

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

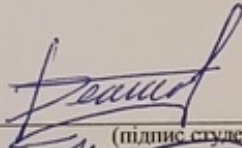
Факультет «Комп'ютерні технології і системи»

Кафедра «Автоматика та телекомунікації»

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи магістра

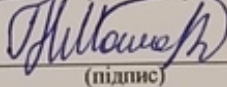
на тему: «Підвищення надійності функціонування системи автоматичної локомотивної сигналізації шляхом цифрової обробки кодів на локомотиві»
за освітньою програмою: «Автоматика та автоматизація на транспорті»
зі спеціальності: «174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

Виконав: студент
групи «АТ2326»


(підпис студента)

/Євгеній БІЛИЙ/
(Ім'я ПІРІЗВИЩЕ)

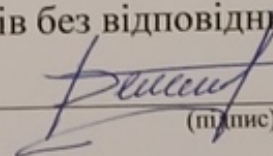
Керівник:


(підпис)

/ас. Наталія МАЛОВІЧКО/
(посада, Ім'я ПІРІЗВИЩЕ)

Засвідчую, що у цій роботі немає запозичень з
праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент


(підпис)

Дніпро – 2025 рік

Ministry of Education and Science of Ukraine
Ukrainian State University of Science and Technologies

Faculty «Computer technologies and systems»
Department «Automatics and Telecommunication»

Explanatory Note
to Master's Thesis

on the topic: «Development of methods to control the availability of the station-to-station block using photofixation by using semi-automatic blocking systems»
according to educational curriculum «Automatics and Automation on transport»
in the Speciality: «174 Automation and computer-integrated technologies»

Done by the student of the group AT2326:

/ Serhii KALASHNIKOV /

Scientific Supervisor:

/ Anton ZHURAVLOV /

Міністерство освіти і науки України
Український державний університет науки і технологій

Факультет: «Комп'ютерні технології і системи»

Кафедра: «Автоматика та телекомунікації»

Рівень вищої освіти: магістр

Освітня програма: «Автоматика та автоматизація на транспорті»

Спеціальність: «174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу магістра
студенту Калашнікову Сергію Олексійовичу

1. Тема роботи: «Розробка способів контролю вільності перегону з використанням фотофіксації при використанні систем напівавтоматичного блокування.»

Керівник роботи: Журавльов Антон Юрійович, асистент
затверджені наказом № 1369 ст. від 05.11.2024

2. Строк подання студентом роботи: 15.01.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: Ділянка залізниц із напівавтоматичним блокуванням

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):

4.1 Галузі застосування апаратури відеонагляду на транспорті

4.2 Застосування системи відеоспостереження для перегонів із напівавтоматичним блокуванням

4.3 Принципи автоматизованого розпізнавання знаку хвостового вагону

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

14 слайдів для презентації

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Галузі застосування апаратури відеонагляду на транспорті	1.12.24	30%
2	Застосування системи відеоспостереження для перегонів із напівавтоматичним блокуванням	15.12.24	60%
3	Принципи автоматизованого розпізнавання знаку хвостового вагону	30.12.24	100%
4	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри	15.01.25	
5	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії	23.01.25	

Студент

(підпис)**Сергій КАЛАШНІКОВ**

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

(підпис)**ас. Антон ЖУРАВЛЬОВ**

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи магістра:

63 с., 28 рис., 13 джерел.

Метою роботи є розробка методів і засобів, які дадуть змогу створити автоматизовану систему контролю вільності перегону в умовах напівавтоматичного блокування.

Об'єкт дослідження – процес напівавтоматичного регулювання руху поїздів на залізничному транспорті.

Завданням магістерської роботи було розроблення методик і засобів для забезпечення роботи автоматизованої системи контролю зайнятості перегону в умовах напівавтоматичного блокування, створення структурної організації систем моніторингу перегонів із відеофіксацією; розроблення методів виявлення знака хвостового вагона за кольором і геометричною формою в системах напівавтоматики.

У першому розділі розглянуто сфери використання систем відеоспостереження у транспортній галузі.

У другому розділі виконано аналіз можливостей застосування систем відеомоніторингу для перегонів із напівавтоматичним блокуванням, досліджено структурні моделі контролю зайнятості перегону із застосуванням технологій відеофіксації, окреслено принципи збереження зображень і здійснено розрахунок часу реакції системи.

У третьому розділі проаналізовано принципи автоматизованого виявлення знака хвостового вагона шляхом попередньої обробки зображень, із застосуванням методів аналізу за кольоровими параметрами та за геометричними характеристиками.

У четвертому розділі представлено узагальнені висновки роботи, підкреслено переваги використання запропонованої системи.

Ключові слова: НАПІВАВТОМАТИЧНЕ БЛОКУВАННЯ, ВІДЕОСПОСТЕРЕЖЕННЯ, СИГНАЛЬНИЙ ЗНАК, ХВОСТОВИЙ ВАГОН, ДЕТЕКТУВАННЯ.

ЗМІСТ

Вступ	8
1 Галузі застосування апаратури відеонагляду на транспорті.....	9
1.1 Призначення систем відеонагляду	9
1.2 Система відеонагляду "МОХА"	10
1.3 Система контролю залізничного транспорту "CarGoTrain"	12
1.4 Телевізійна система зчитування номерів вагонів на сортувальних станціях .	14
1.5 ISS рішення системи відеоспостереження для метрополітену	16
1.6 Система відеоспостереження для електропоїздів «Поїзд-Відео»	18
1.7 Система МОВОТІХ для залізничного транспорту: контроль переїздів....	21
1.8 Рішення Dallmeier Panomera для забезпечення безпеки на залізничному транспорті.....	23
1.10 Висновки до першого розділу.....	28
2 Застосування системи відеоспостереження для перегонів із напівавтоматичним блокуванням.....	29
2.1 Аналіз існуючих систем напівавтоматичного блокування.....	29
2.2 Використання систем відеоспостереження в залізничній автоматиці України	35
2.3 Застосування систем відеофіксації для напівавтоматичного блокування	36
2.4 Система КВП з використанням пристроїв відеоспостереження.....	39
2.5 Принципи фіксації зображень.....	42
2.6 Розрахунок часу спрацювання системи КВПВ	43
2.7 Висновки до другого розділу	45
3 Принципи автоматизованого розпізнавання знаку хвостового вагону ..	47

3.1	Апріорний аналіз зображень останніх вагонів.....	47
3.2	Виділення цільового об'єкта у відтінках сірого	48
3.3	Виділення цільового об'єкта за кольоровою ознакою	50
3.4	Попередня обробка зображень	52
3.5	Висновки до третього розділу.....	56
	Висновки.....	58
	Перелік посилань.....	62

ВСТУП

Забезпечення високого рівня безпеки на залізничному транспорті є одним із основних пріоритетів держави та організацій, що виконують залізничні перевезення. На залізницях України спостерігається збільшення обсягів вантажних перевезень і руху поїздів, що висуває суворіші вимоги до надійності пристроїв сигналізації, централізації та блокування (СЦБ) на станціях. Відмови таких пристроїв спричиняють порушення графіка руху поїздів, зниження пропускну здатності й, як наслідок, економічні втрати. У зв'язку з цим в Україні активно шукають способи покращення функціонування залізничної інфраструктури та підвищення її ефективності.

Диспетчерська централізація є важливим інструментом підвищення ефективності транспортної діяльності й управління.

Системи відеоспостереження щороку стають дедалі популярнішими й знаходять широке застосування на залізницях усього світу. Вони використовуються для зчитування номерів вагонів, моніторингу залізничних переїздів і контролю стану машиністів. У громадському транспорті, зокрема в поїздах, відеоспостереження є ключовим елементом забезпечення безпеки й захисту пасажирів.

Системи відеонагляду забезпечують отримання відео в реальному часі з «сліпих» зон і територій. Впровадження технологічної системи, здатної передавати візуальну інформацію в режимі реального часу до диспетчерського центру, сприяє покращенню заходів протидії різноманітним загрозам, які можуть призвести до пошкоджень поїздів або становити небезпеку для пасажирів, тим самим полегшуючи виконання складного завдання забезпечення ефективності безпеки руху поїздів.

1 ГАЛУЗІ ЗАСТОСУВАННЯ АПАРАТУРИ ВІДЕОНАГЛЯДУ НА ТРАНСПОРТІ

1.1 Призначення систем відеонагляду

Відеоспостереження є одним із найпоширеніших і найефективніших інструментів забезпечення безпеки. Системи відеоспостереження знаходять застосування у сфері комунального господарства, готельній індустрії, промисловості; вони використовуються для моніторингу шосейних і залізничних шляхів, вимірювання швидкості транспортних засобів, автоматичного визначення кількості зайнятих і вільних місць на парковках, спостереження за банківськими установами, контролю повітряного простору, моніторингу міських територій і лісових масивів для раннього виявлення пожеж. Крім того, відеоспостереження використовується для регулювання доступу на охоронюваних об'єктах, аналізу інтенсивності дорожнього руху та підрахунку транспортних засобів різних типів, проведення статистичних досліджень у торговельно-розважальних центрах, а також для дистанційного спостереження за різними об'єктами тощо.

Сфери застосування відеонагляду не обмежуються виключно охоронними завданнями. Яскравим прикладом є використання відеоспостереження на залізничному транспорті.

Телевізійні системи збору й реєстрації даних використовуються для моніторингу сортувальних станцій, пасажирських платформ, вокзальних територій, залізничних переїздів, контейнерних майданчиків; для комерційного огляду поїздів і спостереження за екіпіруванням локомотивів. Це лише частина завдань, які можуть бути ефективно вирішені за допомогою телекамер і систем відеонагляду.

Однією з найбільш складних і актуальних проблем обробки відеоінформації є виділення та розпізнавання рухомих об'єктів за наявності різноманітних перешкод, а також створення на цій основі інтегрованих систем моніторингу. Основним завданням таких систем є надання користувачеві

інформації про події, що відбуваються у зоні огляду камери, з можливістю виконання наперед визначених і програмно закладених дій.

У сучасному світі створюється значна кількість відеосистем із різними сферами застосування. Незважаючи на різницю в функціональних можливостях, послідовність обробки відеосигналів у них є подібною. Проведений аналіз свідчить, що більшість таких систем базується на спільних алгоритмах і модулях, які забезпечують їхню функціональність.

1.2 Система відеонагляду "МОХА"

Протягом останніх років оператори залізничних перевезень отримали доступ до інноваційних технологій, які суттєво підвищують рівень безпеки пасажирів як у потягах, так і на станціях. Сучасні системи IP-відеоспостереження, створені на основі бездротових або супутникових комунікаційних мереж, усувають обмеження традиційних CCTV-систем, забезпечуючи можливість дистанційного моніторингу та спостереження.

Одним із ключових аспектів вибору систем відеонагляду є їхня відповідність галузевим стандартам, що гарантують надійну експлуатацію обладнання та безпеку пасажирів. Стандарт EN 50155 є галузевим орієнтиром, який підтверджує придатність електронного обладнання для використання на рухомому складі, враховуючи вимоги до стійкості проти електромагнітних завад, ударів, вібрацій, екстремальних температур і високої вологості.

Обладнання МОХА, зокрема IP-камери VPort P06-1MP-M12, VPort 16-M12, а також мережевий відеореєстратор MxNVR-M04, відповідають жорстким вимогам зазначеного стандарту.

Вимоги до системи відеонагляду "МОХА":

Захищене використання обладнання з відповідністю стандартам EN 50155/ЕС, що забезпечує надійність роботи на рухомому складі.

Підтримка технологій оптимізації зображення: WDL (Wide Dynamic Range), BLC (Backlight Compensation) і DNR (Digital Noise Reduction).

Ступінь захисту від пилу та вологи – IP66, стійкість до вандалізму відповідно до стандарту EN 62262.

Підтримка багатопоточності для забезпечення одночасного перегляду відео в реальному часі та його запису.

Простота інсталяції та обслуговування.

Переваги системи "МОХА":

Всі рішення МОХА, включаючи IP-камери та мережеві відеореєстратори, сертифіковані відповідно до стандарту EN 50155.

Промислове виконання пристроїв, яке включає:

- Захист класу IP66 від впливу зовнішніх факторів.
- Вандалозахист класу IK10.
- Стійкість до вібрації, електромагнітних завад і перенапруг.
- Розширений температурний діапазон для роботи в екстремальних умовах.

Повний спектр пристроїв для побудови систем відеонагляду на рухомому складі:

- IP-камери.
- Мережеві відеореєстратори.
- Промислові комутатори.
- Бездротові мережеві адаптери тощо.

Простота інсталяції завдяки автоматичному налаштуванню, підтримці VPort SDK, а також відповідності стандарту OnVIF для інтеграції в існуючі системи.

Таким чином, система "МОХА" пропонує сучасне, надійне та ефективне рішення для забезпечення безпеки на залізничному транспорті, відповідаючи найсуворішим галузевим стандартам.

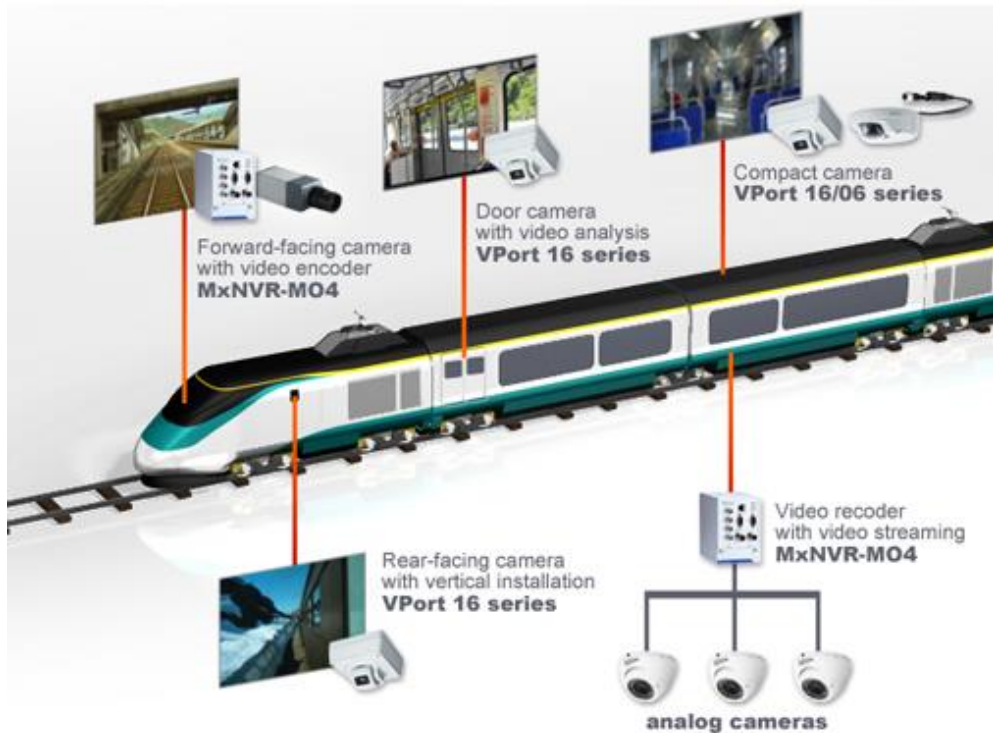


Рисунок 1.1 – Схема розміщення відеокамер у системі "МОХА"

1.3 Система контролю залізничного транспорту "CarGoTrain"

Система "CarGoTrain" розроблена для кількісного та номерного обліку вагонів, а також контролю ваги вантажу, що перевозиться залізничним транспортом. У пункті призначення система дозволяє автоматизувати процес порівняння номерів вагонів складу, який прибув, із натурним листом, що описує відправлений склад.

Переваги системи:

"CarGoTrain" мінімізує вплив людського фактора, автоматизуючи рутинні процеси і зменшуючи кількість помилок. Вона забезпечує точне зіставлення номерів вагонів, кількісного складу, а також даних про вагу вантажу, отриманих при зважуванні, з інформацією з натурального листа. Це дозволяє виявляти помилки, недоліки чи порушення.

Орендарі вагонів можуть використовувати систему для контролю часу простою вагонів на території підприємства, що сприяє зменшенню витрат на оренду.

Основні функціональні можливості системи:

- Зчитування, розпізнавання та реєстрація усіх номерів вагонів під час проходження складу.
- Розпізнавання номерів вагонів за складних погодних умов, забезпечуючи точність і надійність.
- Порівняння номерів вагонів із базами даних вагонів і вантажів, що транспортуються.
- Фіксація подій у базі даних з прив'язкою до відповідної відео- та фотоінформації.
- Фільтрація подій за типами, що полегшує пошук необхідної інформації.
- Трансляція інформації на монітор охорони про склади, які проходять через контрольну зону.
- Постійний відеозапис із оглядових камер для забезпечення повного моніторингу.
- Інформація в реальному часі про штатні та тривожні події, що виникають у зоні контролю.
- Доступ до архівів фото- і відеоінформації, що зберігається на сервері.
- Формування звітів за різними критеріями з можливістю експорту разом із відеофрагментами.
- Автоматичне зважування вагонів у русі, що прискорює обробку складів.
- Реєстрація складів до та після зважування з автоматичним створенням звітів.
- Друк документів у погодженому форматі.
- Створення баз даних вагонів, перевізників, постачальників, одержувачів і товарів.
- Розмежування прав доступу на основі системи паролів, що підвищує безпеку даних.

- Передача даних у комп'ютерну мережу підприємства для інтеграції з іншими системами.

Застосування системи "CarGoTrain" забезпечує автоматизацію контролю, зменшення витрат і підвищення точності обліку на залізничному транспорті, що робить її ефективним інструментом для оптимізації логістичних і транспортних процесів.

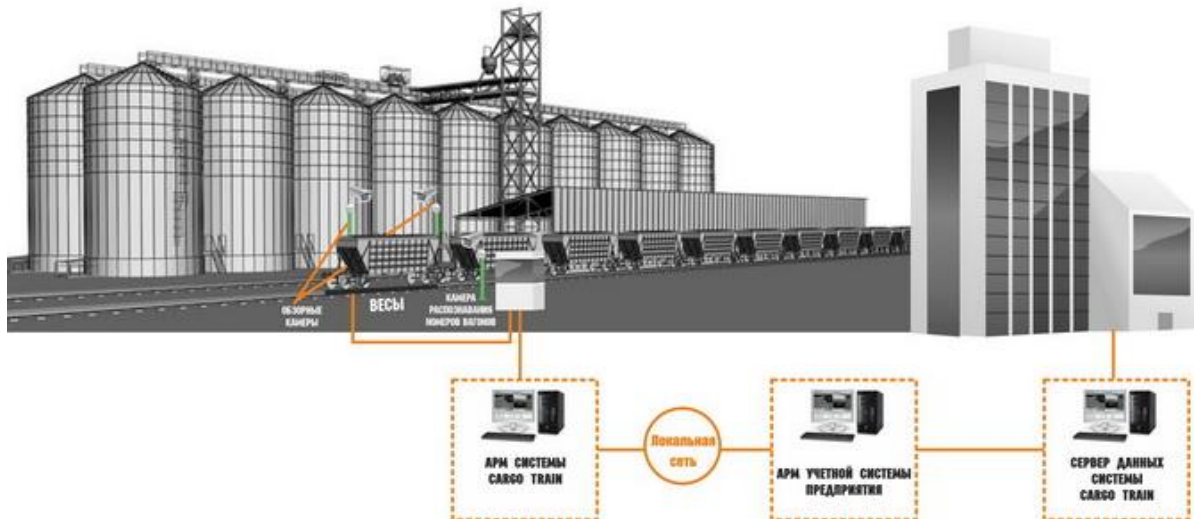


Рисунок 1.2 – Структурна схема системи "CarGoTrain"

1.4 Телевізійна система зчитування номерів вагонів на сортувальних станціях

У 2004 році на станції Ярославль-Головний Північної залізниці було завершено технічне оновлення застарілої телеапаратури для зчитування номерів вагонів. Її замінили сучасною телевізійно-цифровою системою, яка включає:

- передавальні телевізійні камери на основі ПЗС-матриць,
- волоконно-оптичні системи передачі телевізійного сигналу,
- цифрові відеореєстратори на жорстких магнітних дисках.

Попередній метод зчитування номерів вагонів

Раніше перевірка номерів вагонів виконувалася вручну. На входних і вихідних горловинах сортувальних станцій встановлювалися спеціальні пункти зчитування номерів, оснащені телеграфною апаратурою,

персональними комп'ютерами та іншими технічними засобами. Інформація з цих пунктів передавалася в технічні контори або інформаційні центри станцій, де здійснювалося її порівняння з натурними листами.

Згодом, із запровадженням сучасного диспетчерського управління формуванням і розформуванням потягів, технічні контори стали центральним елементом роботи сортувальних станцій. Однак візуальне зчитування номерів вагонів на ходу поїзда залишалося залежним від людського фактора, що знижувало ефективність через наступні фактори:

- яскравість і місце нанесення номерів вагонів;
- відстань між пунктом зчитування та колією;
- освітленість і швидкість руху поїзда (зазвичай не більше 20–30 км/год для уникнення помилок).

Сучасна технологія зчитування за допомогою відеозапису

Сучасна система зчитування номерів вагонів базується на телевізійно-цифровій апаратурі. Її технологія включає:

- Відеозапис проходження поїзда у режимі реального часу.
- Уповільнене відтворення відеозапису або аналіз стоп-кадрів на екрані оператора технічного відділу.
- Порівняння номерів вагонів із натурним листом для виявлення розбіжностей.
- Можливість збереження відеозаписів для вирішення конфліктних ситуацій або перевірки безпеки.

Результати модернізації на станції "Ярославль-Головний"

Впровадження нової системи дозволило:

- скоротити штат операторів, оскільки обробка даних була централізована в інформаційно-розрахунковому центрі;
- підвищити надійність роботи апаратури завдяки переходу на волоконно-оптичну передачу сигналів та заміні відеомагнітофонів на цифрові відеореєстратори;

- забезпечити високу достовірність зчитування номерів навіть за складних умов.

Окрім цього, нова система відкрила можливості для:

- виявлення втрати або невідповідності супровідних документів вагонів;
- ідентифікації «чужих» вагонів у потягах;
- виявлення комерційних дефектів вантажу та інших порушень.

Досвід експлуатації телевізійної апаратури на сортувальних станціях протягом 20 років підтвердив її ефективність. Наприклад, на станції "Ярославль-Головний" термін окупності нового обладнання склав менше двох років. Це доводить доцільність використання телевізійно-цифрових систем зчитування номерів вагонів як ефективного інструменту для оптимізації роботи сортувальних станцій.

1.5 ISS рішення системи відеоспостереження для метрополітену

Розроблене рішення компанії ISS для організації системи відеоспостереження в метрополітені базується на впровадженні інтелектуальних технологій обробки відеозображення. Система спрямована на підвищення рівня безпеки перевезень і якості обслуговування пасажирів. Її функціонал включає розпізнавання облич, аналіз поведінки людей, виявлення залишених предметів та інші заходи безпеки.

Впровадження системи дає змогу знизити навантаження на персонал служби безпеки, оптимізуючи їхню роботу та підвищуючи ефективність реагування на потенційні загрози.

Функціональні можливості ISS-рішення:

- Контроль у реальному часі
 - Безперервний або "тривожний" відеозапис (особливо в години пік, під час масових заходів).
 - Спостереження за платформами, вестибюлями, ескалаторами, касами та входами на станції.

- Передача відеосигналу на монітори чергових по станціях або до Центру моніторингу.
- Виявлення залишених предметів
 - Автоматичне визначення залишених речей у вагонах метро, на платформах, у переходах, на коліях.
 - Миттєве повідомлення відповідних служб для реагування.
- Аналіз поведінки пасажирів
 - Виявлення підозрілої, нестандартної поведінки індивідуальних осіб або пасажиропотоків.
 - Сповіщення служб (охорона, рятувальники, поліція, швидка допомога) для попередження небезпечних ситуацій: хуліганства, спроб самогубства тощо.
- Ідентифікація пасажирів
 - Реєстрація пасажирів на вході до станції з використанням системи розпізнавання облич.
 - Виявлення та попередження входу "небажаних осіб" на територію метрополітену.
- Реакція на позаштатні ситуації
 - Автоматичне виявлення диму, витоків газу чи інших аномальних ситуацій.
 - Активація заходів безпеки: блокування дверей, зупинка ескалаторів, увімкнення звукової сигналізації.
- Підрахунок пасажирів
 - Визначення кількості пасажирів у різних напрямках і на різних станціях у певний час.
 - Збір статистичних даних для оптимізації роботи метрополітену та регулювання навантаження.

Переваги ISS-рішення для метрополітену

1. Підвищення рівня безпеки: рішення дозволяє своєчасно виявляти потенційні загрози та оперативно реагувати на них.

2. Автоматизація процесів: зменшує залежність від людського фактору, підвищуючи точність і швидкість обробки інформації.
3. Оптимізація роботи: дані про пасажиропотік сприяють покращенню роботи служб метрополітену.
4. Збереження доказової бази: функція відеозапису дозволяє зберігати інформацію для вирішення конфліктних ситуацій або розслідувань.

Система ISS є сучасним інструментом для забезпечення безпеки та підвищення ефективності управління метрополітеном, адаптованим до потреб великих пасажиропотоків.

1.6 Система відеоспостереження для електропоїздів «Поїзд-Відео»

«Поїзд-Відео» – це багатофункціональна цифрова система відеоспостереження, розроблена для залізничного транспорту. Вона забезпечує комплексний моніторинг та реєстрацію подій у вагонах, на шляхах руху та технічного стану рухомого складу.

Основні функції системи «Поїзд-Відео»

- Моніторинг ситуації у вагонах електропоїзда в режимі реального часу.
- Реєстрація подій на рухомому складі.
- Реєстрація обстановки на шляхах руху поїзда.
- Фіксація технічного стану рухомого складу.
- Віддалений доступ до системи через радіоканал на відстані до 2 км.



Рисунок 1.3 – Кабіна машиніста з використанням системи «Поїзд-Відео»



Рисунок 1.4 – Відеосервер системи «Поїзд-Відео»

Особливості конструкції та функціонування

Вагонні блоки

- Кожен вагон обладнаний вагонним блоком, до якого підключається від 4 до 8 відеокамер.
- Тип і розташування камер визначаються проектом для конкретного електропоїзда.
- Вагонний блок виконує:
 - Прийом відеосигналів від камер.
 - Оцифровку та стиснення відео.
 - Передачу стисненої інформації на відеосервер.
- Кожен блок має унікальний номер, що збігається з номером вагона. У разі заміни вагона швидке переналаштування номера виконується за допомогою мікроперемикача на корпусі блоку.

Відеосервер

- Основні завдання відеосервера:
 - Прийом стиснених відеоданих із вагонних блоків.
 - Контроль стану вагонних блоків і зв'язку між ними.
 - Збереження відеоінформації на носії пам'яті.
 - Декодування та відтворення відео на моніторі з будь-якого вагона.

- Синхронізація архівів між двома відеосерверами.
- Передача записаних даних по радіоканалу до віддаленого пункту спостереження.

Особливості системи «Поїзд-Відео»

- Антивандальна конструкція ключових вузлів системи для захисту від зовнішніх впливів.
- Автономний режим роботи, що не потребує постійного втручання оператора.
- Візуальний контроль ситуації у вагонах та на платформах.
- Локальний моніторинг та постійний запис з усіх підключених камер.
- Контроль посадки/висадки пасажирів для забезпечення безпеки.
- Передача даних на зовнішні носії пам'яті.
- Можливість перегляду відеозаписів локально або віддалено.
- Сумісність із охоронно-пожежною системою електропоїзда, що забезпечує інтегрований підхід до безпеки.

Переваги системи «Поїзд-Відео»

1. Забезпечення безпеки пасажирів і персоналу через цілодобовий моніторинг.
2. Підвищення ефективності управління завдяки автоматизованому збору та обробці даних.
3. Стійкість до зовнішніх впливів завдяки антивандальній конструкції.
4. Гнучкість і масштабованість системи через можливість адаптації під конкретні потреби електропоїзда.

Система «Поїзд-Відео» є ефективним інструментом для забезпечення безпеки та оптимізації роботи на залізничному транспорті, інтегруючи сучасні технології відеоспостереження із загальною системою управління електропоїздом.

1.7 Система МОВОТІХ для залізничного транспорту: контроль переїздів

На багатьох автомобільних переїздах залізничні колії не оснащені шлагбаумами чи автоматичними загороджувальними пристроями. Часто попередження обмежується лише сигналами семафора, які можуть бути непомітними для водіїв за поганої погоди. Крім того, деякі водії навмисно ігнорують сигнали, намагаючись проїхати перед поїздом, що створює ризик аварійних ситуацій.

Встановлення камер **МОВОТІХ М12** на нерегульованих переїздах значно знижує ризик подібних інцидентів, дозволяючи оперативно виявляти порушення та забезпечувати безпеку.



Рисунок 1.5 – Камера МОВОТІХ на залізничному переїзді

Функціонал системи МОВОТІХ для контролю переїздів

- Виявлення перешкод. Камери МОВОТІХ автоматично розпізнають об'єкти, що знаходяться на коліях, і передають відповідні сигнали.
- Відеотермінали у локомотивах. Поїзди обладнуються спеціальними відеотерміналами, які відображають інформацію з камер, встановлених на переїздах.
- Протокол SIP. Камери МОВОТІХ використовують протокол Session Initiation Protocol (SIP) для передачі відео та звукових сигналів до

терміналів машиніста. Це дозволяє оперативно реагувати на перешкоди та приймати обґрунтовані рішення.

- Бездротовий зв'язок. Камери передають дані через Wi-Fi канал, спрямовуючи відео безпосередньо на термінал у кабіні локомотива.



Рисунок 1.6 – Відеотермінал MOBOTIX в локомотиві

Переваги системи MOBOTIX M12

1. Підтримка Power-over-Ethernet (PoE). Камери забезпечують живлення через Ethernet, що спрощує їх підключення.
2. Додаткові функції. Камери підтримують бездротовий зв'язок, включаючи технології UMTS/3G.
3. Висока якість зображення. Роздільна здатність камер становить 1,3 Мп, що забезпечує чітке відображення деталей.
4. Інтеграція через браузер. Камери підтримують перегляд і налаштування без потреби у встановленні додаткового програмного забезпечення.
5. Стиснення MxPEG. Інноваційна схема стиснення мінімізує навантаження на мережу та забезпечує ефективну передачу відеоданих.
6. Довготривале зберігання. Система дозволяє зберігати відеозаписи, звукові дані чи окремі кадри у циклічному буфері на звичайному ПК або файловому сервері.
7. Стійкість до погодних умов. Камери не містять рухомих частин, що забезпечує їх надійність у діапазоні температур від -30 до +60 °С.

8. Оперативне сповіщення. Система може подавати тривожні сигнали через e-mail, SMS або телефонні дзвінки.

Ефективність використання системи MOBOTIX

Встановлення камер MOBOTIX M12 забезпечує:

- своєчасне попередження про перешкоди на колії;
- підвищення рівня безпеки на нерегульованих переїздах;
- спрощення роботи машиністів за рахунок оперативної передачі інформації;
- зменшення ризику аварійних ситуацій, викликаних людським фактором чи погодними умовами.

Система MOBOTIX M12 є сучасним і надійним рішенням для залізничного транспорту, яке забезпечує інтеграцію відеоконтролю з інформаційними та безпековими системами локомотивів.

1.8 Рішення Dallmeier Panomera для забезпечення безпеки на залізничному транспорті

Dallmeier Panomera пропонує інноваційне рішення для забезпечення відеоспостереження на залізничному транспорті, яке охоплює вокзали, привокзальні площі, залізничні лінії, переїзди та території потягів. Особливу увагу приділено моніторингу великих і протяжних просторів, таких як сортувальні станції, що раніше вимагало встановлення значної кількості стандартних камер.



Рисунок 1.7 – Камера Panomera S4 та Panomera-360

Компанія **Dallmeier** розробила мультифокальну матричну систему Panomera, яка дозволяє з однієї точки охоплювати об'єкти на великій відстані чи на панорамній території.

Основні переваги Panomera:

- **Мультифокальна система.** Кожна матриця має об'єктив із налаштованою фокусною відстанню, що забезпечує високу якість зображення на всій площі огляду.
- **Охоплення великих просторів.** Panomera дозволяє ефективно спостерігати за далекими або великими територіями, використовуючи меншу кількість камер.
- **Гнучкість інтеграції.** Система може бути використана в поєднанні з іншими IP-камерами та пристроями відеозапису від Dallmeier.

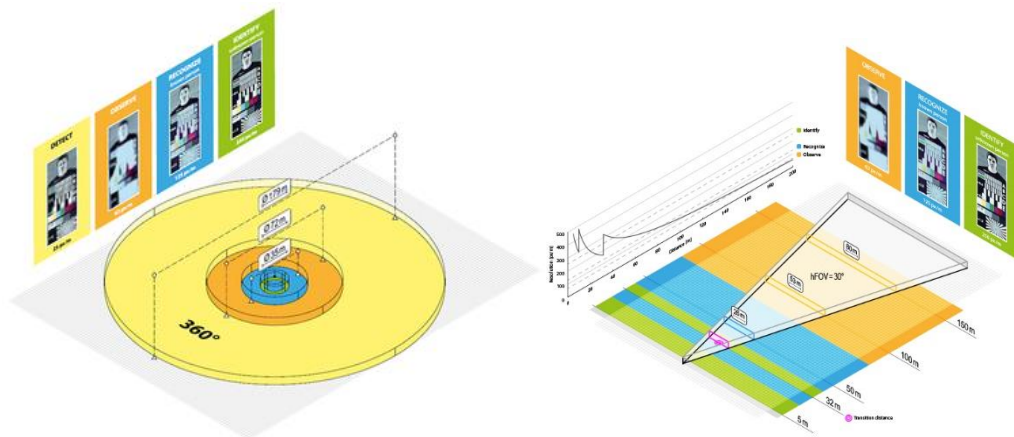


Рисунок 1.8 – Діаграми огляду камер Panomera-360 та Panomera S4

Особливості системи Panomera

1. Висока роздільна здатність на великих відстанях
 - Чітке зображення об'єктів, навіть якщо вони розташовані далеко від камери.
2. Висока світлочутливість і широкий динамічний діапазон
 - Забезпечує якісне відео навіть за недостатнього освітлення.
3. Безперервний запис
 - Система записує все, що відбувається, без перерв.
4. Реальний час

- Передача відео зі швидкістю до 30 кадрів/сек забезпечує плавність зображення.
5. Багатокористувацький доступ
 - Декілька користувачів можуть одночасно працювати з системою.
 6. Інтеграція з іншими камерами
 - Можливість включення вже наявного обладнання в загальну систему Rapomera.
 7. Сучасні методи передачі даних
 - Підтримка доступу до відео через мобільні пристрої, такі як iPhone чи iPad.
 8. Простота встановлення та обслуговування
 - Мінімізація витрат на монтаж і технічне обслуговування.

Практичні застосування

- Моніторинг сортувальних станцій. Спостереження за великими територіями з мінімальною кількістю камер.
- Контроль вокзалів і привокзальних площ. Забезпечення безпеки пасажирів і моніторинг інфраструктури.
- Огляд залізничних переїздів. Виявлення порушень і перешкод на коліях.
- Спостереження вздовж залізничних ліній. Забезпечення захисту інфраструктури та попередження небезпечних ситуацій.

Переваги для залізничного транспорту

1. Ефективне управління просторами. Зниження витрат завдяки меншій кількості камер при одночасному збільшенні охоплення.
2. Підвищення безпеки. Реальний час та безперервний запис забезпечують своєчасне виявлення загроз.
3. Інтеграція з наявними системами. Дозволяє використовувати вже встановлене обладнання.
4. Мобільний доступ. Легкий доступ до відеоінформації через мобільні пристрої.

Технологія Dallmeier Panomera забезпечує інноваційний підхід до відеоспостереження на залізничному транспорті, створюючи новий стандарт безпеки й ефективності.

1.9. Постановка задачі

Актуальність роботи полягає у вирішенні нагальних проблем забезпечення безпеки руху на залізничному транспорті, що є одним із ключових завдань держави та організацій, які здійснюють залізничні перевезення. Зростання інтенсивності вантажних перевезень і руху поїздів на залізницях України ставить високі вимоги до надійності пристроїв СЦБ на станціях, адже їхні відмови можуть призвести до порушень графіку руху, зменшення пропускної здатності й значних економічних втрат.

Одним із ефективних інструментів підвищення надійності та безпеки є диспетчерська централізація, яка сприяє оптимізації управління залізничним рухом. Сучасні системи відеоспостереження, які стають дедалі популярнішими на залізницях світу, є важливим доповненням до забезпечення безпеки. Вони використовуються для зчитування номерів вагонів, контролю стану залізничних переїздів і машиністів, а також підвищують рівень безпеки пасажирів завдяки моніторингу "сліпих зон" та передачі відео в реальному часі до диспетчерського пункту.

Розгортання автоматизованих систем, здатних забезпечити контроль та аналіз стану перегонів у режимі реального часу, є важливим кроком для запобігання загрозам, що можуть призвести до ушкоджень поїздів і небезпеки для пасажирів. Такий підхід дозволяє вирішувати складні завдання забезпечення ефективності та безпеки руху поїздів, що підтверджує актуальність розробки методів і засобів автоматизованих систем для контролю вільності перегону в системах напівавтоматичного блокування.

Метою дослідження є розробка методів і засобів для функціонування автоматизованої системи контролю вільності перегону шляхом фотофіксації знаку хвостового вагона у системах напівавтоматичного блокування.

Завдання роботи

Розробка структури систем автоматичного контролю перегону. Створення архітектури системи, яка дозволить здійснювати моніторинг перегонів на ділянках напівавтоматичного блокування із застосуванням технологій фотофіксації.

Розробка способів виявлення знаку хвостового вагона за кольоровою ознакою. Визначення алгоритмів та методів обробки зображень для розпізнавання кольорових характеристик знаку хвостового вагона в умовах напівавтоматичного блокування.

Розробка способів фіксації вільності перегону за аналізом форми знаку хвостового вагона. Розроблення алгоритмів аналізу форми знаку для автоматичного визначення вільності перегону та забезпечення коректної роботи системи в умовах експлуатації.

Очікуваний результат

Реалізація даної системи дозволить підвищити ефективність і надійність функціонування залізничного транспорту, зменшити залежність від людського фактора, а також забезпечити своєчасний контроль стану перегонів на ділянках з напівавтоматичним блокуванням.

Об'єкт дослідження – процес напівавтоматичного регулювання руху поїздів на залізничному транспорті.

Предмет дослідження – методи та засоби автоматизації виявлення знаку хвостового вагону в системах напівавтоматичного блокування.

Для вирішення поставлених задач застосовано методи математичного аналізу попередньої обробки зображень для виділення шуканого об'єкту у відтінках сірого та за кольоровою ознакою, застосовано способи цифрової фільтрації зображень, використано методи ідентифікації об'єктів за формою; розроблено програмне забезпечення на мові програмування Python з використанням бібліотеки OpenCV.

1.10 Висновки до першого розділу

На сьогодні відеоспостереження широко розповсюджене у багатьох галузях. На залізниці використовується для зчитування номерів вагонів, для контролю залізничного переїзду. Відеоспостереження в громадському транспорті, і особливо в поїздах є важливою частиною забезпечення безпеки і охорони пасажирів. Дуже важливо в надзвичайних ситуаціях реагувати і приймати правильні рішення якнайшвидше, не допускати пасивності відповідальних органів через затримку отримання важливої інформації. Відеоспостереження дозволяє силам охорони і безпеки отримувати відео в реальному масштабі часу з "сліпих" зон. Розгортання технологічної системи, здатної передавати візуальну інформацію в режимі реального часу в диспетчерський пункт, дозволить значно краще справлятися з різними загрозами, які можуть привести до ушкодження поїзду і представляти небезпеку для пасажирів. Таким чином полегшиться рішення задачі забезпечення безпеки руху поїздів і дану роботу можна вважати потрібною та актуальною.

2 ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМИ ВІДЕОПОСТЕРЕЖЕННЯ ДЛЯ ПЕРЕГОНІВ ІЗ НАПІВАВТОМАТИЧНИМ БЛОКУВАННЯМ

2.1 Аналіз існуючих систем напівавтоматичного блокування

Основні засади функціонування релейної системи напівавтоматичного блокування РПБ ГТСС

Релейне напівавтоматичне блокування (НАБ) у системі ГТСС використовується на одно- та двоколійних відтинках залізничного шляху зі станціями, оснащеними централізованими стрілочними механізмами, маршрутно-контрольними пристроями або електрично централізованими стрілками та сигналами. У межах цієї системи всі блокувальні залежності виконуються за допомогою релейного обладнання. Блокувальні сигнали формуються через натискання кнопок, а їх проходження відслідковується за допомогою індикаторних ламп на пульті управління.

Дозволом для заняття перегону або блок-ділянки поїздом є показ дозволяючого сигналу вихідного або прохідного світлофора. Пристрої НАБ запобігають можливості відправлення на перегін іншого поїзда, якщо він усе ще зайнятий раніше відправленим складом. Після проходження поїздом вихідного або прохідного світлофора сигнал закривається та блокується. Розблокування може бути здійснене черговим по станції (ДСП) наступного роздільного пункту лише після фактичного прибуття поїзда у повному складі. Система НАБ дозволяє відправити поїзд зі станції за умови відповідного стану всіх її вхідних параметрів.

Черговому по станції забороняється передавати на станцію відправлення повідомлення про прибуття поїзда та блокувальний сигнал прийому, якщо він не переконався у фактичному прибутті поїзда в повному складі. Перевірка наявності останнього вагона виконується особисто або через доповіді чергового стрілочного поста. На станціях із централізованим управлінням стрілками, де відсутні чергові стрілочного поста, така інформація надходить від інших працівників, відповідальних за рух поїздів, або чергових переїздів

відповідно до порядку, визначеного начальником дирекції залізничних перевезень і зазначеного в технічно-розпорядчому акті станції.

Двійковими входами системи НАБ на одноколінійній ділянці є:

x_1 – прибуття поїзда на станцію та звільнення перегону; стан цього входу змінюється автоматично через педалі або рейкові кола наближення;

x_2 – підтвердження прибуття поїзда у повному складі на вільний міжстанційний перегін (у більшості випадків інформація вноситься вручну черговим по станції після перевірки наявності на останньому вагоні позначки);

x_3 – погодження сусідньої станції на відправлення поїзда (внесення цього параметра здійснює вручну ДСП сусідньої станції після телефонного підтвердження);

x_4 – підготовка та блокування маршруту відправлення;

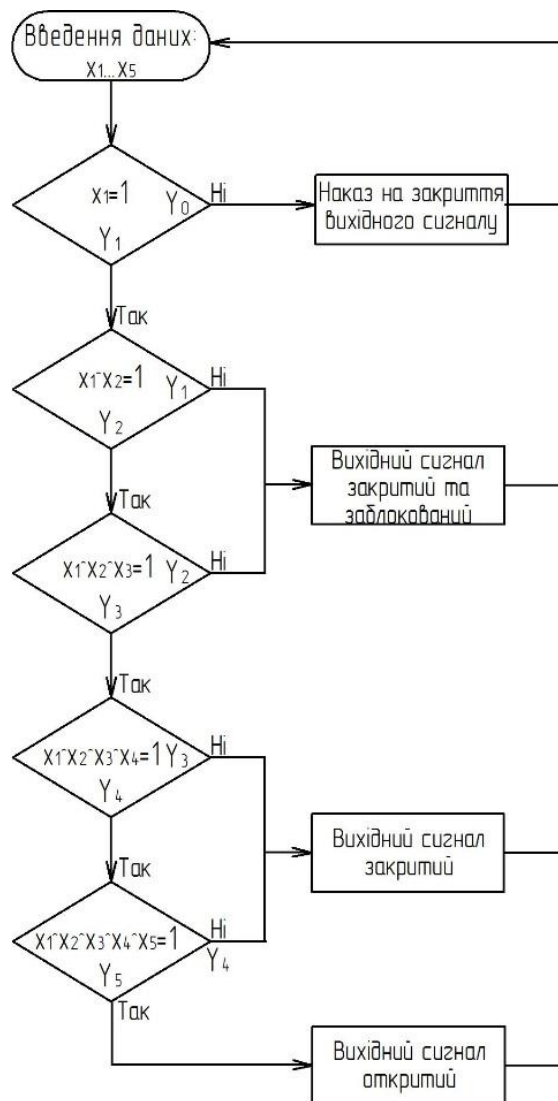
x_5 – відкриття вихідного сигналу, що виконується ДСП. Закриття вихідного сигналу після його проходження поїздом (x_1) виконується автоматично.

Усі вхідні дані реєструються в проміжній пам'яті системи як певний стан її елементів: $y_0, y_1, y_2, \dots, y_n$.

Алгоритм роботи НАБ для одноколіійної ділянки представлено на рис. 2.1.

Кожному стану входу x_{n+1} має передувати подія $x_1 \wedge \dots \wedge x_n = y_n$. Зміні стану входу x_5 (відкриття вихідного сигналу) обов'язково передують логічні події $x_1 \wedge x_2 \wedge x_3 \wedge x_4 = y_1$.

Для двоколіійної ділянки алгоритм спрощується через відсутність входу x_3 , що забезпечує погодження сигналу на дозвіл. У разі відправлення поїзда на двоколіійному відтинку ДСП формує маршрут (x_4), після чого система зі стану y_2 переходить у стан y_4 .



Риунок 2.1 – Алгоритм функціонування ПАБ

Основні недоліки системи РПБ ГТСС

Одними з головних недоліків системи РПБ ГТСС є відсутність автоматизації, що зумовлює залежність від людського чинника, зокрема через необхідність вручну перевіряти наявність останнього вагона у складі. Також серед мінусів – використання застарілої релейної апаратури, обмежена пропускна здатність системи через можливість одночасного знаходження лише одного потяга на перегоні тощо.

Система контролю вільності перегону на основі датчиків підрахунку осей УКП СО

Система УКП СО відповідає сучасним вимогам безпеки руху та створена для забезпечення автоматичного моніторингу вільності перегонів, а також

контролю прибуття поїздів на станцію у повному складі. Її принцип роботи ґрунтується на обліку кількості осей поїзда, який відправляється зі станції на перегін, порівнянні цих даних із кількістю осей складу, що прибуває на сусідню станцію, та подальшій обробці результатів. Якщо підрахунок осей збігається, формується сигнал про вільність перегону, після чого наступний потяг може бути відправлений.

Функціональна схема пристроїв УКП СО наведена на рис. 2.2. У верхній частині схеми умовно відображено послідовний рух поїзда від станції А до станції Б.

До складу пристроїв УКП СО входять:

- рахункові пункти СП1 (станція А) і СП2 (станція Б), що оснащені колійними датчиками ПД та датчиками зайнятості колійних ділянок ДЗП;
- станційний вирішальний пристрій СРП із контрольно-колійним реле (реле вільності перегону) КП, розташований на станції Б;
- лінійне коло ЛЦ, що забезпечує зв'язок між СП1 та СРП;
- лінія зв'язку ЛС між СП2 та СРП.

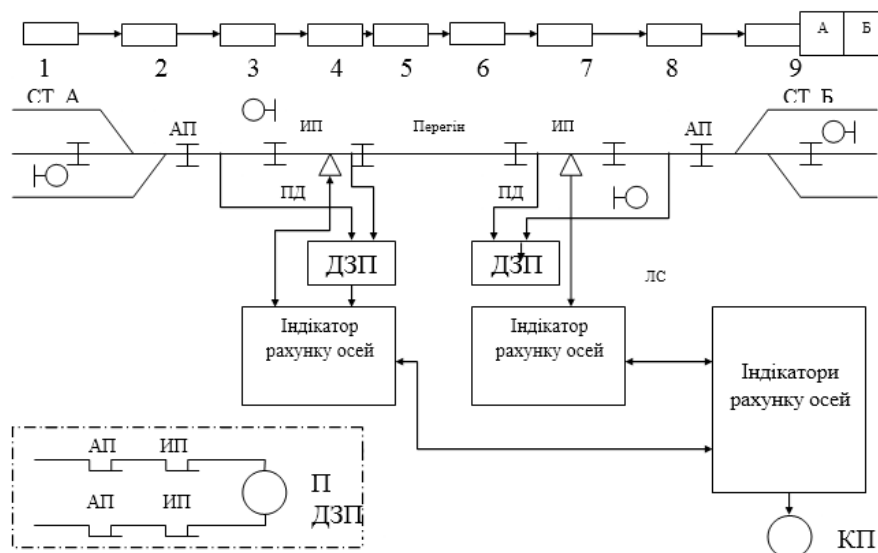


Рисунок 2.2 – Функціональна схема системи контролю вільності перегону на основі датчиків підрахунку осей УКП СО

Рахункові пункти СП1 і СП2 зазвичай розміщуються в релейних шафах вхідних світлофорів. Датчики ДЗП на станціях А і Б виконують функцію контролю вільності ділянок колії ИП і АП. У схемі ДЗП обмотка реле П з'єднується через послідовно зімкнені фронтові контакти колійних реле, що контролюють стан цих ділянок. Ситуація, коли обидві ділянки колії одночасно перебувають у вільному стані (реле П під напругою), відповідає ввімкненому стану датчика ДЗП. У разі зайнятості будь-якої з ділянок або одночасно обох (реле П знеструмлене), ДЗП переходить у вимкнений стан.

Система УКП СО відповідає всім сучасним стандартам, однак має певні недоліки. Основним із них є ризик помилкового підрахунку осей, що може спричинити ситуацію фіктивної зайнятості перегону. У таких випадках черговий по станції зобов'язаний особисто переконатися у прибутті поїзда в повному складі. Це, своєю чергою, спричиняє затримки, які можуть призводити до фінансових збитків.

Мікропроцесорне напівавтоматичне блокування МНАБ-У

МНАБ-У – це система інтервального регулювання та забезпечення безпеки руху поїздів, призначена для використання на одноколіїних і багатоколіїних малодіяльних ділянках залізничних магістралей із будь-яким типом тягових пристроїв. Вона функціонує на основі принципів напівавтоматичного блокування.

Контроль зайнятості та вільності перегонів здійснюється за допомогою апаратури підрахунку осей.

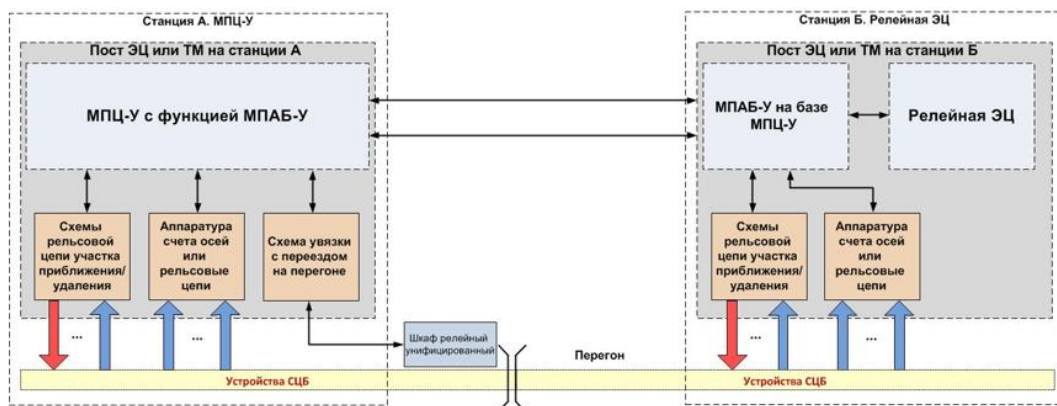


Рисунок 2.3 – Структурна схема МНАБ-У

Основні функції МНАБ-У:

- Моніторинг стану зайнятості та вільності перегонів;
- Автоматизована перевірка цілісності складу, що прибув;
- Обмін даними між сусідніми станціями для реалізації алгоритму напівавтоматичного блокування;
- Генерування сигналів для електричної централізації (ЕЦ);
- Кодування рейкових кіл ділянок наближення до станцій сигналами автоматичної локомотивної сигналізації (АЛС).



Рисунок 2.4 – Шафа управління МНАБ-У

Переваги системи:

- Зменшена кількість станційного обладнання, необхідного для інтеграції в мікропроцесорну централізацію (МПЦ-У);
- Програмна реалізація логічних взаємозалежностей у центральному процесорі, що відповідає стандартам безпеки;
- Можливість створення автоматизованого блокпоста на перегоні;
- Наявність універсальних інтерфейсів для взаємодії з будь-яким типом електричної централізації (ЕЦ).

2.2 Використання систем відеоспостереження в залізничній автоматичній Україні

Забезпечення високого рівня безпеки на залізничному транспорті є одним із пріоритетних завдань як державних органів, так і організацій, що займаються перевезеннями. Встановлення камер спостереження та різноманітних пристроїв контролю стану машиніста всередині локомотивів сприяє покращенню загального рівня безпеки. Завдяки цим пристроям можна попередити надзвичайні ситуації, спричинені помилками або недбалістю локомотивної бригади.

Системи безпеки, встановлені на стаціонарних об'єктах залізничної інфраструктури, забезпечують моніторинг процесів навантаження та розвантаження. Якщо такі системи оснащені функціями розпізнавання номерів вагонів та підрахунку їх кількості, це значно спрощує облік вагонів і вантажів. Крім того, системи відеоспостереження допомагають запобігти крадіжкам вантажів, що перебувають у процесі перевезення. Стратегія розташування камер визначається завданнями, які поставлені перед системою відеоспостереження, та доступними фінансовими ресурсами.

На сьогоднішній день ключові завдання, які вирішуються за допомогою таких систем, включають:

1. Нагляд і моніторинг пасажиропотоків;
2. Забезпечення безпеки пасажирів і персоналу;
3. Контроль виконання розкладу руху поїздів;
4. Спостереження для попередження правопорушень і несанкціонованого доступу до службових зон.

Відеоспостереження на залізничних переїздах

На перетинах залізничних і автомобільних доріг на одному рівні споруджуються залізничні переїзди. В Україні для підвищення безпеки руху поїздів і автотранспорту переїзди обладнуються спеціальними

огороджувальними пристроями. Це забезпечує безперешкодний рух поїздів і унеможливорює зіткнення з автомобілями, що перебувають на дорозі.

Відповідно до правил технічної експлуатації залізниць, автоматична сигналізація переїзду має гарантувати подачу сигналу "зупинка" для автотранспорту, а автоматичні шлагбауми повинні зачинятися за час, достатній для звільнення переїзду до підходу поїзда. Після проходження поїзда переїзд залишається заблокованим, доки він повністю не звільниться.

Основні напрями розвитку автоматичної сигналізації переїздів передбачають повне і своєчасне забезпечення безпеки для поїздів та автомобілів. Надійним засобом підвищення безпеки є впровадження огороджувальних пристроїв, які фізично перекривають проїзну частину.

Для додаткового підвищення безпеки на переїздах пропонується використовувати системи відеоспостереження. Такі системи забезпечують постійний контроль стану переїзду та передають машиністу інформацію про транспортні засоби, які перебувають на переїзді. Завдяки цьому машиніст може вчасно знизити швидкість руху потяга, що дозволяє уникнути аварійних ситуацій та людських жертв.

Інтеграція систем відеоспостереження в напівавтоматичне блокування дозволяє автоматично визначати наявність знака хвостового вагона, що дає змогу встановити, чи прибув поїзд на станцію в повному складі. Це зменшує залежність від людського фактора та підвищує загальну надійність системи.

2.3 Застосування систем відеофіксації для напівавтоматичного блокування

В Україні загальна довжина залізничної мережі становить 21 626,11 км, із яких 7394,96 км перегонів оснащено системами напівавтоматичного блокування (НАБ). Зокрема:

- з релейною системою ГТСС – 6804,46 км;
- із системою КБЦШ – 291,7 км;
- із системою БПЛЦ – 298,8 км;

- з електрожезловою системою – 471,3 км;
- інші – 359,6 км.

Для порівняння: на Придніпровській залізниці 415 км перегонів обладнано системами НАБ, тоді як на Львівській залізниці – 2488,5 км, серед яких 229,1 км використовують електрожезлову систему.

Впровадження НАБ є економічно вигідним, оскільки його вартість у 5–8 разів нижча за реалізацію автоматичного блокування (АБ). Це обумовлено відсутністю необхідності в облаштуванні рейкових кіл і прокладанні вздовж колії високовольтних ліній передач.

Згідно з інструкцією сигналізації на залізницях, хвостові вагони різних типів позначаються специфічними сигнальними знаками (рис. 2.4). Наприклад, хвіст пасажирських і поштово-багажних поїздів вдень і вночі позначається трьома червоними вогнями (рис. 2.5).

Оскільки контроль прибуття пасажирських потягів у повному складі може здійснюватися обслуговуючим персоналом останнього вагона, а залізничні транспортні засоби типу дрезини чи снігоочисники зазвичай рухаються за принципом ключ-жезла, основним завданням контролю залишається перевірка наявності знака хвостового вагона у вантажних поїздах.

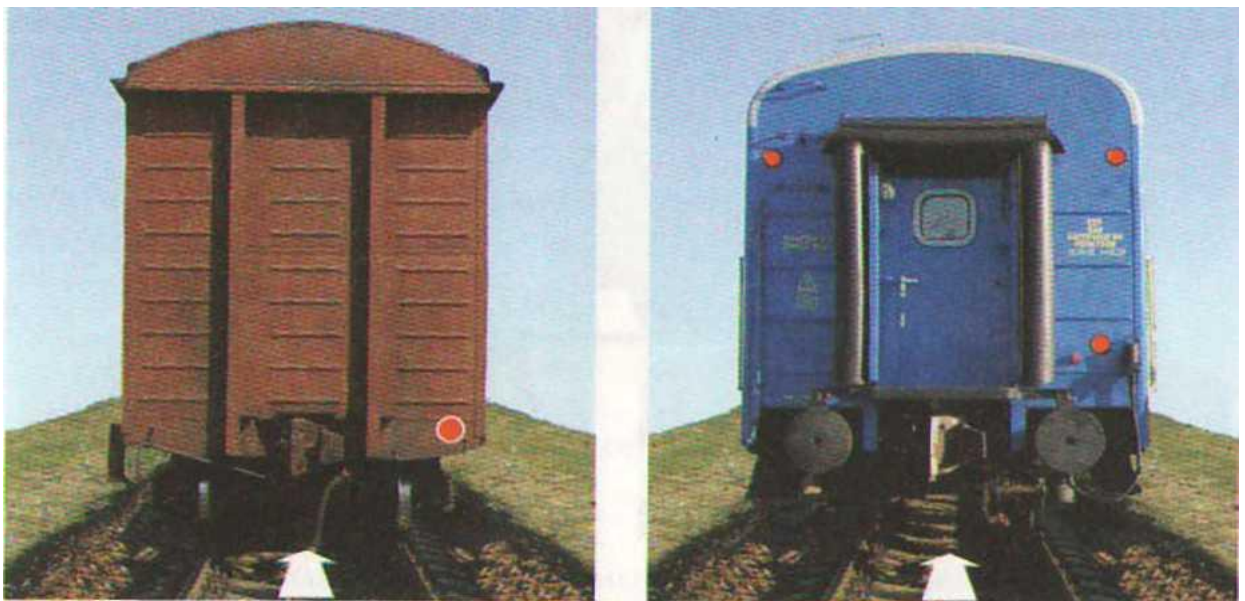


Рисунок 2.5 – Специфічні сигнальні знаки Рисунок 2.6 – хвіст пасажирських поїздів

Дослідження можливостей системи відеофіксації

Для вивчення перспектив розробки системи відеофіксації в межах НАБ було здійснено експериментальне фотографування останніх вагонів вантажних потягів. У ході досліджень було отримано близько 50 знімків за різних погодних умов (сніг, туман), під різними кутами, на фонах із різними кольорами.

Робота запропонованої системи базується на автоматичному фотографуванні в певний фіксований момент часу, коли потяг:

- в'їжджає в межі станції прибуття;
- звільняє ділянки наближення до станції.

Для ініціації знімків використовуються рейкові кола, встановлені на станціях та ділянках наближення. Це дозволяє отримувати фотографії хвостового вагона в конкретній точці під постійним кутом та на фіксованій відстані до об'єктиву. Такий підхід значно спрощує обробку зображень, оскільки приблизне місце розташування знака хвостового вагона буде заздалегідь відомим.

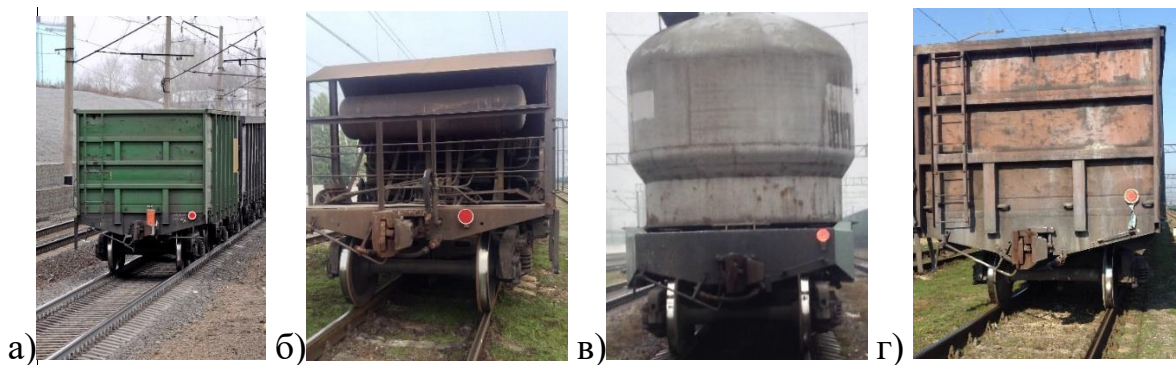


Рисунок 2.7 – Зразки зображень знака хвостового вагона на фонах із різними кольорами: а) зелений (день); б) червоно-коричневий (сутінки); в) сірий (туман); г) червоний колір сигнального знака (день)

Принцип роботи системи

Запропонована система відеофіксації є альтернативою контролю вільності перегону, який базується на точкових колійних датчиках. Система функціонує

за принципом обробки цифрових зображень із подальшим прийняттям рішення про вільність перегону в автоматизованому режимі.

Режими функціонування системи контролю вільності перегону (КВП):

1. Допоміжний режим: КВП працює разом із НАБ, і її відмова не створює загрози безпеці.
2. Основний режим: КВП замінює релейну систему НАБ.

Система КВП забезпечує значне скорочення або повне усунення впливу людського фактора за рахунок автоматичної фіксації стану перегону.

2.4 Система КВП з використанням пристроїв відеоспостереження

Запропоновано систему контролю вільності перегону (КВП), яка використовує фотозображення останнього вагона, отримані за допомогою пристроїв відеоспостереження. Передбачено два варіанти системи КВП:

З двома пристроями відеоспостереження (рис. 2.8);

З одним пристроєм відеоспостереження (рис. 2.9).



Рисунок 2.8 – Система КВП з двома пристроями відеоспостереження:

а) апаратура станції відправлення; б) апаратура станції прибуття

Система КВП з двома пристроями відеоспостереження

На рис. 2.8 представлено систему КВП із двома камерами:

а) обладнання станції відправлення;

б) обладнання станції прибуття.

Принцип функціонування:

Поїзд відправляється зі станції відправлення до станції прибуття. Вихід зі станції фіксується рейковим колом (РК) станції відправлення (рис. 2.8 а). У відповідний момент часу пристрій відеоспостереження станції відправлення автоматично фіксує зображення хвостового вагона.

Прибуття поїзда на станцію прибуття фіксується рейковим колом ділянки наближення (рис. 2.8 б). Пристрій відеоспостереження на станції прибуття фіксує зображення хвостового вагона у визначений момент.

Отримані зображення надходять на віддалений сервер, де виконуються їх обробка та порівняння. У результаті аналізу визначається, чи є знак на хвостовому вагоні, що підтверджує прибуття поїзда у повному складі.



Рисунок 2.9 – Система КВП з одним пристроєм відеоспостереження

Система КВП з одним пристроєм відеоспостереження

На рис. 2.9 показано систему КВП, яка використовує один пристрій відеоспостереження, розташований на станції прибуття.

Принцип функціонування:

У цій системі відсутній пристрій відеоспостереження на станції відправлення. Зображення хвостового вагона отримується тільки на станції прибуття.

Камера фіксує зображення хвостового вагона у визначений момент часу, коли поїзд звільняє ділянку наближення.

Зображення надходить на сервер, де виконується обробка та розпізнавання знака хвостового вагона за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення.

Порівняння двох систем

В обох варіантах системи КВП результати аналізу разом із зображеннями передаються до бази даних, до якої має доступ автоматизоване робоче місце (АРМ) оператора диспетчерського центру (ДНЦ).

З метою підвищення безпеки ДНЦ може дистанційно втручатися в процес аналізу, коригуючи рішення про наявність знака на хвостовому вагоні (наприклад, у випадку несприятливих погодних умов). Це забезпечується можливістю суб'єктивного візуального аналізу отриманих зображень оператором.

Вибір оптимального варіанту

Обидва варіанти систем КВП сприяють автоматизації та спрощенню процесу контролю наявності знака хвостового вагона. Проте система КВП з одним пристроєм відеоспостереження є більш доцільною для розробки з огляду на такі фактори:

Використання однієї камери зменшує складність інфраструктури.

Відсутність необхідності порівнювати зображення, зроблені за різних умов освітлення та часу доби, знижує ризик помилок.

Таким чином, система КВП із використанням одного пристрою відеоспостереження є оптимальним рішенням для реалізації в межах даного дослідження.

2.5 Принципи фіксації зображень

Система автоматично здійснює знімки хвостового вагона в заздалегідь визначений момент часу. Камера встановлюється на опорі біля колії, а процес знімання активується, коли поїзд звільняє ділянки наближення на станції прибуття.

Активація фіксації зображень

Для визначення моменту, коли поїзд звільняє ділянку, використовуються рейкові кола, які фіксують звільнення ізолюючого стика. Момент спрацювання рейкових кіл визначається:

- Через вільні контакти поста електричної централізації, які фіксують увімкнення колійного реле ДСФ ділянки віддалення.
- Через індикацію на пульті управління, наприклад, спрацювання лампочки білого вогню.

Зчитування цих даних займає кілька секунд. Для спрощення процесу в майбутньому можна використовувати електронний ключ, який реагуватиме на увімкнення реле. Такий ключ забезпечить можливість бездротової передачі сигналу від перетворювача до приймача (камери).

Фіксована точка знімання

Фото хвостового вагона здійснюється в заздалегідь визначеній точці під постійним кутом до об'єктива камери та на незмінній відстані від неї. Оскільки знімання відбувається, коли хвостовий вагон проїжджає ізолюючий стик, ця відстань є точною та постійною.

Оптимізація обробки зображень

Для економії ресурсів, знаючи точне розташування знака хвостового вагона на зображенні, для подальшої обробки можна залишати лише праву нижню чверть фотознімка, що містить потрібну інформацію.

Монтаж відеокамери

Камера може бути закріплена на:

- спеціальній опорі;

- стовпі освітлення;
- ліхтарі;
- щоглі вхідного або вихідного світлофора.

Важливо забезпечити достатнє освітлення ділянки, щоб камера могла отримувати якісні знімки незалежно від часу доби.

На рис. 2.10 зображено можливе розташування камери системи КВПІ на щоглі вихідного світлофора.



Рисунок 2.10 – Можливе розташування системи КВПВ на щоглі вихідного світлофору

Застосування фіксованого розташування камери та точного визначення моменту знімання значно спрощує процес обробки зображень і підвищує надійність функціонування системи. Використання оптимізованої обробки знімків дозволяє зменшити обсяг обчислювальних ресурсів і пришвидшити прийняття рішення щодо наявності знака хвостового вагона.

2.6 Розрахунок часу спрацювання системи КВПВ

Система автоматичного контролю вільності перегону (КВПВ) на ділянках напівавтоматичного блокування з використанням відеоспостереження повинна відповідати вимогам першого класу надійності. Це вимагає

врахування всіх факторів, що впливають на її функціонування, зокрема часу реакції датчиків, швидкості руху потяга та умов роботи системи.

Для розрахунків використовується середня швидкість $V_{\text{сер.}}=50$ км/год, характерна для ділянок напівавтоматичного блокування (НАБ). Максимальна швидкість поїздів на таких ділянках $V_{\text{макс.}}=80$ км/год використовується для аналізу граничних умов.

Час спрацювання основних компонентів

- 1. Рейкові кола станції:** момент звільнення фіксується знеструмленням реле ДСШ-12, час спрацювання якого становить:
 $t_{\text{вимк. ДСШ}}=245 \text{ мс}=0,245 \text{ с.}$
- 2. Фотокамера:** час активації та здійснення знімка:
 $t_{\text{кам.}}=1 \text{ с.}$
- 3. Імпульсне реле системи РБТ ГТСС:** при використанні системи РБТ ГТСС звільнення ділянки наближення фіксується знеструмленням імпульсного реле ИМВШ-110. Час його реакції:
 $t_{\text{спр.}}=0,3 \text{ с.}$

Розрахунок відстані, яку проїжджає потяг

Визначимо відстань ΔS \Delta S, яку потяг проїжджає під час спрацювання системи. Для розрахунків використовуємо формулу:

$$\Delta S = V \cdot t,$$

де V – швидкість потяга, t – час спрацювання системи.

$$S_1 = V_{\text{макс.}} \left(\frac{t_{\text{вимк. ДСШ}} + t_{\text{кам.}}}{3600} \right) \quad (2.1)$$

$$S_2 = V_{\text{макс.}} \left(\frac{t_{\text{спр.}} + t_{\text{кам.}}}{3600} \right) \quad (2.2)$$

$$S_1 = 50 \left(\frac{0,245 + 1}{3600} \right) = 0,017 \text{ км}$$

$$S_2 = 80 \left(\frac{0,3 + 1}{3600} \right) = 0,018 \text{ км}$$

Аналіз результатів

При спрацюванні системи, поїзд проїде відстань $\Delta S=17-18\text{м}$.

Ці значення є прийнятними для розпізнавання знака хвостового вагона, оскільки камера розташована на прямій ділянці без різких поворотів чи переломів колії. Видимість у межах ΔS достатня для надійної фотофіксації та подальшої обробки.

Розрахунки підтверджують, що запропонована система КВПВ забезпечує фіксацію зображень у прийнятні часові межі, навіть за граничних умов. Поздовжній зсув є незначним і не впливає на якість розпізнавання знака хвостового вагона. Система відповідає вимогам першого класу надійності.

2.7 Висновки до другого розділу

Системи НАБ, що функціонують на сьогоднішній день у сфері залізничного транспорту України, є застарілими, оскільки контроль за прибуттям поїзда у повному складі здійснюється вручну черговим персоналом, а не автоматично. По-перше, добре відомо, що людський фактор є однією з провідних причин відмов та збоїв у роботі залізничного транспорту. По-друге, застосування систем з НАБ унеможливило ефективне впровадження диспетчерської централізації, оскільки звільнення чергових по станції та централізація управління рухом поїздів стають недосяжними через необхідність візуальної перевірки прибуття складу в повному обсязі. По-третє, проміжок часу між моментом прибуття поїзда та фіксацією звільнення перегону системою є значним через необхідність ручної перевірки наявності хвостового знака останнього вагона черговим по станції. Усунення ділянок з НАБ для заміни на більш сучасні системи є неможливим через високі економічні витрати та недоцільність на малодіяльних ділянках. Таким чином, розробка систем НАБ із автоматичним контролем прибуття поїзда у повному складі є надзвичайно актуальним завданням.

Створені системи КВП, що базуються на використанні відеоспостереження, працюють на основі аналізу цифрових зображень і

приймають рішення щодо звільнення перегону в автоматичному режимі. Це є більш економічним рішенням порівняно з упровадженням релейних систем автоматики.

Оскільки у цій роботі пропонується використання лише однієї відеокамери без порівняння зображень, відстань до останнього вагона може бути нефіксованою (але в допустимих межах). З огляду на це, для розпізнавання доцільно аналізувати не всю фотографію, а лише її праву нижню частину. Крім того, застосування системи КВП з одним пристроєм відеоспостереження є більш економічно вигідним порівняно з використанням двох пристроїв, оскільки це спрощує програмне забезпечення та зменшує кількість необхідного обладнання.

3 ПРИНЦИПИ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОЗПІЗНАВАННЯ ЗНАКУ ХВОСТОВОГО ВАГОНУ

3.1 Априорний аналіз зображень останніх вагонів

Множина проаналізованих зображень $I, i=1,2...100$ складається зі 100 кольорових фотознімків (у кольоровому просторі RGB [14], тобто із використанням адитивних компонент: червоної, зеленої та синьої) хвостових вагонів вантажних поїздів, отриманих за різних умов: погодних (сніг, туман), кутів зйомки, кольорових варіацій фону вагонів тощо. Приклади зображень хвостових вагонів із різними колірними характеристиками наведені на рисунку 2.6.

Оскільки хвіст вантажного або вантажно-пасажирського потяга на одноколійних і двоколійних ділянках позначається як вдень, так і вночі червоним диском зі світловідбивачем, розташованим біля буферного бруса з правого боку, то цільовий об'єкт (червоний диск) на зображенні представлений сукупністю пікселів, що визначаються трьома характеристиками: кольором, формою та положенням на вагоні.

Датчиком, який фіксує рух поїзда повз пристрій відеоспостереження в системі КВПВ, виступає РК. За умов сталого розташування та кута нахилу пристрою спостереження розкид позицій об'єкта X на множині зображень I залишається обмеженим. Незначні зміщення відстані від вагона до пристрою відеоспостереження в момент отримання зображення спричиняють лише незначні зміни розміру об'єкта. Це суттєво спрощує вимоги до програмно-апаратного комплексу, що розпізнаватиме об'єкт, оскільки основні параметри ідентифікації включають:

- чутливість до масштабу.
- точність визначення розташування об'єкта.

3.2 Виділення цільового об'єкта у відтінках сірого

Кольорові фотографії містять великий обсяг інформації, але зображення у відтінках сірого займають значно менше місця. Для оптимізації апаратних та програмних ресурсів у системах КВПВ під час моделювання використовуються зображення у відтінках сірого (глибиною 8 біт/піксель).

Методика дослідження зображень у відтінках сірого включає такі етапи:

- Перетворення множини кольорових зображень I у множину G (у відтінках сірого).
- Вибір зразка P , де P — компонент відтінку сірого (значення інтенсивності пікселя) на зображенні, яке містить цільовий об'єкт X , у межах RP .
- Встановлення межі допустимих відхилень значення відтінку RP .
- Отримання зображення GP , на якому пікселі, що відповідають діапазону RP , позначені білим кольором.
- Проведення суб'єктивного аналізу областей виділених пікселів на зображенні GP .
- Обчислення відношення CP (частки виділених пікселів, що відповідають об'єкту X , у загальному числі пікселів) і порівняння з CX (часткою пікселів, що належать до X в еталонному зображенні).

Однак застосування описаної методики дало незадовільні результати. Видалення кольорової інформації призводить до втрати значущих характеристик, через що різноманітні області зображення представлені схожими відтінками сірого. Це спричиняє виділення значних побічних ділянок (позначених білим кольором на рисунку 3.1).



Рисунок 3.1 – Хвостовий вагон зеленого кольору з V_c

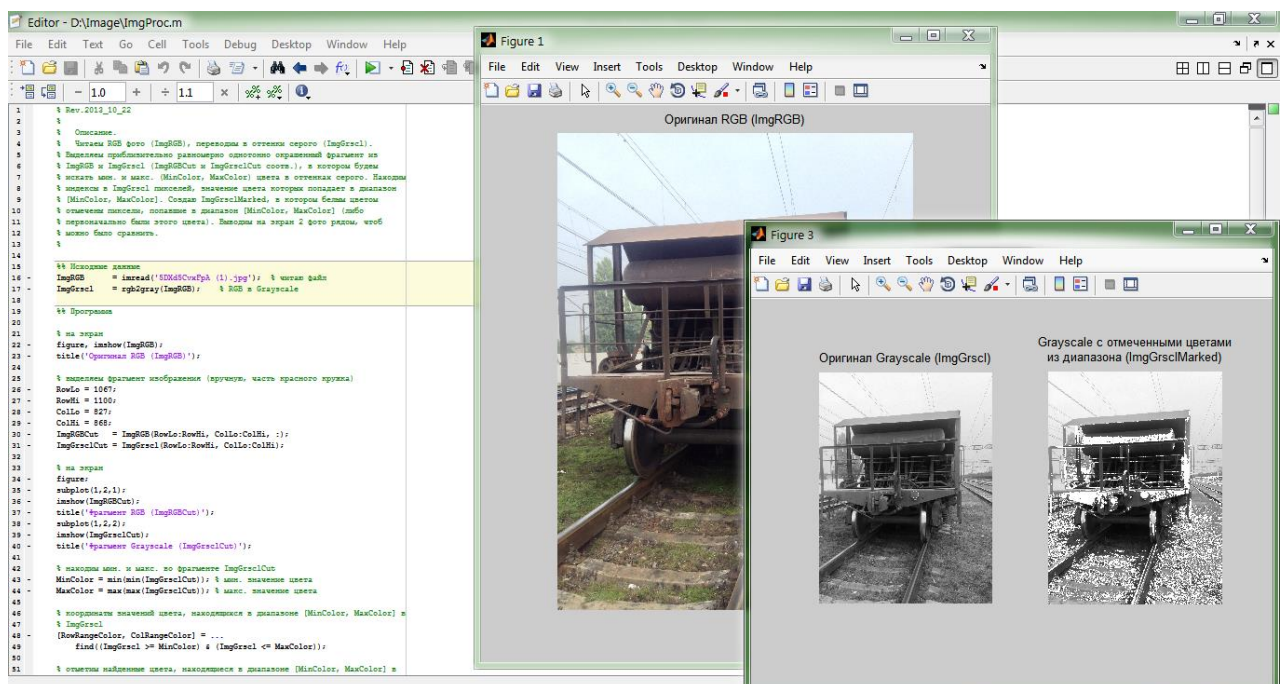


Рисунок 3.2 – Фрагмент програми, в якій реалізовано моделювання переходу з кольорового простору у відтінки сірого

На рисунку 3.1 зображено вагон зеленого кольору з однорідним червоним диском (рисунок 2.6 а), представленим у відтінках сірого. Як видно, у заданий діапазон RP потрапили не лише пікселі, що відповідають цільовому об'єкту (сигнальному диску), але й значна частина фону вагона.

Недоліки аналізу зображень у відтінках сірого:

- На вагонах рудих і червоних відтінків сигнальний диск зливається з фоном через схожість відтінків у сірій шкалі.
- Виділення побічних областей значно ускладнює автоматичну ідентифікацію об'єкта X.

Для покращення точності розпізнавання необхідно використовувати кольорову інформацію або комбіновані методи аналізу, які зберігають специфічні характеристики об'єкта, зокрема колір, форму та контекстне розташування.

3.3 Виділення цільового об'єкта за кольоровою ознакою

Наявність різних видів завад (шум апаратури, несприятливі погодні умови, неоднорідність кольору червоного диска, схожість кольорів вагона та сигнального диска) на зображеннях множини I обґрунтовує потребу у виділенні цільового об'єкта X за кольоровою ознакою. Моделювання для виділення об'єкта виконувалися в середовищі MATLAB [13], приклад програмного коду наведено на рисунку 3.4.

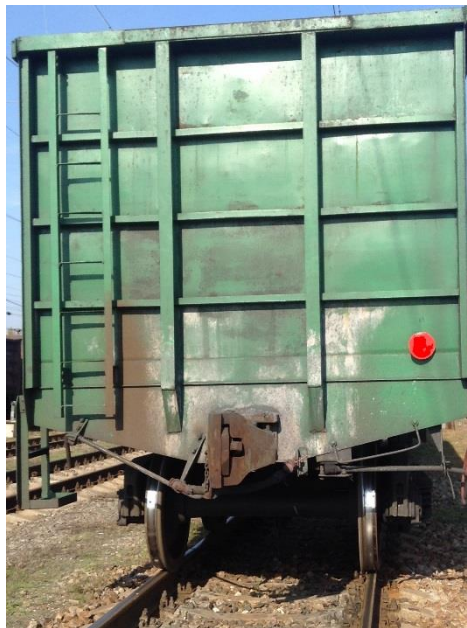


Рисунок 3.3 – Хвостовий вагон з виділення шуканого об'єкта за кольоровою ознакою на фрагменті умовного знаку

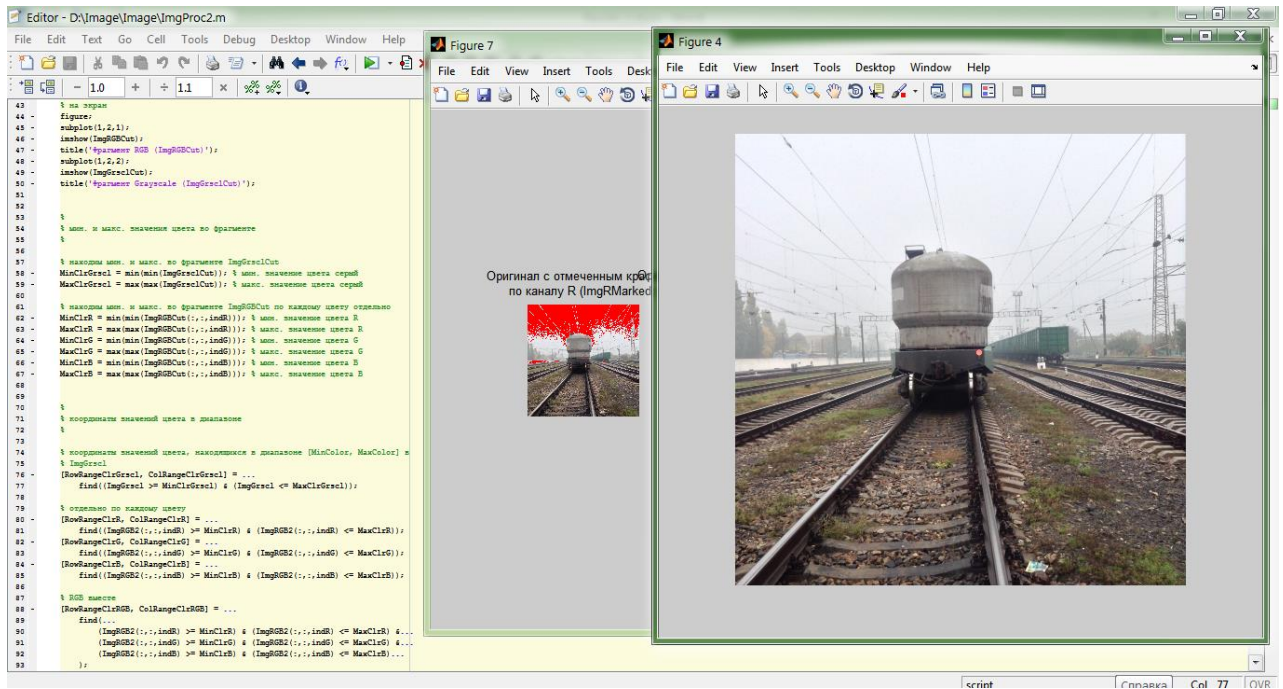


Рисунок 3.4 – Фрагмент програми, в якій реалізовано виділення шуканого об'єкту за кольоровою ознакою

Методика дослідження за кольоровою ознакою:

- обрати кольоровий зразок $c_{ст.} = [r_{ст.} \quad g_{ст.} \quad b_{ст.}]$, де $r_{ст.}$, $g_{ст.}$ та $b_{ст.}$ – червона, зелена та синя складові $(0, 1 \dots 255)$ кольору, на зображенні, що містить P , в межах $P \subset v_i$;
- встановити границі відхилення від $c_{ст.}$ за кожною зі складових кольору, тобто $c_{ст.} \pm c_{\Delta}$;
- отримати \hat{v}_i шляхом встановлення кольору пікселів v_i , що потрапили в діапазон $c_{ст.} \pm c_{\Delta}$, рівний деякому кольору c_0 ;
- виконати суб'єктивний аналіз областей виділених пікселів у \hat{v}_i ;
- обчислити \hat{s} (частина виділених пікселів у \hat{v}_i , %) та порівняти з $s_{ст.}$ (частина пікселів, що приходить на $P \subset v_i$).

Результати застосування методики

На рисунку 3.3 наведено приклад хвостового вагона з виділенням цільового об'єкта X (сигнального диска) за кольоровою ознакою. Застосування цієї

методики дало кращі результати, ніж аналіз у відтинках сірого. Виділення об'єкта стало точнішим, а кількість побічних областей значно зменшилася.

Недоліки методу:

Застосування описаної методики дослідження до V дає кращі результати ніж під час аналізу V_c . Недоліки: при фіксованому c_Δ виділені пікселі v_i значно залежать від обраного $c_{ст.}$. Особливо явно це спостерігається на зображенні вагонів рудих і червоних відтінків, а також при неоднорідному забарвленні сигнального диска. Попри зазначені обмеження, виділення об'єкта за кольоровою ознакою залишається перспективним методом і може бути вдосконалене шляхом адаптивного вибору діапазону RP або використання додаткових характеристик об'єкта (наприклад, форми).

3.4 Попередня обробка зображень

Через наявність завад, зображення з V перед розпізнаванням знаку хвостового вагону потребують попередньої обробки [1, 12]. Пропонується застосування лінійної обробки зображень з V у вигляді цифрового фільтра нижніх частот (ФНЧ) зі скінченною імпульсною характеристикою (ІХ). Це дозволить отримати більш однорідне забарвлення сигнального знаку. Види розглянутих ФНЧ:

- простий усереднюючий (average);
- кругоподібний (disk);
- гаусоподібний (gaussian).

ІХ розглянутих просторових ФНЧ представляють собою квадратні матриці $N \times N$ дійсних чисел. Їх робота супроводжується розмиттям зображення.

ІХ ФНЧ average

$$h[i, j] = \frac{1}{MN}, \quad (3.1)$$

де M, N – кількість стовбців та рядків матриці (ядра фільтру), відповідно;
 $i = 1, 2, \dots, N, j = 1, 2, \dots, M$.

```

30 - h = fspecial('average', 5);
31 - ImgRGB2 = imfilter ( ImgRGB , h);
32 - figure, imshow (ImgRGB2);
33

```

Рисунок 3.5 – Фрагмент програми ФНЧ average

ФНЧ disk – усереднюючий з кругоподібною ІХ, вписаною в квадратну матрицю зі стороною R – радіус круга. Через громіздкість алгоритму обчислення вираз для даної ІХ не приведений.

```

30 % Фільтр
31 - h = fspecial('disk', 5);
32 - ImgRGB2 = imfilter ( ImgRGB , h);
33 - figure, imshow (ImgRGB2);
34

```

Рисунок 3.6 – Фрагмент програми ФНЧ disk

ІХ ФНЧ gaussian [8,11]

$$h_g [i, j] = e^{\frac{-(i^2 + j^2)}{2\sigma^2}}, \quad (3.2)$$

$$h[i, j] = h_g [i, j] / \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M h_g [i, j], \quad (3.3)$$

де σ – середньоквадратичне відхилення.

```

29
30 % Фільтр
31 - h = fspecial('gaussian', 5, 1);
32 - ImgRGB2 = imfilter ( ImgRGB , h);
33 - figure, imshow (ImgRGB2);
34

```

Рисунок 3.7 – Фрагмент програми ФНЧ gaussian

Необхідно обираєти ФНЧ для попередньої обробки зображення. Для результатів обробки різними ФНЧ обчислюється оцінка

$$\varepsilon = |s_{\text{ст.}} - \hat{s}|, \quad (3.4)$$

де $s_{\text{ст.}}$ – еталонне значення частини зображення (для кожного v_i – окремо); \hat{s} – виділена (за описаною методикою) частина пікселів. Оптимальним вважається ФНЧ, в якого за меншого c_Δ оцінка ε мінімальна. Деякі результати використання ФНЧ та описаної раніше методики приведені на рис. 3.8.

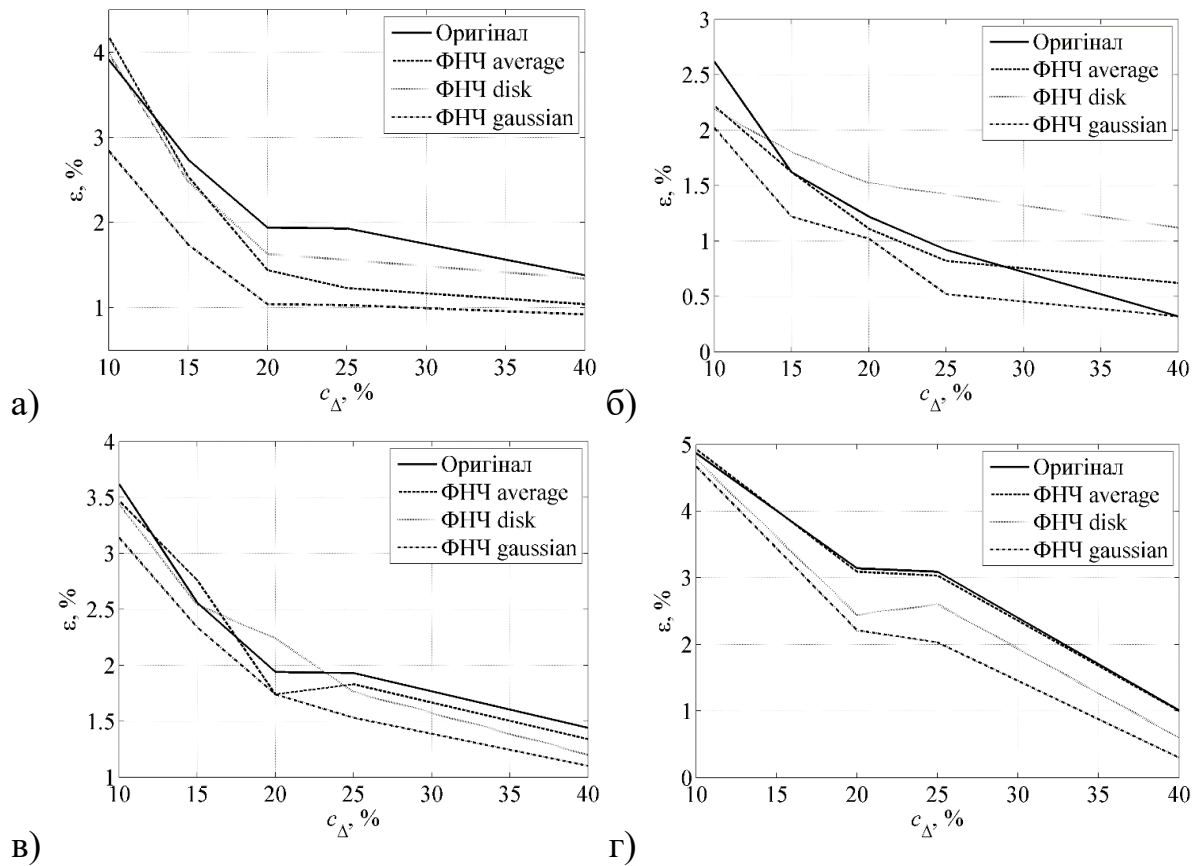


Рисунок 3.8 – Залежність ε від c_{Δ}

а) зелений (день); б) червоно-коричневий (сутінки); в) сірий (туман); г) близький до червоного на сигнальному знакові (день)

На рис. 3.8 зображені залежності оцінок ε від c_{Δ} для зображень, що на рис. 2.6. Із залежностей на рис. 3.8 спостерігається тенденція до зменшення ε зі зростанням c_{Δ} в діапазоні приблизно до $c_{\Delta} \leq 40$ %. Ненульове початкове значення ε пояснюється неоднорідністю забарвлення червоного диску.

Стійке зменшення ε зі зростанням c_{Δ} спостерігається для зображень зі значною різницею між кольорами вагону та сигнального знаку (рис. 2.6-а) приблизно до $c_{\Delta} \leq 90$ %. Для зображень, в яких колір вагону подібний до червоного, починаючи зі значення $c_{\Delta} \approx 60$ % спостерігається зростання ε за рахунок виділення областей поза межами сигнального знаку.

Проведені дослідження виявили, що значення c_{Δ} , яке достатнє для виділення області червоного диску (P), в 93 % зображень з V складає 25 %.

Вказане дозволяє встановити границі за кольоровими складовими *RGB* на рівні 25 % від середнього значення $c_{\text{ср.}}$, що будуть однаковими для всіх аналізованих зображень при різних погодних умовах, зафарбуванні вагонів тощо. Запас між межами кольорів сигнального знаку та вагону за даних умов складає близько 35 % від середнього $c_{\text{ср.}}$.

Також з рис. 3.8 видно, що використання попередньої фільтрації за допомогою ФНЧ gaussian, у всіх випадках дає найменше ε . Додатково враховуючи те, що ФНЧ gaussian призводить до меншого розмиття границь в зображенні (краще збереження форми), саме ФНЧ gaussian обраний в якості ФНЧ для попередньої обробки зображення.

Критерієм оцінювання якості розпізнавання було запропоновано використовувати спеціально розроблений додаток TryImage. В цій програмі моделюється робота автоматизованої системи виявлення знаку хвостового вагону за його зображенням, шляхом обчислення частини пікселів, які входять в діапазон заданих користувачем кольорів.

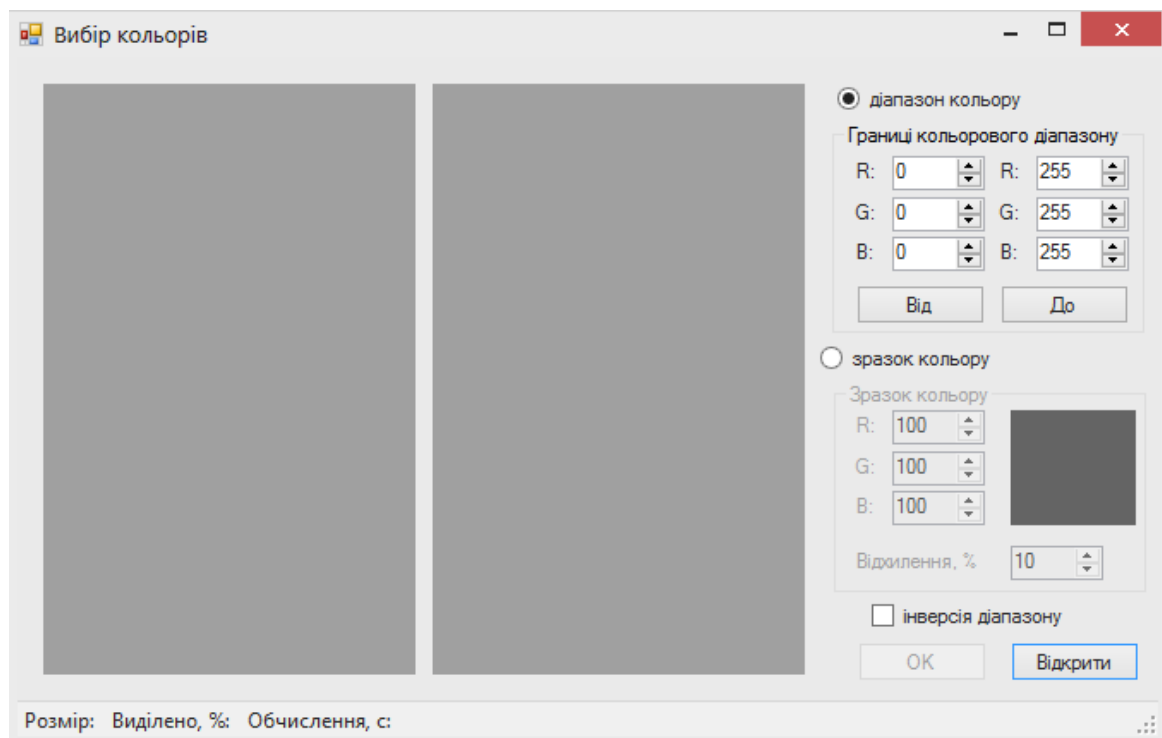


Рисунок.9 – Вікно додатку TryImage

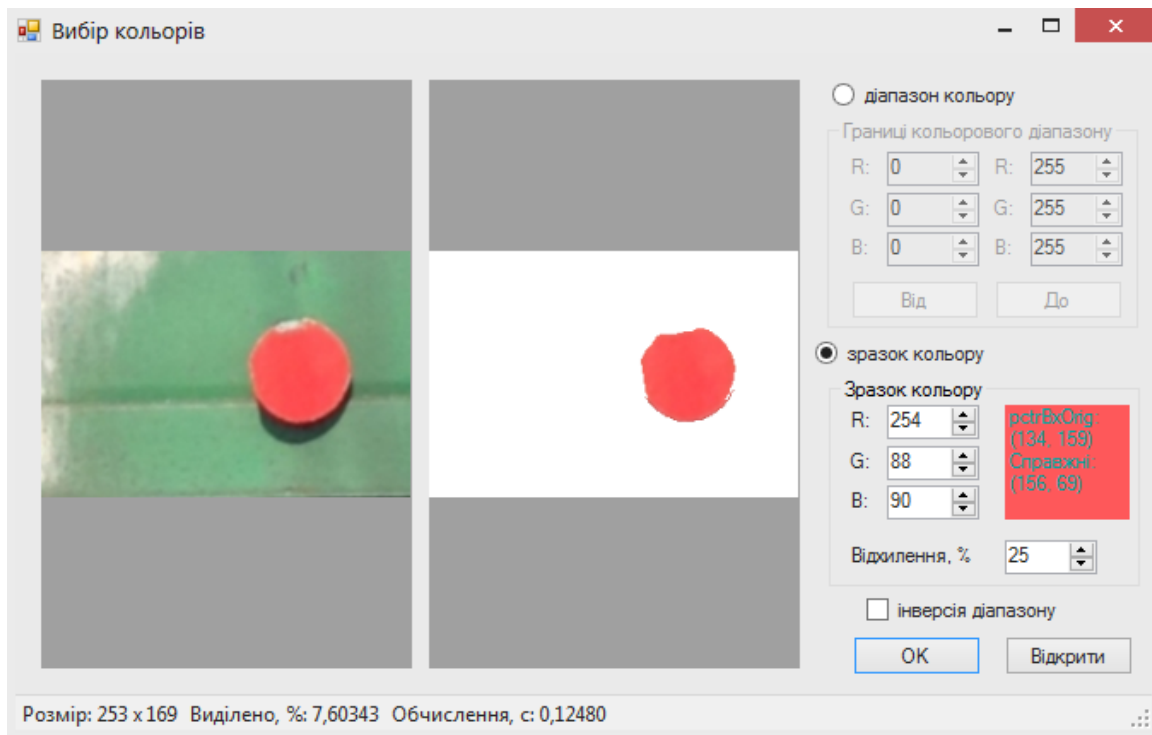


Рисунок 3.10 – Вікно додатку при отриманні c_{Δ} та $s_{\text{ст.}}$ частини зображення 2.6-а

Знаючи розміри зразків фотографій, дослідницьким шляхом виявили області червоного диску $s_{\text{ст.}}$ - частина пікселів, що приходить на $p \in v_i$, еталонне значення частини зображення для кожного v_i окремо. Завантаживши зразок хвостового вагону, додаток виведе на екран частину виділених пікселів \hat{s} у \hat{v}_i , %. За формулою (3.4) розрахуємо оцінку ε .

3.5 Висновки до третього розділу

В результаті проведеного апіорного аналізу множини зображень хвостових вагонів встановлено, що специфіка функціонування запропонованої системи дозволяє знизити вимоги до точності розпізнавання сигнального знака щодо його розміру та розташування. Це спрощення є можливим завдяки стабільності умов зйомки та використанню фіксованого положення засобів відеоспостереження.

Дослідження виділення сигнального знака за кольоровою ознакою показало, що для підвищення точності необхідно застосовувати попередню обробку зображень. Зокрема, використання фільтра низьких частот (ФНЧ), у

даному випадку — гаусівського фільтра (Gaussian), забезпечує зменшення впливу шумів апаратури та погодних умов.

Межі діапазону для виділення пікселів за кольором визначено як $\pm 25\%$ від середнього значення еталонного зразка червоного сигнального знака. Цей підхід дозволяє врахувати незначні варіації кольору через неоднорідність поверхні або зміну умов освітлення.

Застосування описаної попередньої обробки у системі контролю вільності перегону (КВПВ), яка використовує два засоби відеоспостереження та функцію порівняння зображень, дозволить автоматизувати процес виявлення сигнального знака хвостового вагона. Така автоматизація сприятиме зниженню впливу людського фактора, підвищенню надійності системи та забезпеченню стабільного функціонування навіть за несприятливих умов.

ВИСНОВКИ

У дослідженні було сформульовано три основні завдання.

По-перше, здійснено розробку структури систем автоматизованого моніторингу стану перегонів на ділянках з напівавтоматичним управлінням із застосуванням технології відеофіксації. Задля виконання цього завдання було здійснено аналіз та дослідження сучасних систем відеоспостереження, які функціонують на залізничних мережах світу, а також загальних систем відеонагляду, що використовуються глобально. У процесі досліджень ідентифіковано два найбільш раціональні методи для впровадження запропонованої системи відеофіксації: застосування двох відеокамер на станціях відправлення та прибуття або використання однієї камери лише на станції прибуття.

Надалі було проведено детальне вивчення зазначених методів, враховуючи їх технічні та економічні аспекти. Виявилось, що метод із двома камерами потребує значних фінансових витрат на технічне обладнання та програмне забезпечення, що може ускладнити доцільність заміни чинних систем на нову. Крім того, метод із двома камерами передбачає порівняння двох фотознімків, що створює додаткові труднощі при розробці програмного забезпечення, адже знімки хвостового вагонного знака можуть виконуватись за різного освітлення та у різний час доби.

Через ці причини було ухвалено рішення відмовитись від розробки системи з двома відеокамерами та зосередитися на оцінці ефективності системи з одним комплектом апаратури відеофіксації. Аналіз показав, що система, яка використовує лише одну камеру, має значно кращий економічний ефект, оскільки потребує менше обладнання. Крім того, така система не включає порівняння кількох зображень, що усуває проблеми, пов'язані з різними умовами освітлення та часу доби під час фіксації хвостового знака вагону. З огляду на це було ухвалено рішення про розробку системи з однією відеокамерою.

Під час вибору апаратного забезпечення було проведено аналіз виробників систем відеоспостереження, за результатами якого прийнято рішення на користь камер Rapomera. Камери цього виробника забезпечують високу роздільну здатність і кращий кут огляду порівняно з аналогами в тому ж сегменті. Оскільки ще на етапі розробки було передбачено, в якій частині фотознімка розташовуватиметься знак хвостового вагону, можна оптимізувати обробку, передаючи лише нижню четверту частину зображення. Це, своєю чергою, прискорює процес ухвалення рішень щодо стану перегону та зменшує обсяг даних для зберігання.

Друге завдання, поставлене у цій роботі, полягало у розробці методів виявлення червоного кольору на знаку хвостового вагону. Для досягнення цієї мети використовувалися засоби програмування на мові Python та бібліотека комп'ютерного зору OpenCV. У процесі роботи були досліджені кілька кольорних просторів, таких як RGB, Grayscale та HSV. У результаті було вирішено зупинитися на кольорному просторі HSV, який дозволяє ігнорувати параметр яскравості, що забезпечує точніше виявлення червоного кольору. Хоча в кольорних просторах RGB та Grayscale також можна здійснювати виявлення кольору, результати були на 20% менш точними, ніж у просторі HSV.

Для проведення досліджень було створено програму для детектування червоного кольору у просторі HSV. У межах експериментів було проаналізовано 50 фотозображень хвостового вагону, спрямованих на виявлення знаку за кольоровою ознакою. Однак результати продемонстрували складність та низьку точність такого підходу через численні чинники: освітлення, погодні умови, якість знаку, фон, на якому розташований знак, тощо. У 30% випадків червоний колір взагалі не було виявлено, у 50% випадків він виявлявся як на знаку, так і на інших частинах зображення, а лише у 20% зображень червоний колір було правильно локалізовано на знаку.

Для покращення точності також аналізували контури червоного кольору, щоб впевнитися, що виявлений об'єкт має форму кола. У результаті лише на

50% зображень виявлені контури відповідали формі кола. Через недостатньо задовільні результати розпочалась робота над третім завданням.

Третє завдання полягало у розробці методів виявлення знаку хвостового вагону за формою. Для його виконання також використовувалися Python та OpenCV. Було розроблено програму для детектування знаку за геометричною формою. Під час дослідження програма була протестована на 50 фотозображеннях, з яких у 95% випадків знак було успішно виявлено за формою.

Зокрема, дослідження, проведені у таблиці 3.2, демонструють, що навіть за умов, коли знак частково обрізаний (приблизно на 10%), система виявляє його з високою точністю. Це свідчить про здатність системи функціонувати у реальних умовах, зокрема при криволінійних підходах до станції. Зображення аналізувались у градаціях сірого, оскільки це дозволяє мінімізувати витрати на зберігання даних і скоротити обсяг переданого трафіку.

Окрім градацій сірого, OpenCV дозволяє виконувати виявлення знаку в кольорних просторах RGB та HSV. Результати цих підходів майже ідентичні.

Перевагою системи комп'ютерного зору (КВП) порівняно із системами точкових датчиків є її гнучкість. У разі, коли погодні умови або збій у програмі перешкоджають виявленню знаку, система може передавати отримане зображення диспетчеру, який здатен візуально підтвердити наявність знаку хвостового вагону та надати дозвіл на відкриття перегону. У системах із точковими датчиками подібна ситуація вимагає фізичної перевірки працівником, що значно затримує рух поїздів і призводить до економічних втрат.

У випадках, коли диспетчер також не здатен підтвердити наявність знаку хвостового вагону через поломки обладнання, наприклад, у разі нечіткого або відсутнього знімка через вихід камери з ладу, пропонується стандартна процедура. Згідно з нею, помічник машиніста повинен пройти до хвоста поїзда, візуально переконавшись в наявності знаку та підтвердити дозвіл на відкриття перегону.

Для зменшення кількості випадків, коли система не виявляє знак хвостового вагону, пропонується використання білої світловідбивальної фарби для контурів знаку та червоної світловідбивальної фарби для

заповнення внутрішнього кола. Це значно полегшить розпізнавання за різних погодних умов, освітлення та часу доби.

У майбутньому можливе об'єднання методів розпізнавання за формою та кольором. Хоча поточний метод виявлення за формою вже є достатньо ефективним, додавання кольорового аналізу може підвищити надійність системи. Додатково можна досліджувати масив координат виявлених кіл за кольоровою ознакою для покращення точності.

У цій роботі не розглядалася інтеграція із релейними або мікропроцесорними системами централізації, однак запропонована система може передавати результати роботи на контролер, розташований на станціях відправлення та прибуття. Контролер може керувати реле, що відповідає за вільність перегону. Як апаратний засіб пропонується використання системи Ebilock-950, яка є релейним об'єктним контролером. Ця система дозволяє інтегрувати реле, що використовується на залізниці, та забезпечує моніторинг їх стану через безпечні контактні входи. Контролер може вмикати та вимикати реле за командою чергового по станції та виступає інтерфейсом між комп'ютером і реле.

Розроблена система забезпечує автоматичний контроль та прийняття рішень щодо стану перегону, що:

- підвищує надійність роботи завдяки мінімізації впливу людського фактору,
- збільшує швидкість руху поїздів на 15–20%,
- дозволяє скоротити штат експлуатаційного персоналу на 50–60 осіб на кожні 100 км залізничних ліній.

У порівнянні з класичною системою РПБ ГТСС, що використовується в Україні, запропонована система дозволяє зменшити кількість реле. Також, на відміну від системи точкових датчиків, вона не потребує високих вимог до завадостійкості лінії передачі даних. Навіть за умов потрапляння завад зображення залишається придатним для аналізу, що є важливою перевагою запропонованого підходу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Колобородов В. Г. Застосування методів і алгоритмів цифрової обробки зображень в оптикоелектронних приладах / В. Г. Колобородов, К. В. Харитоненко // Вісник НТУУ “КПІ”. – К. : НТУУ “КПІ”, 2010. – Вип. 40. – С. 23–31.
2. Шпортько О. В. Стиснення RGB-зображень без втрат із використанням палітри / О. В. Шпортько // Системні дослідження та інформаційні технології. – 2010. – № 2. – С. 26-36.
3. Про Програму підвищення безпеки руху на залізницях у 1997-2001 роках: Постанова КАБІНЕТУ МІНІСТРІВ УКРАЇНИ від 22 квітня 1997 р. № 367. - К., 1997. - 16 с
4. ДСТУ 3587-97. Безпека дорожнього руху. Автомобільні дороги, вулиці та залізничні переїзди: Вимоги до експлуатаційного стану. - К.: Держстандарт України, 1997.- 20с
5. Бойник А. Б. Безпека залізничних переїздів: Монографія: ХФІ "Транспорт України", 2003.- 184с.
6. Варбанець, М. Г. Системи залізничної автоматики і телемеханіки [Текст] : навч. посібник / М. Г. Варбанець. – Харків : УкрДАЗТ, 2008. – 190 с.
7. Інструкція з сигналізації на залізницях України. ЦШ-0001 [Текст]: Затв.: Наказ Мінтрансу та зв'язку України 23.06.08. № 747 / Мін-во трансп. та зв'язку України. – К., 2009. – 82 с.
8. Мелешко В. В. Технічний контроль систем числового кодового автоблокування // Електромагнітна сумісність та безпека на залізничному транспорті. 2017. – №. 13. – С. 81-87
9. Сіроклин І. М. Концепція побудови комплексної системи визначення технічного стану рухомого складу: напольні пристрої. / І. М Сіроклин, В. П. Мороз, В. М. Петухов, А. О. Каргін// Залізничний транспорт України. – 2018.– №2 – С. 13-21

10. Бойник А. Б Системи інтервального регулювання руху поїздів на перегонах: Навчальний посібник [Текст] / А. Б. Бойник, С. В. Кошевой, С. В. Панченко та ін.– Харків: УкрГАЗТ, 2005. – 256 с.
11. Тотосько О. В. Цифрова обробка сигналів та зображень : навчальний посібник / О.В. Тотосько , П.Д. Стухляк. - Тернопіль : ТНТУ імені Івана Пулюя, 2016. - 132 с
12. Петрова К. К Передумови врахування колірного простору при виборі технології для обробки зображень. / К. К Петрова, О. П. Зелений, Ж. В. Дейнеко // E1Ar KhNURE. Харків. ХНУРЕ – 2022 – С. 99-100
13. Нейчев О. В. Системи диспетчерського управління [Текст] : навч. посібник / О. В. Нейчев. – Харків : УкрДУЗТ, 2015. – 289 с.