

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Українська державна академія залізничного транспорту

ГЕРМАНЕНКО ОЛЕГ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 656.216.2:621.397.7

**ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ШЛЯХОМ
УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОЇ ПЕРЕЇЗНОЇ
СИГНАЛІЗАЦІЇ**

05.22.20 – експлуатація та ремонт засобів транспорту

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2012

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Українській державній академії залізничного транспорту Міністерства освіти і науки, молоді та спорту України

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Поддубняк Володимир Йосипович,
Донецький інститут залізничного транспорту
Української державної академії залізничного транспорту,
ректор

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Самсонкін Валерій Миколайович,
ДП «Державний науково-дослідний центр залізничного
транспорту України»,
директор

кандидат технічних наук, доцент
Гончаров Костянтин Вікторович,
Дніпропетровський національний університет залізничного
транспорту імені академіка В. Лазаряна,
кафедра автоматики, телемеханіки і зв'язку,
доцент кафедри

Захист відбудеться «___» _____ 2012 р. о _____ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д64.820.04 Української державної академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха 7.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Української державної академії залізничного транспорту за адресою: 61050, м. Харків, майдан Фейєрбаха 7.

Автореферат розісланий «___» _____ 2012 р.

Учений секретар
спеціалізованої вченої ради

А.В. Прохорченко.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Вдосконалення систем управління загороджувальних пристроїв небезпечних транспортних об'єктів припускає зміну вимог до ефективності їх функціонування щодо забезпечення безпеки руху транспорту, при заданому рівні пропускної спроможності, а також оптимізації дистанційного керування і можливості автоматизованого контролю руху в найбільш небезпечних зонах.

В той же час, значний рівень розвитку техніки, в першу чергу електронно-обчислювальної, та успіхи, досягнуті в розробці та використанні пристроїв дистанційного візуального спостереження за виділеними обмеженими територіями і станом об'єктів, дозволяють зробити висновок, що контроль найбільш небезпечних зон найдоцільніше здійснювати за допомогою сучасних інформаційно-технічних засобів та систем промислового телебачення. У зв'язку з цим, стає очевидним, що підвищення ефективності функціонування систем управління загороджувальних пристроїв є комплексною задачею, рішення якої може бути досягнуте в результаті сумісного використання сучасних математичних методів, інформаційно-технічних засобів та систем промислового телебачення.

У зв'язку з цим, тема дисертаційної роботи є актуальною та зорієнтованою на вирішення важливих питань підвищення безпеки руху транспортних засобів в місцях перехрещування транспортних потоків шляхом удосконалення автоматичної переїзної сигналізації з використанням пристроїв відеоконтролю небезпечної зони.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України № 367 від 22 квітня 1997 року «Про Програму підвищення безпеки руху на залізницях у 1997-2001 роках»; Постановою Кабінету Міністрів України № 204 від 4 березня 1997 року «Про Порядок здійснення нагляду за забезпеченням безпеки руху на транспорті»; наказом № 818 Міністерства транспорту та зв'язку України від 14 вересня 2004 року «Про затвердження Положення про систему управління безпекою руху поїздів у Державній адміністрації залізничного транспорту України»; наказом № 56 Міністерства транспорту та зв'язку України від 26 січня 2007 року «Про затвердження Інструкції з улаштування та експлуатації залізничних переїздів»; Указом Президента України від 17 червня 2008 р. №556/2008 «Про додаткові заходи що до запобігання дорожньо-транспортних пригод»; вказівкою «Укрзалізниці» від 14 жовтня 2008 року №С-1/1257 «Стосовно обладнання залізничних переїздів з інтенсивним рухом технічними заходами, які б унеможливили виїзд автотранспорту на переїзд при заборонних показниках світлофорів»; Указу ЦЗ-1-8/429 від 14.10.2010 р. «Про виконання програми безпеки руху на залізничних переїздах у зв'язку з випадком на переїзді 116 км перегону Нікополь-Марганець».

В процесі підготовки дисертації автор приймав участь в науково-дослідній роботі «Розробка автоматизованої системи виявлення сторонніх об'єктів в небезпечній зоні залізничних переїздів», номер державної реєстрації № ДР 0108U005563, інвентарний номер № ДО 0208U006181.

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є теоретичне обґрунтування та рішення науково-прикладного завдання підвищення безпеки руху транспортних засобів в небезпечній зоні залізничних переїздів шляхом удосконалення систем автоматичної переїзної сигналізації з використанням пристроїв відеоконтролю.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити ряд актуальних задач:

- виконати аналіз стану безпеки руху транспорту і структури існуючих загороджувальних пристроїв та систем сигналізації місць перехрещування автомобільних доріг із залізничними коліями для визначення способів підвищення безпеки руху транспорту через їх небезпечну зону та збільшення пропускної спроможності;
- класифікувати основні ситуації, які виникають в небезпечній зоні залізничного переїзду, що дозволить виконати ранжирування ситуацій по рівню їх безпеки, при виявленні в зоні переїзду сторонніх об'єктів, та розробити алгоритми автоматичного визначення небезпечних і безпечних швидкостей руху об'єктів при наближенні поїзда;
- розробити метод визначення небезпечних ситуацій з використанням введеної їх класифікації, що дасть можливість його адаптації до автоматичного розпізнавання рівнів безпеки ситуацій переїздів у динаміці зміни швидкості поїздів, які наближаються, та визначити способи їх запобігання;
- розробити метод виявлення об'єктів у масиві відеоданих, що дозволить врахувати вплив статичних та динамічних характеристик транспортних засобів на оцінку виникнення небезпечної ситуації;
- розробити метод розпізнавання сторонніх об'єктів в основних ознаках відеосигналу шляхом синтезу адаптивної нейромережевої моделі для виявлення найбільш значущих чинників у потоці відеоданих, що надходять від відеокамер переїзду;
- розробити комплекс моделей функціонування автоматичної сигналізації переїзду, результати розрахунків за якими дозволять підвищити рівень безпеки руху транспортних засобів через небезпечну зону перехрещування маршрутів.

Об'єкт дослідження. Процес функціонування систем автоматичної переїзної сигналізації.

Предмет дослідження. Методи і моделі підвищення безпеки руху транспортних засобів на залізничних переїздах.

Методи дослідження. Виконані дослідження базуються на методах математичної статистики, лінійної алгебри (обчислення різницевих та логарифмічних рівнянь, систем рівнянь), ситуаційного управління, зокрема, динамічної логіки, чисельних розрахунків на ЕОМ, застосуванні теорії і апаратів нейронних мереж. При експериментальних дослідженнях оцінювання погрішності розпізнавання динамічних об'єктів застосовувалося сучасне програмне забезпечення.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в теоретичному обґрунтуванні та рішенні науково-прикладного завдання підвищення безпеки руху транспортних засобів шляхом розробки моделей і удосконалення методів функціонування автоматичної сигналізації переїзду з використанням пристроїв відео контролю. При цьому:

Вперше:

- розроблено комплекс моделей функціонування автоматичної сигналізації переїзду, які враховують динамічні параметри рухомих одиниць залізничного та автотранспорту з ідентифікацією, що на відмінність від існуючих наукових підходів підвищує рівень безпеки залізничних переїздів.

Вдосконалено:

- метод виявлення і розпізнавання сторонніх об'єктів у масиві відеоданих шляхом синтезу адаптивної нейромережевої моделі, який на відмінність від

існуючих дозволяє врахувати вплив статичних та динамічних зовнішніх чинників на оцінку виникнення небезпечної ситуації;

- метод визначення небезпечних ситуацій, з використанням введеної їх класифікації, який на відмінність від існуючих дозволяє здійснювати розпізнавання ситуацій на основі динамічних характеристик транспортних засобів;

- процедуру навчання нейромережевої моделі розпізнавання образів автотранспортних засобів, яка дозволяє реалізувати інтелектуальну самонавчальну відеосистему переїзної сигналізації.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що програмно-апаратна реалізація підходу підвищення безпеки руху транспортних засобів на залізничних переїздах, який обґрунтовано в дисертації, дозволяє удосконалити сигналізацію переїзду шляхом впровадження пристроїв відеоконтролю небезпечної зони з використанням теорії і апаратів нейронних мереж, а також реалізувати інтелектуальну самонавчальну відеосистему сигналізації переїзду, що дозволяє приймати більш ефективні і безпечні рішення щодо управління рухом транспорту.

Проведені дослідження дозволили розробити:

- модель відеоконтролю небезпечної зони залізничних переїздів і методичні вказівки для використання в учбовому процесі і дипломному проектуванні студентів кафедри «Автоматика, телемеханіка, зв'язок і обчислювальна техніка» Донецького інституту залізничного транспорту, що підтверджується відповідним актом про впровадження;

- авторську комп'ютерну програму «Модель динамічної нейронної мережі з модифікованим алгоритмом навчання за методом зворотного поширення помилки (Model of Dynamic Neural Network)», яка дозволяє реалізувати метод розпізнавання об'єктів в основних ознаках відеосигналу, що одержується від контролюючих відеокамер переїзду (свідоцтво Державного департаменту інтелектуальної власності Міністерства освіти і науки України про реєстрацію авторського права на твір № 39465 від 03.08.2011 р.).

- класифікацію ситуацій, що виникають в небезпечній зоні залізничного переїзду, по рівню їх безпеки для руху поїздів, яка дозволяє реалізувати метод визначення рівня безпеки та метод визначення можливості виникнення аварійно-небезпечних ситуацій в зоні переїзду;

- метод визначення рівня безпеки ситуацій, який сумісно з використанням введеної їх класифікацією, дозволяє здійснювати розпізнавання ситуацій на основі динамічних характеристик транспортних засобів;

- метод визначення можливості виникнення аварійно-небезпечних ситуацій, який дозволяє при відомих параметрах швидкості руху поїздів розпізнавати в зоні переїзду безпечні, загрозливі та аварійні ситуації.

Результати проведених досліджень і матеріали дисертаційної роботи впроваджені на підприємствах Донецької залізниці (підтверджено актами про впровадження).

Особистий внесок здобувача. Усі результати роботи одержані особисто здобувачем або при його безпосередній участі. У публікаціях 8 статей та 3-х додаткових праць, які опубліковані у співавторстві, особистий внесок автора такий:

- в [1] показано можливість використання пристроїв дистанційного візуального спостереження за об'єктами як найбільш оптимальної системи контролю місць перехрещування транспортних потоків;

- в [2] запропоновано метод визначення динамічних об'єктів у контрольованій зоні з урахуванням впливу параметрів освітленості та проникності атмосферного середовища;
- в [3] запропонований метод математичного визначення переміщень динамічних об'єктів шляхом виконання операції «виключне АБО» між сусідніми кадрами зображення;
- в [4] запропоновано узагальнений підхід у визначенні швидкості руху транспортних засобів в зоні переїзду при наближенні поїзда;
- в [5] виконано аналіз діапазону швидкостей руху автотранспортних засобів через переїзди, що охороняються та не охороняються, в динаміці змінювання часу вступу поїздів в небезпечну зону переїзду;
- в [11] запропоновано логарифмічне представлення класифікації переїздів за категоріями;
- в [12] запропоновано взаємозв'язок моделей руху з урахуванням пріоритету залізничних рухомих одиниць;
- в [13] запропоновано метод інтерактивного пошуку оптимального значення параметра швидкості навчання нейронної мережі типу АРЕХ;
- в [17] показано можливість забезпечення локомотивних бригад поїздів своєчасною відеоінформацією про стан небезпечної зони переїздів за допомогою цифрової системи радіозв'язку стандарту GSM;
- в [18] запропоновано спосіб виявлення небезпечних ситуацій в зоні переїзду за допомогою пристроїв відеоконтролю та розпізнавання образів;
- в [19] запропоновано спосіб визначення рівня небезпеки ситуацій в контрольованій зоні за допомогою детекторів руху відеосистем переїзду.

Апробація результатів дисертації. Основні наукові результати доповідались та обговорювались на 5-ти науково-технічних конференціях та форумах, зокрема: на 7-му і 9-му Міжнародному молодіжному форумі «Радіоелектроніка і молодь в ХХІ столітті» (м. Харків, 2003 та 2005 р.); 18-ій Міжнародній науково-практичній конференції «Перспективні системи управління на залізничному, промисловому і міському транспорті» (м. Алушта, 2005 р.); 19-ій Міжнародній науково-практичній конференції «Перспективні системи управління на залізничному, промисловому і міському транспорті» (м. Алушта, 2006 р.), 23-ій Міжнародній науково-практичній конференції «Перспективні комп'ютерні, управляючі та телекомунікаційні системи для залізничного транспорту України» (м. Алушта, 2010 р.).

У повному обсязі дисертаційна робота доповідалася на 23-ій Міжнародній науково-практичній конференції «Перспективні комп'ютерні управляючі та телекомунікаційні системи для залізничного транспорту України» та на розширеному засіданні кафедри «Автоматика і комп'ютерне телекерування рухом поїздів» Української державної академії залізничного транспорту за участю членів спеціалізованої вченої ради.

Публікації. За темою дисертації опубліковано 19 наукових праць у фахових виданнях, що затверджені МОНмолодьспорту України, з яких 13 статей (у тому числі 5 – без співавторів), одне авт. свідоцтво та 5 додаткових праць.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 298 найменувань на 27 сторінках та 9 додатків на 51 сторінці. Повний обсяг роботи складає 260 сторінок, із яких 181 сторінки основного тексту, 56 ілюстрацій і 19 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У *вступі* висвітлено загальну характеристику роботи, обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та основні задачі досліджень. Розглянуто зв'язок роботи з науковими програмами і темами. Відображено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів.

Перший розділ присвячений аналізу сучасного стану проблеми забезпечення безпеки руху транспорту та пропускної спроможності складних об'єктів залізничного транспорту, зокрема залізничних переїздів. Великий внесок у вирішенні теоретичних та практичних проблем підвищення безпеки і пропускної спроможності складних транспортних об'єктів зробили такі вчені і практики, як: Ф. Бернс, А.Б. Бойнік, Т.В. Бутько, А.М. Брилеєв, Л. Венер, К.В. Гончаров, М.І. Данько, І.Е. Дмитренко, І.В. Жуковицький, Г.І. Загарій, Ю.О. Кравцов, М.Ф. Котляренко, В.М. Лисенков, Д.В. Ломотько, В.И. Моисеєнко, В.Й. Поддубняк, А.П. Разгонов, В.М. Самсонкін, В.В. Сапожніков, Вл.В. Сапожніков, Ю.В. Соколов, Б. Фахренуолд, І.Г. Філіппенко, М.М. Чепцов, Д.В. Шалягін, Є.М. Шафіт, В.І. Шелухін та інших.

Розділ містить огляд та аналіз інженерного обладнання та характеристику залізничних переїздів «Укрзалізниці», динаміку дорожньо-транспортних подій (ДТП) на переїздах, які охороняються та не охороняються. Проведений аналіз стану безпеки руху транспорту показав, що основними пристроями, які дозволяють зменшити кількість ДТП в місцях перехрещування транспортних потоків як і раніше є загороджувальні пристрої (ЗП) та системи переїзної сигналізації.

Виходячи із проведеного аналізу в розділі визначено мету та сформульовано науково-прикладну задачу удосконалення переїзної сигналізації для підвищення безпеки руху транспортних засобів в місцях перехрещування потоків.

Другий розділ присвячений розробці методу підвищення безпеки руху в зоні перехрещування транспортних потоків. Для чого на прикладі моделювання безпеки руху залежно від технічної оснащеності зон перехрещування виконано у логарифмічному представленні класифікацію переїздів за категоріями (рис. 1). Відповідно до даної класифікації введено коефіцієнт небезпеки ЗП (позначено як η_o^{OY}) та логарифмічний відносний коефіцієнт матеріальних витрат (позначено як k_{M3}), значення яких приведено на рис. 2, де кожному рівню технічної оснащеності відповідають матеріальні витрати, що складаються з вартості устаткування та витрат на експлуатацію ЗП.

Завдання оптимізації коефіцієнта k_{oc}^{OY} оснащеності ЗП переїздів по критерію мінімізації матеріальних витрат на їх обслуговування, формалізовано наступним чином

$$\begin{cases} k_o = \eta_o^{OY} \cdot \frac{\eta_{A3}}{\eta_{A3\max}} \cdot \frac{\eta_{II}}{\eta_{II\max}}; \\ \eta_o^{OY} \in \{1,0; 0,883; 0,605; 0,352; 0,184\}; \\ k_{M3} \in \{3,9; 4,0; 4,23; 4,42; 5,76\}; \\ k_o \rightarrow \min. \end{cases} \quad (1)$$

Математичний опис функції цілі дослідження має вигляд

$$k_{\delta} = f(N_{A3}, N_{\Pi}, k_{об.п}), \quad (2)$$

де k_{δ} - коефіцієнт безпеки переїзду; N_{A3} - кількість АЗ, що перетинають небезпечну зону переїзду за добу; N_{Π} - кількість потягів, що перетинають переїзд за добу; $k_{об.п}$ - коефіцієнт обладнання переїзду.

При розрахунках по формулі (2) враховано позитивний коефіцієнт $k_{об.п}$ (інакше, при $k_{об.п} = 0$, переїзду як об'єкта не існує), а для показників N_{A3} та N_{Π} встановлені граничні умови:

- мінімальні, позначено як $N_{A3.min}$ та $N_{\Pi.min}$

$$N_{A3.min} = 1; \quad N_{\Pi.min} = 1.$$

- максимальні ($N_{A3.max}$ та $N_{\Pi.max}$) для переїздів різних категорій різні та мають значення, які приведено на рис. 1.

В розділі представлено структурно-функціональну модель відеоконтролю небезпечної зони перехрещування транспортних потоків (рис. 3).



Рис. 3. Структурно-функціональна схема системи автоматичної зміни швидкості руху поїздів через небезпечну зону місць перехрещування маршрутів

Рішення F , що є управляючим для зміни швидкості руху поїздів, ухвалюється на основі інформації J , яка одержується від системи відеоконтролю зони переїзду, та інформації Y - від блоку контролю потягу на ділянці наближення.

Узагальнена модель відеоконтролю має вигляд

$$F = J \cdot Y, \quad (3)$$

де J - сигнал про стан небезпечної зони переїзду; Y - сигнал про наявність потягу на ділянці наближення до переїзду.

Перехід системи відеоконтролю з «режиму очікування» в активний стан відбувається у момент часу вступу поїзда на ділянку наближення та описується функцією $f(L_1(t), L_2(t))$, яка залежить від вхідних даних відповідно $L_1(t)$ та $L_2(t)$. При наявності у момент часу t_c в небезпечній зоні АЗ, вірогідність зіткнення $P(t_c) = 1$. Тоді, при значеннях аргументу $t \in [t_{\text{оп}} \dots t_c]$, де $t_{\text{оп}}$ - час вступу потягу на ділянку наближення до переїзду, функція $f(L_1(t), L_2(t))$ змінюється за часом та приймає значення

$$J(t) = f(L_1(t), L_2(t)) = \begin{cases} 00, \text{ ситуація в зоні переїзду безпечна}; \\ 01, \text{ на переїзді розпізнано небезпечну загрозову ситуацію}; \\ 10, \text{ на переїзді розпізнано небезпечну аварійну ситуацію}; \\ 11, \text{ ситуацію на переїзді не розпізнано}. \end{cases} \quad (4)$$

В розділі розглянуто основні транспортні ситуації, що виникають в зоні переїзду при виявленні нерухомих АЗ під час наближення поїзда. Виконано ранжирування ситуацій по рівню безпеки та складено таблицю рівнів безпеки.

Розроблено метод оцінки можливості виникнення небезпечних ситуацій на основі динамічних характеристик транспортних засобів. Встановлено, що значення функції $G(V_{\text{п}}, t)$ часу можливого зіткнення на переїзді, при умовах одночасного знаходження у небезпечній зоні АЗ та поїзда, зводиться до одного значення та має вигляд крапки (крапка Б на рис. 4).

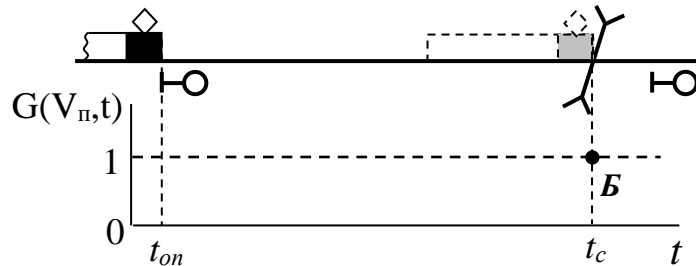


Рис. 4. Зображення часу зіткнення в зоні переїзду

При наближенні поїзда відеосистема повинна контролювати швидкість руху АЗ через переїзд з моменту часу загородження переїзду до часу t_c - часу можливого зіткнення у небезпечній зоні (рис. 5).

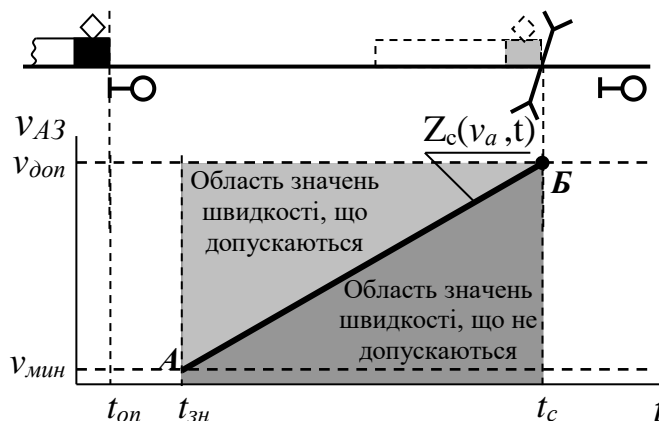


Рис. 5. Діапазон швидкостей руху АЗ, який контролюється відеосистемою

На рис. 5 часом t_{3n} позначено час загородження переїзду, що не охороняється, v_{A3} - швидкість руху АЗ ($v_{\text{доп}}$ - допустима швидкість; $v_{\text{мін}}$ - мінімальна); $Z_c(v_a, t)$ - функція, яка обмежує область значень швидкості АЗ, що допускаються.

Моменти часу, що відповідають заняттю та звільненню переїзду (t_3 і t_0 відповідно)

$$\frac{a_{\Pi}(t_3 - t)^2}{2} + v_{\Pi}(t_3 - t) = l_{A\Pi} - s_{\Pi}(t) \quad \text{та} \quad (5)$$

$$\frac{a_{\Pi}(t_0 - t)^2}{2} + v_{\Pi}(t_0 - t) = l_{\Pi} + l_{A\Pi} - s_{\Pi}(t), \quad (6)$$

де $s_{\Pi}(t)$ - відстань до переїзду; l_{Π} , v_{Π} та a_{Π} - відповідно довжина, швидкість та прискорення поїзда; $l_{A\Pi}$ - довжина ділянки наближення до переїзду.

Модель руху взаємозв'язаних за тимчасовою ознакою транспортних об'єктів, при відомій відстані $l_{A\Pi}$ та з урахуванням часу заняття переїзду і виразу (5)

$$\begin{cases} \frac{a_{\Pi}(t_3 - t)^2}{2} + v_{\Pi}(t_3 - t) = l_{A\Pi} - s_{\Pi}(t) \\ \frac{a_A(t_{3A} - t)^2}{2} + v_A(t_{3A} - t) = l_A - s_A(t), \end{cases} \quad (7)$$

де t_{3A} - момент часу, відповідний вступу автотранспортної одиниці до небезпечної зони переїзду; $s_A(t)$ - поточна відстань.

Дана модель має безліч рішень, кожне з яких відповідає найбільш небезпечній події - одночасному прибуттю в задану зону, тобто зіткненню АЗ з поїздом. По мірі наближення поїзда до переїзду, виникає та починає розширюватися область неприпустимих значень швидкостей руху автотранспортних засобів $[v_A^{\text{мін}}, v_A^{\text{макс}}]$, які знаходяться на відповідних відстанях $[l_A^{\text{мін}}, l_A^{\text{макс}}]$ (рис. 6, а).

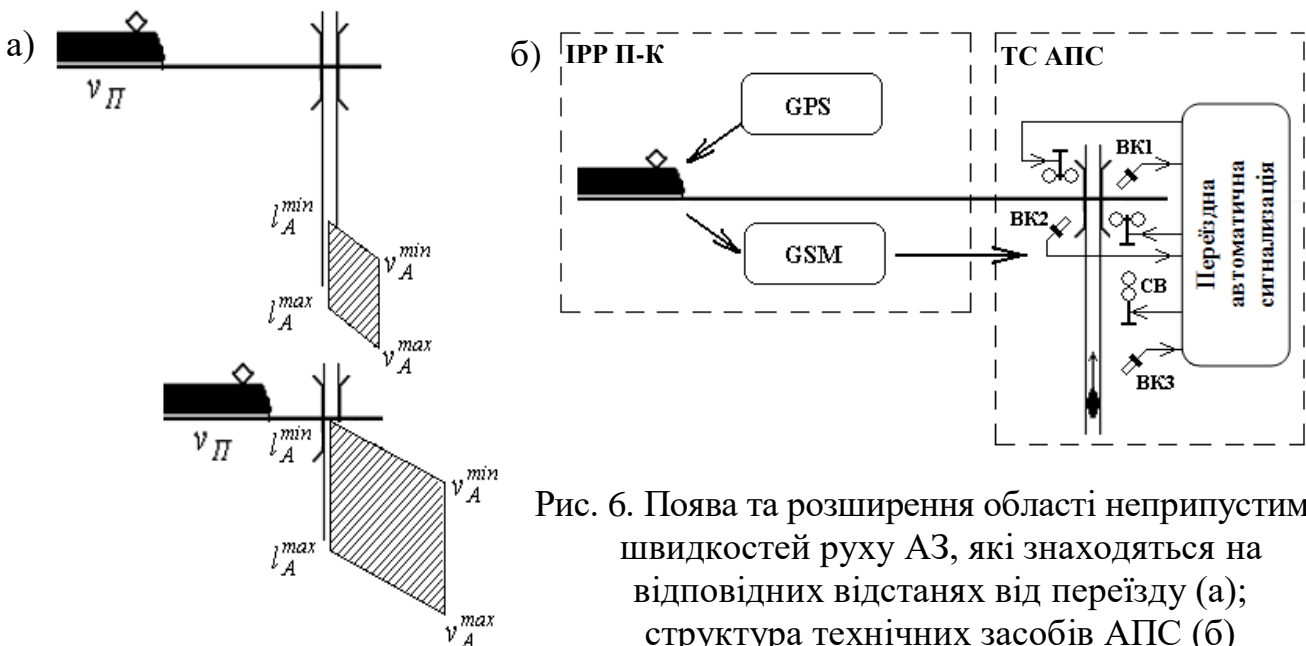


Рис. 6. Поява та розширення області неприпустимих швидкостей руху АЗ, які знаходяться на відповідних відстанях від переїзду (а); структура технічних засобів АПС (б)

Для практичної реалізації функціональності методу, необхідно ввести до устаткування переїзду додаткові технічні засоби автоматичної сигналізації переїзду (ТС АПС). ТС АПС є підсистемою в комплексі інтервального регулювання рухом поїздів ІРРП-К (рис. 6, б). Інформація про координату та швидкість руху поїзда, сформована ІРРП-К, поступає до ТС АПС, де за допомогою відеоконтролю (ВКЗ) визначається наявність і швидкість руху АЗ на підході до переїзду. У разі попадання параметрів у неприпустиму область формується команда управління світлофором СВ.

У третьому розділі досліджуються питання нейродинамічного розпізнавання об'єктів у зоні відеоконтролю. Для виконання поставленої задачі доопрацьовано спосіб програмного виділення в зображенні небезпечної зони переїзду для відеоконтролю безпосередньо залізничних колій та прилеглих ділянок, виключаючи частину відеозображення, яка не несе потрібної інформації. У небезпечній зоні переїзду встановлюється максимальна чутливість, що необхідно для виявлення сторонніх об'єктів починаючи з малих розмірів. У решті осередків, що не вимагають контролю, програмно відключається детектор активності відеосистеми або значно знижується його чутливість.

У розділі доопрацьовано відомий спосіб виявлення об'єктів шляхом програмного ділення зображення на осередки різних рівнів чутливості. Присвоївши по вертикалі та горизонталі кожному з осередків відповідний номер, одержано матрицю чутливості (А), де кожний з осередків обробляється окремо та незалежно від інших (рис. 7) з застосуванням методів лінійної алгебри

$$A = \begin{pmatrix} z_{1,1} & z_{1,2} & \dots & z_{1,r} \\ z_{2,1} & z_{2,2} & \dots & z_{2,r} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ z_{q,1} & z_{q,2} & \dots & z_{q,r} \end{pmatrix}, \quad (8)$$

де $z_{1,1} \dots z_{q,r}$ - осередки чутливості з координатами в матриці відповідно $1, 1 \dots q, r$

$$z_{1,1} = \begin{pmatrix} p_{1,1}^{1,1} & p_{1,2}^{1,1} & \dots & p_{1,l}^{1,1} \\ p_{2,1}^{1,1} & p_{2,2}^{1,1} & \dots & p_{2,l}^{1,1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{k,1}^{1,1} & p_{k,2}^{1,1} & \dots & p_{k,l}^{1,1} \end{pmatrix}; \dots; z_{q,r} = \begin{pmatrix} p_{1,1}^{q,r} & p_{1,2}^{q,r} & \dots & p_{1,l}^{q,r} \\ p_{2,1}^{q,r} & p_{2,2}^{q,r} & \dots & p_{2,l}^{q,r} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ p_{k,1}^{q,r} & p_{k,2}^{q,r} & \dots & p_{k,l}^{q,r} \end{pmatrix}, \quad (9)$$

де $p_{k,l}^{1,1}$ - елемент зображення (піксель) осередку $z_{1,1}$ з його координатами в осередку - k, l .

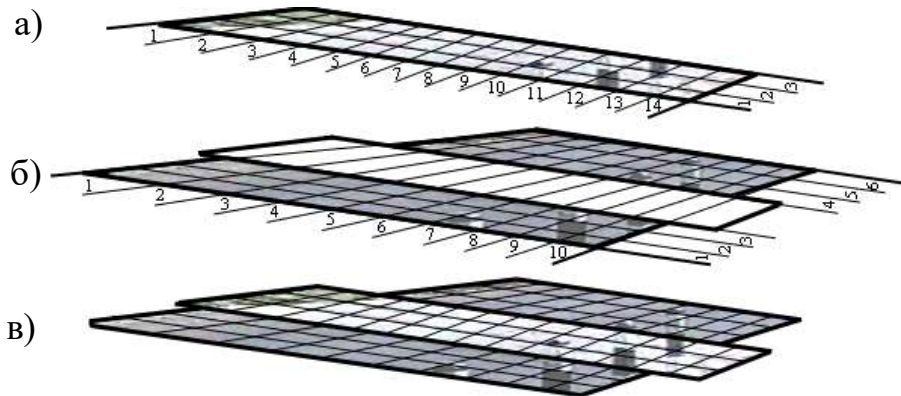


Рис. 7. Матриця осередків максимальної (а), середньої (б) чутливості та всієї небезпечної зони переїзду цілком (в)

Загальний критерій для кожного з пікселів p_i^{qr} осередків чутливості $z_{q,r}$, за яким виконується процес виявлення, формалізовано наступним чином

$$p_i^{qr}(t) = \begin{cases} 1, & \text{при } L(t) > U_{nop} \\ 0, & \text{при } L(t) \leq U_{nop} \end{cases}, \quad (10)$$

де $p_i^{qr}(t)$ - сигнали на виході відеокамери (i -ті пікселі осередку чутливості z_{qr} з його координатами в матриці A відповідно - q та r); $L(t)$ - відеозображення, яке впливає на об'єктив відеокамери переїзду; U_{nop} - пороговий рівень напруги на фотоперетворювачі відеосистеми, при якому її компаратор починає реагувати на це зображення.

Виявлення об'єктів в зоні переїзду здійснюється перевіркою відеозображення переїзду послідовним виконанням операції «логічне АБО» між виділеними (активізованими) його ділянками та аналогічними ділянками нормативного зображення

$$A_0 \cup A_1, A_0 \cup A_2, \dots, A_0 \cup A_k, \quad (11)$$

де A_0 - кадр нормативного стану зони переїзду (на переїзді відсутні АЗ, пішоходи та розвалені вантажі); A_1, A_2, \dots, A_k - відповідно 1-й, 2-й та k -й кадри зображення.

При моделюванні параметрів освітленості та проникності атмосферного середовища встановлено, що на правильність виявлення АЗ на переїзді впливає освітленість зони переїзду, проникність атмосферного середовища зони відеоконтролю, значення коефіцієнтів віддзеркалення променистої енергії об'єктами на переїзді, а також наявність світлових відблисків в зоні відеоконтролю. Враховано, що сучасні відеокамери мають вбудовані функції, які дають можливість їх адаптації до різних умов освітленості, тому дозволяють мінімізувати помилки виявлення об'єктів на фоні нормативного стану переїзду та здійснювати контроль без участі людини.

У розділі вдосконалено метод виявлення та розпізнавання рухомих об'єктів у масиві відеоданих шляхом синтезу адаптивної нейромережевої моделі, що дозволяє врахувати вплив статичних та динамічних зовнішніх факторів. Розглянуто модель, засновану на використанні як прямих, так і зворотних зв'язків (мережу типу АРЕХ - рис. 8) при потоці кадрів відеокамери формату 256x256 та розмірності вхідного вектора 65536 елементів.

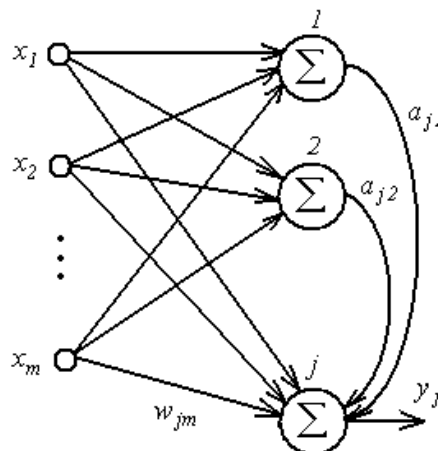


Рис. 8. Структура нейронної мережі АРЕХ з прямими та зворотними зв'язками, де x_1, x_2, \dots, x_m - множина вхідних сигналів; w_1, w_2, \dots, w_m - множина вагових коефіцієнтів; $a_j(n)$ - зворотні зв'язки між виходами нейронів $1, 2, \dots, j-1$

Процес навчання мережі APЕХ полягає в обчисленні значень елементів векторів вагових коефіцієнтів $\bar{w}_j(n+1)$ і зворотних зв'язків $\bar{a}_j(n+1)$ у кожний момент часу $n+1$

$$w_i(n+1) = w_i(n) + \eta y(n) x_i(n), \quad i = 1, 2, \dots, m, \quad (12)$$

де n - дискретний час; η - параметр швидкості навчання,

$$\bar{a}_j(n) = [a_{j1}(n), a_{j2}(n), \dots, a_{j, j-1}(n)]^T. \quad (13)$$

Визначено, що реалізація виразу (12) приводить до необмеженого зростання значень w_i . У зв'язку з цим застосовується нормування відповідно до наступного виразу, де підрахунки проводяться по всій множині вагових коефіцієнтів

$$w_i(n+1) = \frac{w_i(n) + \eta y(n) x_i(n)}{\sqrt{\sum_{i=1}^m [w_i(n) + \eta y(n) x_i(n)]^2}}, \quad (14)$$

Корекція коефіцієнтів нейронів проводиться відповідно до умов, коли забезпечується стійкість моделі. Залежно від початкової ініціалізації випадковими значеннями векторів вагових коефіцієнтів процес первинного навчання проходить за різну кількість ітерацій.

Дослідження програмної реалізації моделі дозволили виявити недоліки критичності параметра η . У разі вибору великого значення збільшується швидкість навчання, але алгоритм «проскакує мимо» точки мінімуму погрішності, та при $n \rightarrow \infty$ відбувається необмежене зростання вагових коефіцієнтів. Якщо значення η мало - значно збільшується тривалість процесу навчання. Застосування виразу (14) як нормувального, ускладнює обчислення і дає часткове вирішення проблеми. У зв'язку з цим в моделі навчання нейронної мережі типу APЕХ передбачений інтерактивний пошук оптимального значення η відповідно до виразу

$$\eta = \begin{cases} \eta, & \text{якщо } y_j(n+1) < y_j(n) \\ \eta \cdot rnd, & \text{якщо } y_j(n+1) > y_j(n) \\ \eta \cdot (1 + rnd), & \text{якщо } y_j(n+1) = y_j(n) \end{cases} \quad (15)$$

де rnd - випадкове число, причому $0 \leq rnd < 1$.

Розглянуто функціонування мережі APЕХ в режимі постійного стеження небезпечної зони переїзду з урахуванням закінчення процесу первинного навчання із значеннями $j = 10$ та $\eta = 10^{-5}$. Пристрою візуального контролю нейронної мережі у момент часу t_n пред'являлися образи у вигляді кадрів зображення форматом 256x256 пікселів, проводився розрахунок значення виходу мережі $y(n+t_n)$ та виконувалося донавчання APЕХ. Функція $y(n+t_n)$ набуває максимального значення при занятті переїзду автомобілем (рис. 9).

У розділі розроблено метод оцінки погрішності розпізнавання динамічних об'єктів, де на підставі експериментальних досліджень та моделювання параметрів руху АЗ при наближенні до переїзду доведено можливість визначення переміщень АЗ в зоні відеоконтролю шляхом використання методу виконання операції «виключне АБО» («Xcluding OR» - скорочено «XOR») між сусідніми кадрами зображення від кожної з відеокамер переїзду.

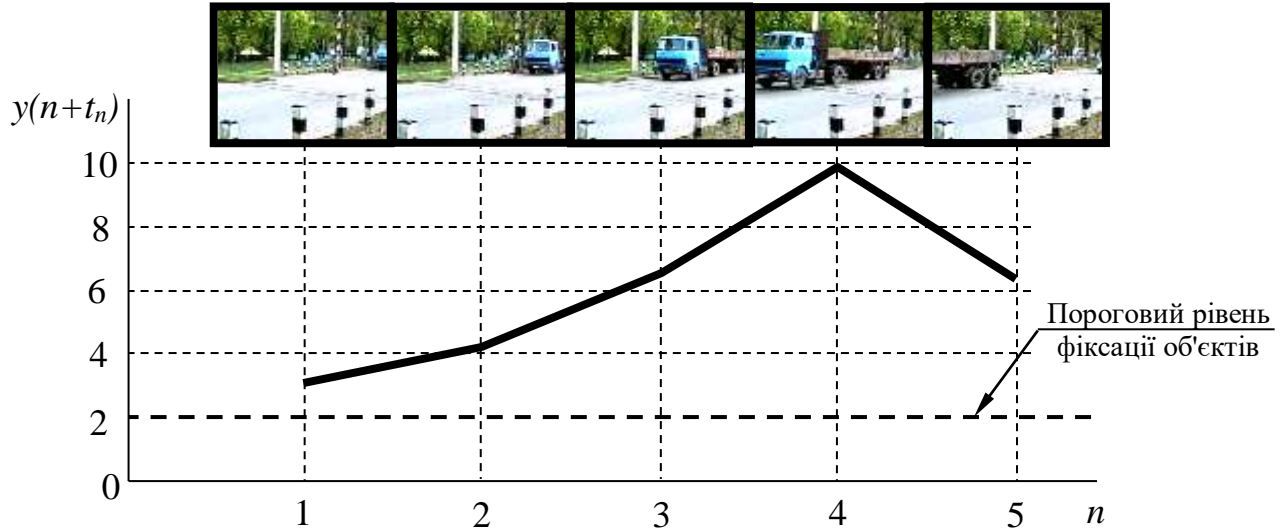


Рис. 9. Зображення переміщення транспортної одиниці через переїзд та графік функції $y(n+t_n)$ виходу нейронної мережі

Операція XOR виконується в реальному часі над кадрами зображення постійним чергуванням двох кроків:

- порівняння кожного кадру зображення з нормативним за допомогою логічної операції «АБО» (для контролю наявності стороннього об'єкту в зоні переїзду);
- порівняння кожного подальшого кадру зображення з попереднім за допомогою логічної операції «виключне АБО» (для визначення переміщень та швидкості руху стороннього об'єкту)

$$A_0 \cup A_1, A_0 \cup A_2, A_1 \downarrow A_2, A_0 \cup A_3, A_2 \downarrow A_3, A_0 \cup A_4, A_3 \downarrow A_4, \dots, A_0 \cup A_k, A_{k-1} \downarrow A_k. \quad (16)$$

У четвертому розділі шляхом моделювання особливостей функціонування систем відеоконтролю з урахуванням графіка руху поїздів (рис. 10) показано, що існує можливість визначення часу вступу поїзда в зону переїзду по кожному з фрагментів графіка руху та при наявності погрішності у визначенні швидкості.

Встановлено, що оскільки поїзди прямують по дільницях з різною швидкістю та прискоренням, то функцією часу зіткнення в зоні переїзду $G(V_n, t)$ є інтервал значень Б'-Б-Б" (рис. 11).

При моделюванні врахована погрішність у визначенні швидкості поїздів швидкостемірами типу ЗСЛ-2М ($\delta_{ск} \approx 5$ км/год) та одержано значення відхилень часу t_c для вантажних, пасажирських і приміських поїздів.

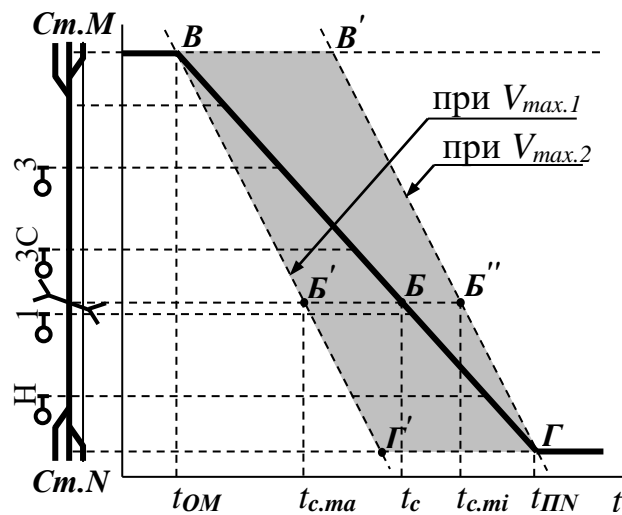


Рис. 10. Графік залежності часу вступу поїзда в небезпечну зону переїзду від часу його відправлення зі станції М та швидкості руху

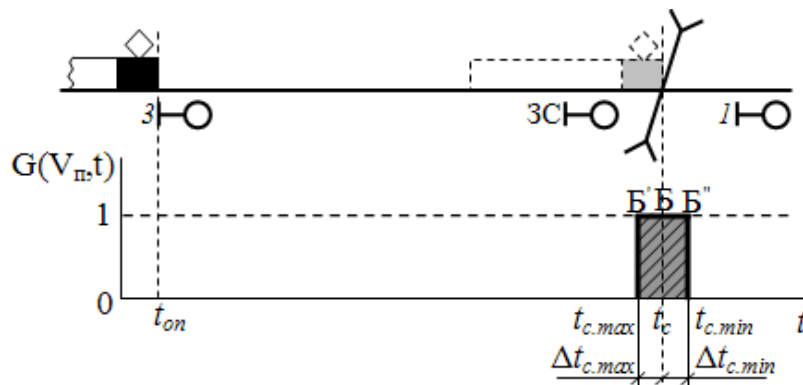


Рис. 11. Зображення функції $G(V_n, t)$ часу вступу поїзда до переїзду при наявності відхилень швидкості руху поїздів, де t_{OM} - час відправлення поїзду зі станції «М»; $t_{ПN}$ - час прибуття поїзду на станцію «N»

У розділі показано можливість використання цифрової системи радіозв'язку стандарту GSM для забезпечення локомотивних бригад поїздів, що наближаються до переїзду, своєчасною відеоінформацією про стан зони перехрещування транспортних потоків.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі проведено теоретичне обґрунтування і нове рішення науково-прикладного завдання підвищення безпеки руху транспортних засобів шляхом удосконалення систем автоматичної переїзної сигналізації з використанням пристроїв відеоконтролю. На основі проведених досліджень одержано наступні висновки та результати:

1. Виконаний аналіз стану безпеки руху транспорту показав, що наявність чергового працівника в зонах перехрещування маршрутів не гарантує повної безпеки руху оскільки лише в 42% випадків від всіх зареєстрованих дорожньо-транспортних подій (ДТП) ним були прийняті всі заходи щодо запобігання аваріям. Будівництво розв'язок у різних рівнях економічно виправдано лише на високоінтенсивних

ділянках руху з нормативною дальністю видимості. В інших випадках мають місце значні капітальні витрати й труднощі при будівництві як у межах, так і поблизу населених пунктів і промислових підприємств. Встановлено, що основними пристроями, які дозволяють зменшити кількість ДТП в зонах перехрещування як і раніше є загороджувальні пристрої і системи сигналізації. Виконаний аналіз існуючих загороджувальних пристроїв і систем сигналізації дозволив зробити висновок, що системи переїздів, які знаходяться в експлуатації, не дозволяють повністю виключити в'їзд автотранспортних засобів до небезпечної зони при наближенні поїзда, а також мають особливості, які ускладнюють їх застосування в даний час.

2. Допрацьовано і адаптовано для комплексної системи автоматичного розпізнавання рівнів безпеки та інтервального регулювання рухом транспорту класифікацію основних транспортних ситуацій, які виникають в небезпечній зоні переїзду при наближенні поїзда, де виділені та представлені у двійковій системі числення безпечні, небезпечні загрозливі і небезпечні аварійні ситуації. Виконано ранжирування ситуацій по рівню безпеки при виявленні в зоні контролю нерухомих автотранспортних заходів (АЗ), що дозволяє здійснити програмування мікроконтролера переїзду на автоматичне визначення рівня безпеки тієї або іншої ситуації при наявності поїзда на ділянці наближення. Розроблено спрощений алгоритм автоматичного визначення небезпечних та безпечних швидкостей руху об'єктів при наближенні поїзда.

3. Вдосконалено метод визначення небезпечних ситуацій згідно динамічних характеристиках транспортних засобів на основі моделювання параметрів руху АЗ на ділянках наближення до залізничного переїзду. Встановлено, що для практичної реалізації функціональності методу необхідно ввести до системи сигналізації переїзду додаткові технічні засоби, які забезпечать її інформацією про координати та швидкість руху поїздів, а за допомогою пристроїв відеоконтролю - динамічними характеристиками АЗ на підході до переїзду. Встановлено, що найбільш доцільним є впровадження запропонованого методу на переїздах, які розташовані в межах міста, коли на підході до переїзду є додаткові світлофори. Тоді питання реалізації полягають в ув'язці свідчень додаткових світлофорів з рухом поїзда за рахунок формування відповідних команд управління.

4. Вдосконалено метод виявлення динамічних об'єктів у масиві відеоданих шляхом програмного виділення в зображенні переїзду безпосередньо залізничних колій та прилеглих ділянок, виключаючи решту зображення, що дозволить тим самим понизити вимоги до швидкодії системи та при вступі поїзда на ділянку наближення в режимі реального часу контролювати не весь переїзд, а лише виділену його частину - небезпечну зону. Показано особливості виявлення АЗ шляхом програмного розділення виділеної частини зображення на осередки різних рівнів чутливості та їх обробки з застосуванням методів лінійної алгебри.

5. Вдосконалено метод розпізнавання сторонніх об'єктів у основних ознаках відеосигналу шляхом синтезу адаптивної нейромережевої моделі, що дозволило врахувати вплив статичних та динамічних зовнішніх чинників. Розглянуто модель, яка заснована на використанні як прямих, так і зворотних зв'язків (мережа типу АРЕХ), при потоці від відеокамери кадрів формату 256x256 та розмірності вектора 65536 елементів. Виявлено, що при збільшенні швидкості навчання відбувається необмежене зростання

вагових коефіцієнтів, при цьому алгоритм навчання і розпізнавання об'єктів «проскакує мимо» точки мінімуму погрішності. Тому в моделі передбачено привласнення випадкових значень ваговим коефіцієнтам. Шляхом дослідження програмної реалізації нейронної мережі типу APXH зроблено висновок про її ефективність для вирішення завдання виявлення головних компонентів та скорочення розмірності вхідного вектора.

6. Розроблено комплекс моделей функціонування автоматичної сигналізації переїзду, результати розрахунків згідно з якими, на відміну від існуючих, дозволяють на основі відеоконтролю небезпечної зони підвищити рівень безпеки руху транспортних засобів у місцях перехрещування маршрутів на $10 \div 44$ %.

Виконаний наліз безпеки руху в залежності від технічної оснащеності небезпечних зон перехрещування маршрутів дозволив зробити висновок, що у зв'язку зі значним динамічними змінами інтенсивності транспортних потоків витрати на обслуговування загороджувальних пристроїв переїздів залишаються незмінними, тому існуюче розділення технічної оснащеності переїздів на 5 дискретних рівнів не в достатній мірі забезпечує потреб залізничного транспорту щодо умов безпеки руху.

На підставі експериментальних досліджень та моделювання параметрів руху АЗ на ділянках наближення до переїзду показано можливість визначення переміщень АЗ у зоні відеоконтролю шляхом використання методу виконання операції «виключне АБО» між сусідніми кадрами зображення від кожної з відеокамер, що дозволяє забезпечити мікроконтролер переїзду інформацією про динаміку руху виявлених в зоні переїзду об'єктів. Сумісне використання інформації про швидкість руху поїздів на ділянці наближення та переміщень АЗ в зоні контролю дає можливість системі сигналізації переїзду визначати рівень небезпеки на переїзді без участі людини.

При моделюванні параметрів освітленості та проникності атмосферного середовища встановлено, що на правильність виявлення АЗ на переїзді впливає освітленість зони переїзду, проникність атмосферного середовища, значення коефіцієнтів віддзеркалення променистої енергії об'єктами, а також наявність світлових відблисків в зоні відеоконтролю. Враховано, що сучасні відеокамери мають вбудовані функції, які дають можливість їх адаптації до різних умов освітленості, тому дозволяють мінімізувати помилки виявлення об'єктів на фоні нормативного стану переїзду та здійснювати контроль без участі людини.

Шляхом моделювання функціонування систем відеоконтролю з урахуванням графіка руху поїздів показано, що існує можливість визначення моменту часу вступу поїзда в зону переїзду по кожному з фрагментів графіка та при наявності погрішності у визначенні швидкості руху. Стосовно швидкостей руху, що діють на Донецькій залізниці, визначено інтервал часу вступу поїздів до зони переїзду, враховано погрішність швидкостемірів у визначенні швидкості руху. Зроблено вивід про складність виконання подібних розрахунків оскільки заздалегідь невідомо з якою погрішністю визначається швидкість поїздів, що наближаються до переїзду, і чи є така погрішність взагалі.

7. Розроблено авторську комп'ютерну програму «Модель динамічної нейронної мережі з модифікованим алгоритмом навчання за методом зворотного поширення помилки (Model of Dynamic Neural Network)», яка дозволяє реалізувати інтелектуальну самонавчальну відеосистему сигналізації переїзду (свідоцтво Державного департаменту інтелектуальній власності Міністерства освіти і науки України про реєстрацію авторського права на твір № 39465 від 03.08.2011 р.).

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Основні праці:

1. Бойник А.Б. Видеоконтроль опасной зоны железнодорожных переездов / А.Б. Бойник, О.А. Германенко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків: УкрДАЗТ, 2001. – № 4. – С. 24-27.
2. Бойник А.Б. Влияние освещенности и загрязненности атмосферной среды зоны переезда на надежность обнаружения в ней посторонних объектов / А.Б. Бойник, О.А. Германенко // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2005. – Вип. 2. – С. 19-32.
3. Поддубняк В.И. Определение перемещений посторонних объектов в опасной зоне переезда с помощью систем видеонаблюдения / В. И. Поддубняк, О.А. Германенко // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2005. – Вип. 3. – С. 32-39.
4. Поддубняк В.И. Распознавание опасных скоростей движения объектов в огражденной зоне переезда при наличии поезда на участке приближения. Часть 1 / В.И. Поддубняк, О.А. Германенко // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2005. – Вип. 4. – С. 25-33.
5. Поддубняк В.И. Особенности функционирования переездных видеосистем согласно графику движения поездов. Часть 2 / В.И. Поддубняк, О.А. Германенко // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2006. – Вип. 5. – С. 80-90.
6. Германенко О.А. Определение времени вступления поездов на переезд в зависимости от скорости их движения. Часть 3 / О.А. Германенко // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЖТ, 2006. – Вип. 7. – С. 61-70.
7. Германенко О.А. Распознавание образов посторонних объектов в видеоизображении опасной зоны переезда / О.А. Германенко // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2006. – Вип. 8. – С. 117-133.
8. Германенко О.А. Классификация основных транспортных ситуаций в опасной зоне железнодорожного переезда / О.А. Германенко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – Харьков, 2009. – № 2/3 (38). – С. 49-51.
9. Германенко О.А. Исследование функции времени вступления поезда в опасную зону железнодорожного переезда / О.А. Германенко // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – Харьков, 2009. – № 4/3 (40). – С. 30-33.
10. Германенко О.А. Основные ситуации, возникающие в зоне переезда и уровни их опасности для движения железнодорожного транспорта / О.А. Германенко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків: УкрДАЗТ, 2009. – № 4. – С. 146-151.
11. Чепцов М.Н. Моделирование факторов, влияющих на безопасность движения в зоне скрещивания транспортных потоков / М.Н. Чепцов, О.А. Германенко // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2010. – Вип. 21. – С. 71-79.
12. Германенко О.А. Моделирование движения транспортных средств в районе приближения к железнодорожному переезду / О.А. Германенко, В.И. Поддубняк, М.Н. Чепцов // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків: УкрДАЗТ, 2011. – № 1. – С. 65-67.
13. Германенко О.А. Адаптивная модель выделения главных компонентов в задаче распознавания образов / О.А. Германенко, В.И. Поддубняк, В.С. Блиндюк, М.Н. Чепцов // Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонІЗТ, 2011. – Вип. 25. – С. 10-16.

14. Авт. свідоцтво № 39465, реєстр. 03.08.2011, МОН України, Державний департамент інтелектуальної власності. Комп'ютерна програма «Модель динамічної мережі з модифікованим алгоритмом навчання за методом зворотного поширення помилки» («Model of Dynamic Neural Network») / М.М. Чепцов, В.С. Блиндюк, Д.М. Кузьменко, О.О. Германенко; заявка від 23.05.11 № 39639.

Додаткові праці:

15. Германенко О.А. Математические методы выявления посторонних объектов в опасной зоне железнодорожных переездов [Текст] / О.А. Германенко // Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке: материалы 7-го международного молодежного форума, 22-24 апреля 2003 г., Харьков: ХНУРЭ, 2003. – С. 498.

16. Германенко О.А. Системы видеонаблюдения на железнодорожных переездах [Текст] / О.А. Германенко // Радиоэлектроника і молодь в XXI столітті: матеріали 9-го міжнародного молодіжного форуму, 19-21 квітня 2005 р., Харків: ХНУРЕ, 2005. – С. 407.

17. Германенко О.А. Обеспечение переездной видеоинформацией локомотивных бригад приближающихся к переезду поездов [Текст] / О.А. Германенко, В.Й. Поддубняк // Перспективні системи управління на залізничному, промисловому і міському транспорті: матеріали доповідей 18-ої міжнар. наук.-практ. конф. 2005 р. / Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2005. – № 5(55). – С. 103.

18. Германенко О.А. Автоматизация определения степени опасности переездных ситуаций [Текст] / О.А. Германенко, В.Й. Поддубняк // Перспективные системы управления на железнодорожном, промышленном и городском транспорте: материалы доповідей 19-ої міжнар. наук.-практ. конф. 2006 р. / Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2006. – № 4(60). – С. 8.

19. Германенко О.А. Определение уровня опасности переездных ситуаций [Текст] / О.А. Германенко, М.Н. Чепцов // Перспективные компьютерные управляющие и телекоммуникационные системы для железнодорожного транспорта Украины: материалы доповідей 23-ої міжнар. наук.-практ. конф. 2010 р. / Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2010. – № 4(83). – С. 37.

АНОТАЦІЯ

Германенко О.А. Підвищення безпеки руху транспортних засобів шляхом удосконалення систем автоматичної переїзної сигналізації. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.20 – експлуатація і ремонт засобів транспорту. – Українська державна академія залізничного транспорту МОНмолодьспорту України, Харків, 2012.

У дисертаційній роботі приведено теоретичне обґрунтування та рішення науково-прикладного завдання підвищення безпеки руху транспортних засобів шляхом розробки моделей і удосконалення методів функціонування автоматичної сигналізації переїзду з використанням пристроїв відеоконтролю. Розроблено комплекс моделей функціонування автоматичної сигналізації переїзду, які враховують динамічні параметри рухомих одиниць залізничного та автотранспорту з ідентифікацією. Вдосконалено процедуру навчання нейромережевої моделі розпізнавання образів автотранспортних засобів, яка дозволяє реалізувати

інтелектуальну самонавчальну відеосистему переїзної сигналізації. Вдосконалено метод визначення небезпечних ситуацій, з використанням введеної їх класифікації. Вдосконалено метод виявлення і розпізнавання сторонніх об'єктів у масиві відеоданих шляхом синтезу адаптивної нейромережевої моделі.

Ключові слова: залізничний переїзд, загороджувальний пристрій, сигналізація переїзду, автотранспортний засіб, сторонній об'єкт, безпека, система відеоконтролю, відеоінформація, зображення, піксель, графік руху, локомотивна бригада.

АННОТАЦІЯ

Германенко О.А. Повышение безопасности движения транспортных средств путем усовершенствования систем автоматической переездной сигнализации. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.20 – эксплуатация и ремонт средств транспорта. – Украинская государственная академия железнодорожного транспорта МОНмолодьспорта Украины, Харьков, 2012.

В диссертационной работе выполнено теоретическое обоснование и решение научно-прикладного задания повышения безопасности движения транспортных средств путем разработки моделей и усовершенствования методов функционирования автоматической переездной сигнализации с использованием устройств видеоконтроля.

В работе выполнен анализ состояния безопасности движения транспорта через зоны перекрещивания транспортных потоков который показал, что существующие и эксплуатируемые устройства и системы контроля, не позволяют полностью исключить въезд автодорожных транспортных средств в зону переезда при приближении поезда, а также имеют особенности, которые затрудняют их применение на переездах в настоящее время. На основании экспериментальных исследований за передвижением средств транспорта и пешеходов в зоне мест перекрещивания потоков, а также анализа аналогичного отечественного и зарубежного опыта, показана возможность усовершенствования устройств и систем контроля путем сочетания существующих систем управления ограждающими устройствами и аппаратуры участков приближения с современными цифровыми устройствами видеоконтроля на основе микроЭВМ.

Разработан комплекс моделей функционирования автоматической переездной сигнализации переезда, которые учитывают динамические характеристики подвижных железнодорожных и автодорожных единиц с идентификацией, на основе распознавания образов, их параметров движения, которые в отличие от существующих научных подходов повышают уровень безопасности железнодорожных переездов на 10 ÷ 44 %.

Усовершенствованна и адаптирована для комплексной системы автоматического распознавания уровней опасности классификация основных транспортных ситуаций, которые возникают в опасной зоне переезда при приближении поезда, где выделены и представлены в двоичной системе исчисления безопасные, опасные угрожающие и опасные аварийные ситуации.

Усовершенствован метод определения опасных ситуаций, с использованием введённой их классификации, который в отличие от существующих позволяет осуществлять распознавание ситуаций на основе динамических характеристик

транспортных средств. Для практической реализации подобной функциональности метода необходимо ввести в системы сигнализации переезда дополнительные технические средства, которые обеспечат ее информацией о координатах и скорости движения поездов и автотранспортных средств на подходе к переезду.

Усовершенствован метод выявления посторонних объектов в массиве видеоданных путем программного выделения в изображении опасной зоны переезда непосредственно железнодорожных путей и прилегающих участков, не отвлекаясь на остальные части видеоизображения. При этом показаны особенности обнаружения объектов путем программного деления изображения на зоны разных уровней чувствительности и применения методов линейной алгебры.

Усовершенствован метод распознавания объектов в массиве видеоданных путем синтеза адаптивной нейросетевой модели, что позволило учитывать влияние статических и динамических внешних факторов на оценку возникновения опасных ситуаций. Рассмотрена модель, основанная на использовании как прямых, так и обратных связей (сеть типа АРЕХ), при потоке кадров от видеокамеры формата 256x256 и размерности вектора 65536 элементов. Обнаружены недостатки, когда алгоритм обучения и распознавания объектов «проскакивает мимо» точки минимума погрешности; при увеличении скорости обучения происходит неограниченный рост весовых коэффициентов. Усовершенствована процедура обучения нейронной сети типа АРЕХ путем интерактивного поиска оптимального значения параметра скорости обучения и сделан вывод о ее эффективности для решения задачи выявления главных компонентов и сокращения размерности входного вектора.

Ключевые слова: железнодорожный переезд, ограждающее устройство, переездная сигнализация, автотранспортное средство, посторонний объект, безопасность, система видеоконтроля, видеoinформация, изображение, пиксель, локомотивная бригада.

ANNOTATION

Germanenko O.A. Increasing safety of movement on vehicles by the improvement of signaling systems on railroad crossings. – Manuscript.

The dissertation on competition for a scientific degree of candidate of technical sciences by speciality 05.22.20 – operation and maintenance of transport facilities. – Ukrainian State Academy of Railway Transport Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2012.

In this dissertation it is fulfilled theoretical basis and solution of scientific applied problems in increasing safety of movement on vehicles by developing models and improving function methods of automatic signaling on railroad crossings by using videocontrol.

It is developed the complex of function models in automatic signaling on railroad crossings. The determination method of dangerous situations is improved by using the introduction of their classification. It is improved the method of determination and identification of outside objects in the mass of videodata by synthesis of adaptive neurooperated models. The training procedure of identificating neurooperated models of images on road vehicles is improved by interactive search of optimal significance in parameter of training rate.

Keywords: railway transport, railroad crossing, crossing signaling, outer object, vehicle, safety, the system of videocontrol, image, representation, locomotive team.

ГЕРМАНЕНКО ОЛЕГ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 656.216.2:621.397.7

**ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ШЛЯХОМ
УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЧНОЇ ПЕРЕЇЗНОЇ
СИГНАЛІЗАЦІЇ**

Автореферат

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Відповідальний за випуск