничному переїзді водночас із дією з закриття залізничного переїзду для руху АТЗ (рис. 3).

Запропоновані управляючі дії ЛПР призводять до наступних подій: П1 – рух АТЗ через переїзд; П2 – порушення правил дорожнього руху (ПДР) при Д1; П3 – зупинка АТЗ перед переїздом; П4 – порушення ПДР при Д2; П5 – обмеження швидкості руху АТЗ на підході до переїзду; П6 – порушення ПДР при Д3 (перевищення швидкості при динамічному управлінні).

У результаті аналізу критеріїв ефективності управління було виявлено, що критеріями ефективності управління дорожнім рухом на залізничному переїзді є: К1 – затримки транспортних засобів на переїзді; К2 – ймовірність ДТП на переїзді та К3 – величина пропускної здатності переїзду.

Поява додаткової дії Д3, що відповідає введенню динамічного управління ДР на підході до залізничного переїзду, сприяє зменшенню імовірності виникнення ДТП за рахунок зменшення швидкості АТЗ ще на підході, а не перед переїздом. Уповільнений рух АТЗ призводить до можливості проїзду залізничного переїзду без зупинки, тому що час закриття переїзду буде врахований при визначенні швидкості уповільнення АТЗ та довжини ділянки до переїзду.

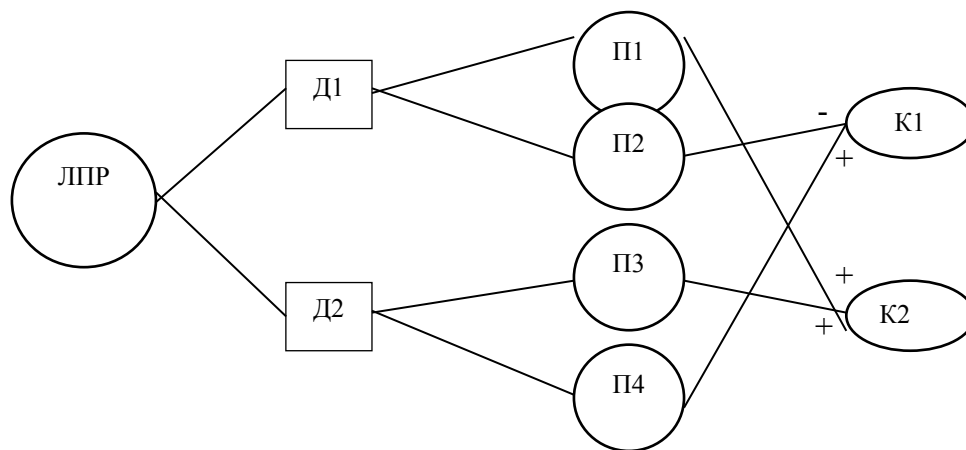
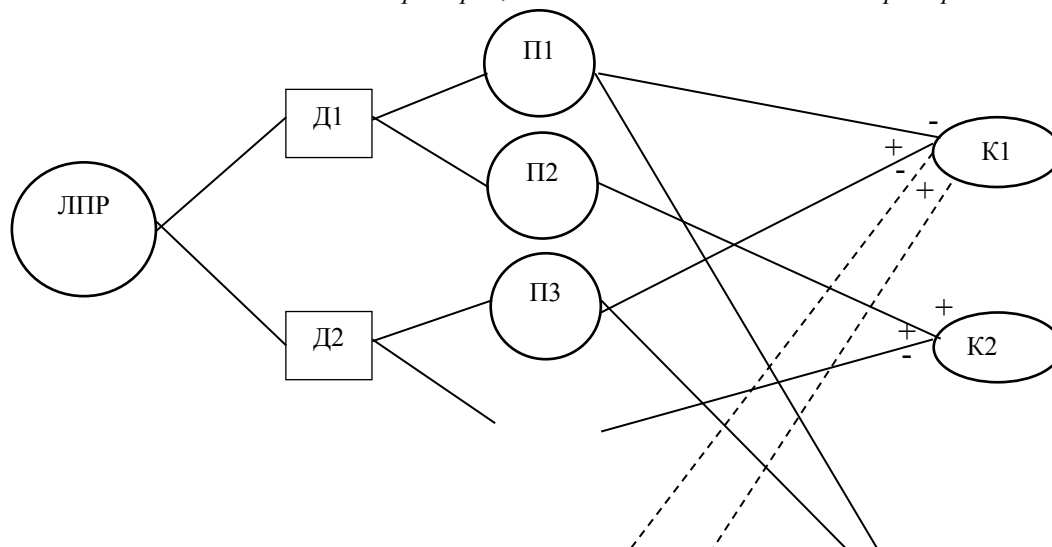


Рис. 2. Існуючий варіант дерева рішень для управління дорожнім рухом на залізничному переїзді: “-” – зменшення відповідного критерію; “+” – збільшення відповідного критерію



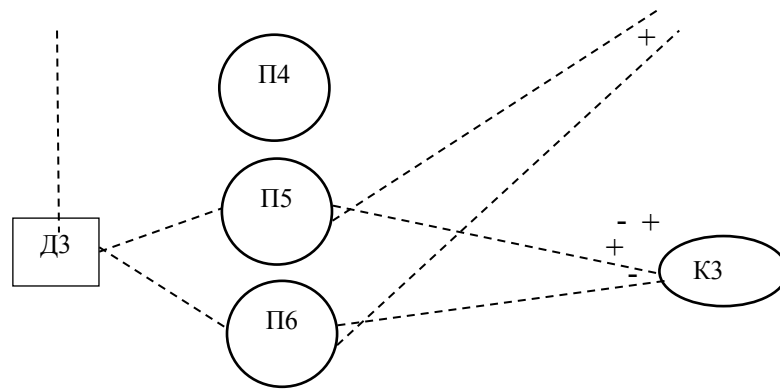


Рис. 3. Запропонований варіант дерева рішень для управління дорожнім рухом на залізничному переїзді

Висновки. Таким чином, побудова дерева рішень надасть змогу розробити алгоритм прийняття рішень для реалізації у системі управління дорожнім рухом на залізничному переїзді для вдосконалення його функціонування. Це дозволить зменшити ймовірність помилок при русі транспорту на залізничному переїзді та в цілому підвищить ефективність управління дорожнім рухом на залізничних переїздах.

Список використаної літератури:

1. *Абрамова Л.С.* Автоматизовані системи управління дорожнім рухом : навч. посібник / *Л.С. Абрамова, О.О. Бакуліч.* – Х. : ХНАДУ, 2014. – 184 с.
2. *Абрамова Л.С.* До питання вибору критеріїв ефективності організації дорожнього руху методами теорії корисності / *Л.С. Абрамова, В.С. Капінус* // *Автомобильный транспорт* : сб. науч. тр. – Харьков : ХНАДУ, 2009. – Вып. 25. – С. 62–65.
3. *Абрамова Л.С.* Спосіб підвищення пропускної спроможності регульованих перехрестків / *Л.С. Абрамова, В.В. Ширин* // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий.* – 2010. – № 4/3 (46). – С. 62–65.
4. *Бабич Г.Х.* Принятие решений на основе анализа дерева решений в условиях неполноты информации / *Г.Х. Бабич* // *Кибернетика.* – 1986. – № 5. – С. 113–120.
5. *Бойник А.Б.* Безопасность железнодорожных поездов : монография / *А.Б. Бойник.* – Х. : ХФИ "Трансп. Украины", 2003. – 183 с.
6. *Бойник А.Б.* Безопасность неохраняемых железнодорожных поездов / *А.Б. Бойник, В.П. Мороз, Г.В. Коваленко* // *Залізничний транспорт України.* – 2001. – № 3. – С. 28–30.
7. Віртуальний прес-центр Укрзалізниці [Електронний ресурс]. – Режим доступу : http://www.uz.gov.ua/press_center.
8. *Дубовой В.М.* Моделі прийняття рішень в управлінні розподіленими динамічними системами : монографія / *В.М. Дубовой, О.О. Ковалюк.* – Вінниця : УНІВЕРСУМ–Вінниця, 2008. – 185 с.
9. *Москвин Б.В.* Теория принятия решений : учебник / *Б.В. Москвин.* – СПб. : ВКА им. А.Ф. Можайского, 2005. – 383 с.
10. *Мушик З.* Методы принятия технических решений / *З.Мушик, П.Мюллер.* – М. : Мир, 1990. – 208 с.

References:

1. Abramova, L.S. and Bakulich, O.O. (2014), *Avtomatyzovani systemy upravlinnja dorozhnim ruhom*, HNADU, Kharkiv, 184 p.
2. Abramova, L.S. and Kapinus, S.V. (2009), "Do pytannja vyboru kryterii'v efektyvnosti organizacii' dorozhn'ogo ruhu metodamy teorii' korysnosti", *Avtomobil'nyj transport*, Vol. 25, pp. 62–65.
3. Abramova, L.S. and Shirin, V.V. (2010), "Sposob povysheniya propusknoy sposobnosti reguliruemymkh perekrestkov", *Vostochno-Evropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnologiy*, Vol. 4/3 (46), pp. 62–65.
4. Babich, G.Kh. (1986), "Prinyatie resheniy na osnove analiza dereva resheniy v usloviyakh nepolnoty informatsii", *Kibernetika*, Vol. 5, pp. 113–120.
5. Boynik, A.B. (2003), *Bezopasnost' zheleznodorozhnykh perezhdov*, KhFI "Transp. Ukrainy", Kharkiv, 183 p.
6. Boynik, A.B., Moroz, V.P. and Kovalenko, G.V. (2001), "Bezopasnost' neokhranyaemykh zheleznodorozhnykh perezhdov", *Zaliznychnyj transport Ukrainy*, Vol. 3, pp. 28–30.
7. Virtual'nyj pres-centr Ukrzaliznyci (2015), available at: www.uz.gov.ua/press_center

8. Dubovoj, V.M. and Kovaljuk, O.O. (2008), *Modeli pryjnjattja rishen' v upravlinni rozpodilenymy dynamichnymy systemamy*, UNIVERSUM Vinnycja, Vinnycja, 185 p.
9. Moskvин, B.V. (2005), *Teoriya prinyatiya resheniy*, VKA imeni A.F. Mozhayskogo, St. Petersburg, 383 p.
10. Mushik, Z. and Myuller, P. (1990), *Metody prinyatiya tekhnicheskikh resheniy*, Mir, Moscow, 208 p.

АБРАМОВА Людмила Сергіївна – кандидат технічних наук, професор кафедри організації і безпеки дорожнього руху Харківського національного автомобільно-дорожнього університету.

Наукові інтереси:

– управління дорожнім рухом.

Тел. : (057) 707-37-06.

E-mail: abramova_ls@ukr.net

КАПІНУС Сергій Васильович – асистент кафедри організації і безпеки дорожнього руху Харківського національного автомобільно-дорожнього університету.

Наукові інтереси:

– управління дорожнім рухом.

Тел.: (057) 707-37-06; (066) 133-44-84.

E-mail: skapinus@yandex.ua.

Стаття надійшла до редакції 12.09.2016