

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет будівництва, транспорту та енергетики

Кафедра "Автоматизації виробничих процесів"

"Допущено до захисту"

Зав.кафедрою АВП

к.т.н., доцент

_____Дідик О.К.

" _____ " _____ 2023р.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти

на тему

" Автоматизована система зважування готової продукції в умовах складу
сортопрокатного цеху "

"Automated system for weighing finished products in the conditions of the
rolling mill warehouse"

Виконав: здобувач вищої освіти

IV курсу, групи АК-20-3ск

ОПП «Автоматизація та

комп'ютерно-інтегровані технології»

спеціальність 151 «Автоматизація та

комп'ютерно-інтегровані технології»

_____Данило РАТУШНИЙ

" _____ " _____ 2023р.

Керівник роботи

професор, д-р техн.наук

_____Василь КОНДРАТЕЦЬ

" _____ " _____ 2023р.

Рецензент _____

ЗМІСТ

Вступ.....	3
1 Призначення та область застосування системи зважування залізничних вагонів.....	5
1.1 Коротка характеристика технологічного процесу завантаження та зважування готової продукції в умовах складу СПЦ-2.....	5
1.2 Загальна характеристика діючої системи автоматизації процесу зважування готової продукції в умовах складу СПЦ-2.....	7
1.3 Огляд існуючих аналогів.....	9
1.4 Обґрунтування необхідності модернізації автоматизованого робочого місця оператора вагонних вагів складу готової продукції СПЦ-2.....	15
2 Склад системи зважування залізничних вагонів.....	18
2.1 Математичне забезпечення автоматизованого робочого місця оператора вагонних вагів.....	18
2.2 Технічне забезпечення.....	29
3 Проектування системи зважування залізничних вагонів.....	32
3.1 Вибір обладнання автоматизації польового рівня.....	32
3.2 Вибір та обґрунтування промислового контролера.....	36
4 Розробка програмного забезпечення автоматизованого робочого місця.....	41
4.1 Вибір середовища розробки програмного забезпечення автоматизованого робочого місця оператора вагонних вагів.....	41
4.2 Розробка інтерфейсу автоматизованого робочого місця оператора вагонних вагів.....	45
4.3 Розробка програмної документації для автоматизованого робочого місця оператора вагонних вагів.....	53
4.4 Практична апробація системи автоматизованого зважування вагонів.....	60
Висновок.....	62
Література.....	63

ВСТУП

Підприємства гірничо-металургійного комплексу України з повним металургійним циклом включають наступні виробництва: коксохімічне, гірничо-збагачувальне, шахтоуправління з підземного видобутку руди і металургійне. У свою чергу, металургійне складається з аглодоменного, сталеплавильного і прокатного переділів. Підприємства спеціалізуються на виробництві арматурної сталі та катанки зі звичайних і низьколегованих марок сталей, а також виробляє агломерат, концентрат, кокс, чавун, сталь, сортовий і фасонний прокат, доменний шлак.

Прокат в металургії - продукція, що отримується на прокатних станах шляхом гарячої, теплої або холодної прокатки.

Металопрокат - проводиться з наступних видів металу: алюміній, мідь, чорний прокат, бронзовий, конструкційний, нержавіючий, титан, мельхіор, нікель. За способом прокату круглий, квадратний, прямокутний, н-подібний наприклад "балка", тавр.

Прокатний стан - комплект обладнання, в якому відбувається пластична деформація металу між обертовими валками.

Основним параметром сортових станів є діаметр валків або шестерень в мм. При наявності в стані декількох робочих клітей параметром стану є діаметр валків чистової кліті. Так, назва "дрібно-сортний стан 250" означає, що діаметр робочих валків або шестерень чистової кліті дорівнює 250 мм, а призначення його - виробництво дрібно-сортного прокату.

Прокатка - процес пластичного деформування тіл на прокатному стані між обертовими привідними валками (частина валків може бути неприводними). Слова "привідними валками" означають, що енергія, необхідна для здійснення деформації, передається через валки, з'єднані з двигуном прокатного стану. Тіло яке деформується можна протягувати і через неприводні (холості) валки, але це буде не процес прокатки, а процес волочіння.

В складі СПЦ (Сортопрокатного цеху) в основному діють три дрібно-сортних і один дротяний стан. В даний час СПЦ спеціалізуються на прокаті арматурної сталі діаметром 8-14 мм, круглої - діаметром 10-14 мм, кутовий і смугової сталі з різною товщиною полки, а також катанки діаметром 5,5-8,5 мм. Всього ж в асортименті понад 130 видів різних профілів прокатної продукції за стандартами України, США, Канади, Великобританії, Німеччини, Кореї та інших країн.

1 Призначення та область застосування системи зважування залізничних вагонів

1.1 Коротка характеристика технологічного процесу завантаження та зважування готової продукції в умовах складу СПЦ-2

На першому дрібно-сортнувальному стані СПЦ-2 йде прокатка арматури діаметром 8 и 12 мм.

В якості вхідного матеріалу на дрібно-сортному стані 250 використовується квадратна заготовка перетином 80×80 мм, довжиною 12 м. Зі складу заготовок підготовлені до прокатки заготовки краном завантажуються на приймальні решітки стана 250. З завантажувальних решіток заготовки по одній стикаються на приймальний рольганг, яким транспортуються до методичної печі. Нагріті до температури прокатки заготовки виштовхуються з печі на рольганг і задаються в безперервну чорнову групу клітей. При необхідності передній кінець заготовки обрізається на летючих ножицях, встановлених перед чорною групою стану. На валках нарізані потоки ящикових калібрів системи квадрат - овал - коло, квадрат - ромб і калібрів для прокатки кутової сталі. На стані застосований індивідуальний привід валків кожної робочої кліті від окремого електродвигуна. Проміжна і чистова групи стана включають робочі кліті з вертикальним розташуванням валків, що виключає необхідність кантування розкатів. На дрібно-сортному стані 250 прокочують круглу сталь діаметром 8-12 мм. Після прокатки в чистовій групі клітей готовий прокат надходить на моталки або у вигляді прутків на двосторонній холодильник. Пачки заготовок після холодильника по підвідному рольгангу надходять на 630-тонні ножиці і подаються до упору. Оператор пачку підрівнює і після цього вже відрізається необхідна довжина, обумовлена в замовленні. Потім порізи виїжджають на кишені скидачів. Прибиральник гарячого металу сортує прутки, прибираючи не кондицію, стежачи за тим, щоб всі вони були однакової довжини, без браку і вм'ятин, а оператор скидає їх на ваги. На кожній лінії, в кожному прольоті - по дві кишені. Коли одна з них заповнена, прутки надходять на

іншу, і поки вони збираються, сортувальники пов'язують пачку. Вся ув'язка проходить швидко. Електро-мостовим краном пачка перекладається на спеціальні підставки - стелажі, на яких контролери ВТК перевіряють якість упаковки, маркування, обробки готової пачки. А в цей час до неї вже друкується бірка.

Бірка - це так званий "паспорт". У ній вказується діаметр, довжина, клас арматури, марка сталі, номер плавки, вага пачки і напрямок, куди буде йти дана продукція, а також номер контракту, в якому обумовлюються всі умови і норми продукції яка купується, дата виготовлення і навіть - номер бригади, яка її випускала. За цими біркам потім йде звіт. Відривний корінець необхідний для звітності на складі, а інша частина бірки ділиться на дві однакові половинки і прикріплюється на початку і наприкінці пачки. По ній в будь-який момент можна простежити весь шлях виготовлення арматури.

Наступний етап це завантаження вагонів поданих в цех. Кран піднімає по п'ять пачок упакованої арматури і акуратно складає їх у вагон. Керують цим процесом досвідчені бригадири відвантаження. Коли вагон наповнений, вони збирають відривні корінці бирок, скріплюють їх, вказують на них номер вагона, його вантажопідйомність, кількість пачок і віддають прийомо- здавальник вантажу та багажу. Ці фахівці оформляють необхідні документи на товар і передають їх у відділ технічного контролю для перевірки та видачі сертифіката якості продукції, а потім в експедицію, яка займається відправкою вагонів з вантажем на залізничну станцію, а потім - споживачеві.

Важливою частиною процесу відправки завантажених вагонів є їх зважування. Зважування відбувається в 2 етапи:

Перший етап. Перед завантаження вагонів необхідно взяти тару для кожного з вагонів. Після того як вагон заїжджає на ваги відбувається його зважування, а також система розпізнавання номеру вагону надає безпосередньо номер поточного вагону. Отримані дані, а саме вага вагону та його номер записуються в базу даних з метою подальшого використання.

Другий етап. Локомотив підтягує вагон на ваги. Зчитування номеру вагону починається тоді коли інфрачервоний датчик присутності сповістить про

його знаходження на ваговій платформі. Після розпізнавання номеру починається його пошук в базі даних, якщо було знайдена відповідність тоді ми отримуємо значення тари шуканого вагону. Потім безпосередньо відбувається зважування та заповнюється відповідна форма на ЕОМ оператора.

1.2 Загальна характеристика діючої системи автоматизації процесу зважування готової продукції в умовах складу СПЦ-2

Система зважування складається з трьох вагонних ваг - це залізничні ваги № 6,7,14 складу готової продукції сортопрокатного цеху № 2. Вагонні ваги використовуються для статичного зважування в чотиривісних вагонах без розчеплення різного роду вантажу, як готової продукції, так металобрухту та обрізу.

Галузь застосування ваг – залізничні станції з електрифікованими і не електрифікованими коліями шириною 1520 мм, обладнаними і не обладнаними рейковими колами (крім колій призначених для приймання – відправлення та пропуску поїздів), а також промислові сільськогосподарські підприємства, які мають під'їзні колії.

Кожні вагонні ваги обладнані: платформою для розміщення зважуваного з/д вагона, приміщенням оператора-вагаря, а також підсистемою відео фіксації і розпізнавання номерів вагонів. Робота з програмно-технічним комплексом можлива з будь-якого приміщення комплексу вагонних ваг № 6,7,14 СГП СПЦ-2 використовуючи АРМ.

Процес зважування контролюється оператором з операторного пункту (тупику) у якому встановлені панелі керування щити та ПЕОМ. Автоматизація полягає в мінімізації потреб оператору втручатися в процес зважування (взяття тари, нетто, брутто, запис номеру вагону та ін.).

Принцип дії ваг побудований на перетворенні сили тяжіння, створеної вантажем, за допомогою тензорезистивних ваговимірювальних датчиків в електричний сигнал, пропорційний масі вантажу.

Вантажоприймальний пристрій призначений для розміщення вантажів, які підлягають зважуванню. Цей пристрій виконаний в виді однієї або двох платформ. Прилад служить для відображення на індикаторі маси вантажу на платформі.

Нижче наведено послідовність кроків, які виконуються при зважуванні вагону:

- Спрацювання ІЧ датчика при проходженні вагону через бар'єр;
- Ввімкнення системи розпізнавання номеру вагону;
- Встановлення вагону на терези;
- Зняття показань з тензодатчиків;
- Перетворення та складання сигналів за допомогою зважувального перетворювача JBox;
- Відправка даних на ваговий контролер;
- Виведення значення ваги на термінал або ПЕОМ оператора.

Ваги складаються з двох бетонних платформ не з'єднаних між собою. Кожна з платформ розташована на 4 тензодатчиках інформація з яких збирається і передається на ваговий контролер через вторинні оброблювачі інформації (рис. 1.1).

Основні складові автоматизованих вагонних вагів:

- Тензометричний датчик МТХ 45t;
- Прибор для вимірювання ваги JBox;
- Ваговий контролер IT8000E.
- Інфрачервоний датчик.

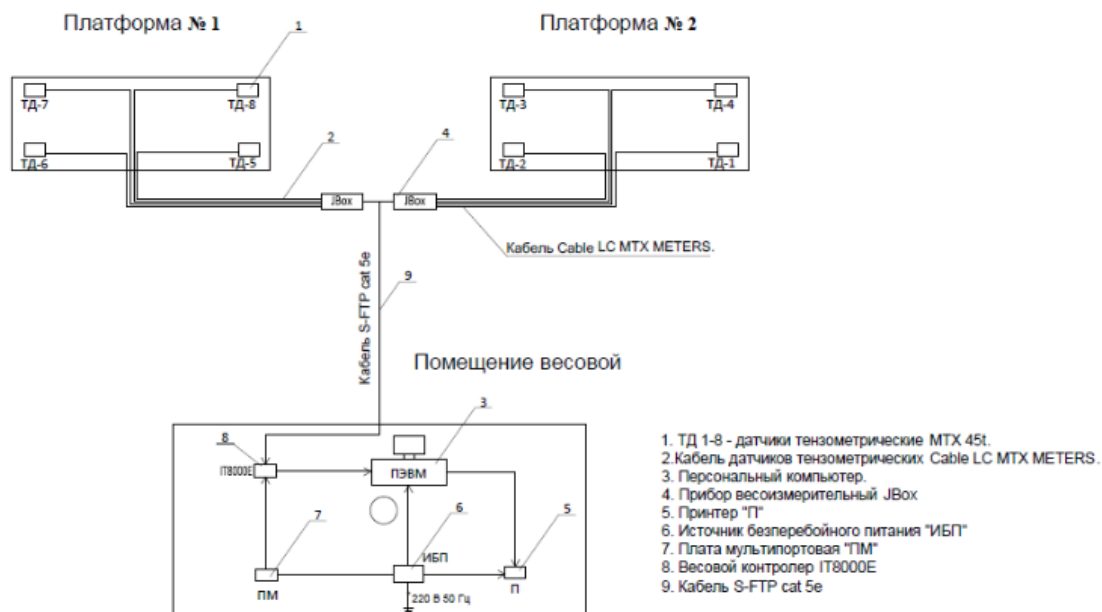


Рисунок 1.1 – Функціональна схема автоматизованої системи зважування

1.3 Огляд існуючих аналогів

На ринку промислової автоматизації представлено декілька систем автоматизованого зважування. Для формулювання вимог до розробки доцільно розглянути існуючі системи, визначити їх переваги та недоліки.

Компанія «Штрих» розробляє автоматизовану систему зважування і ідентифікації залізничних вагонів «Штрих-МПБ»

Система призначена для автоматичного обліку руху потягів і вагонів, розпізнавання номерів вагонів, визначення маси вагонів, візуального огляду вантажу, контролю дотримання маси і габаритів рухомого складу.

Об'єктом автоматизації є процес комерційного зважування і ідентифікації вагонів, здійснення контролю над відповідністю заявленої і фактичної маси вагонів. Ваговий пост складається з залізничних ваг ВВ-200, які виконують зважування осей вагонів і передають значення ліченої маси на ваговий контролер КВ-001. АРМ вагара розташовується в безпосередній близькості від залізничних ваг в опалювальному підсобному приміщенні, що має введення 220В. У підсобному приміщенні встановлюється ваговий контролер і ПЕОМ АРМ вагара. Швидкість руху складу при зважуванні - не більше 10 км / год. Система оптичної ідентифікації вагонів передає інформацію про номери вагонів в АРМ вагара, де

виробляється прив'язка номера вагона до його маси. Система включає в себе відеокамеру (одну або дві), засоби освітлення в зоні контролю, датчик руху / підрахунку вагонів, персональний комп'ютер і програми обробки та ідентифікації. Інформація від АРМ вагара може передаватися в АСУ ТП підприємства.

Система дозволяє:

- здійснювати відеоспостереження за залізничними коліями, записувати відео зображення, фіксуючи проходження поїздів;

- автоматично детектувати проходження складу і кожного вагона окремо.

Детекція проводиться апаратними засобами (промінь), що гарантує стовідсоткову достовірність;

- автоматично розпізнавати номери вантажних залізничних вагонів по відео зображенні. Розпізнавання ведеться в реальному часі, результати розпізнавання негайно відображаються на моніторі оператора. Для підвищення достовірності результату розпізнавання може вестися у двох телекамер для кожного з шляхів (з обох сторін вагона);

- здійснювати поосьового зважування вагонів;

- виконувати прив'язку маси вагона до його номеру;

- автоматично оцінювати рівень наливання рідини в цистернах (при наявності тепловізора);

- записувати результати розпізнавання і зважування в спеціалізовану базу даних - протокол;

- зіставляти інформацію в протоколі з натурним листом або іншим джерелом інформації і виводити відповідну відмітку в разі виявлення невідповідностей;

- здійснювати оперативний пошук складів і окремих вагонів по протоколу з можливістю відтворення відповідного відео фрагменту;

- формувати звіти за даними з протоколу, в тому числі зведені, з урахуванням зіставлення інформації з протоколу з натурним листом.

Характерні особливості системи

Функціонування в безперебійному автоматичному режимі - 24 години на добу, 7 днів на тиждень, стійкість до можливих збоїв в обчислювальній мережі;

Високий рівень достовірності при розпізнаванні номерів вагонів, об'єднання результатів розпізнавання номерів за кількома телекамерами для підвищення достовірності розпізнавання;

Розподілена архітектура, що дозволяє створювати комплекси різної складності та масштабу, а також збалансувати навантаження на вузли обчислювальної мережі;

Робота в реальному масштабі часу, що забезпечує отримання оперативної інформації про проходять поїздах;

Кілька рівнів інтеграції з автоматизованою системою управління підприємством;

Простота у вивченні, зручний призначений для користувача інтерфейс; простота технічного обслуговування.

Переваги системи

- засоби інтеграції з залізничними вагами;
- розпізнавання забруднених номерів за рахунок використання декількох телекамер з різних сторін вагона і вибору найбільш ймовірної гіпотези;
- багаті можливості для інтеграції в АСУ підприємства.
- у разі відсутності на об'єкті залізничних ваг здійснюється комплексна поставка, що включає ваги ВВ-200 і апаратно-програмні засоби для розпізнавання номерів вагонів.
- у разі наявності на об'єкті залізничних ваг ВВ-200 здійснюється поставка апаратно-програмних засобів для розпізнавання номерів вагонів і їх інтеграція в існуючу систему зважування.
- крім того, можлива поставка тільки апаратно-програмних засобів для розпізнавання номерів вагонів і здійснення контролю над рухом залізничного транспорту.



Рисунок 1.2 – Загальний вигляд вагонних вагів «ШТРИХ-М»

На декількох підприємствах України (ПАТ «Південний ГЗК, Запоріжсталь») для вимірювання ваги залізничних вагонів використовується автоматизована система зважування і ідентифікації залізничних вагонів, що розробляється компаніями «МетроВЕС» і «АМИ».

Компаніями «МетроВЕС» і «АМИ» розроблена автоматизована система зважування і ідентифікації вагонів, призначена для автоматичного визначення маси вагонів (статичного зважування та зважування в русі), відеоспостереження за процесом зважування, фіксації кадрів і розпізнавання номерів вагонів, контролю дотримання маси і габаритів рухомого складу.

Дане комплексне рішення включає тензометричні вагонні ваги, систему відеоспостереження і фіксації кадрів на вагонних вагах.

Ваги виробництва компанії «МетроВЕС» - програмно-технічний комплекс, призначений для поосьового зважування в русі без розчеплення всіх типів залізничних вагонів широкої і вузької колії з сухими сипучими та твердими вантажами, а також цистерн з рідкими вантажами і складів в цілому.

Ваги складаються з вантажопідйомного пристрою, ваговимірювального приладу і зовнішніх електронних пристроїв (комп'ютера та принтера). Відстань передачі даних від вантажопідйомного пристрою до місця розміщення програмно-технічного комплексу практично необмежено за рахунок використання універсальних каналів (радіо-модеми, оптоволоконне з'єднання).

Можливості програмного забезпечення ваг:

- розпізнавання всіх типів вагонів, в тому числі локомотива, з можливістю виключення його ваги з протоколу;
- автоматичне визначення напрямку і швидкості руху, з реєстрацією неприпустимого режиму швидкості;
- визначення навантаження кожного колеса, осі вагона;
- виявлення перевантаження або недовантаження вагона щодо маси, зазначеної в документах, або маркованого значення його вантажопідйомності, що вводить.



Рисунок 1.3 – Загальний вигляд вагів компанії «МетроВЕС»

Система відеоспостереження і фіксації кадрів являє собою програмно-апаратний комплекс, що складається з відеобладнання (відеокамери, карта захоплення відеозображення), персонального комп'ютера, а також програмного забезпечення.

Камери високої роздільної здатності (аналогові або IP-камери) з варіфокальним об'єктивом і пристроєм грозозахисту, розташовані в кліматичному кожусі, кріпляться на спеціально виготовляється опорі або на існуючих конструкціях. Для підвищення достовірності розпізнавання номерів зважуваних вагонів встановлюються дві відеокамери, орієнтовані на протилежні борту вагона. Зверху над вагами встановлюється третя відеокамера, що дозволяє вести спостереження за станом вантажів у вагоні.

При зважуванні вагона відбувається автоматична фіксація двох фотографій з номером вагона і фотографії виду зверху. Фотографії для зваженого вагона з

прив'язкою до результатів зважування зберігаються в базі даних і доступні для перегляду. Для освітлення вагона в темний час доби використовуються інфрачервоні освітлювачі, обладнані датчиком освітленості.

Система відеоспостереження і фіксації кадрів, проектування і впровадження якої здійснює компанія «АМІ», забезпечує:

- автоматизацію процесу ідентифікації вагонів;
- виключення впливу людського фактору (помилки при введенні номера вагона, заповнення реквізитів, які не відповідають зваженому вагону і ін.) шляхом контролю правильності введення оператором номерів вагонів, а також стану вагонів і вантажів;
- організацію відеоспостереження за процесом зважування, фіксацію кадрів і розпізнавання номерів вагонів в автоматичному і напівавтоматичному режимах;
- передачу отриманої інформації в інформаційну мережу підприємства;
- можливість, у разі ведення претензійної роботи з постачальниками або споживачами, пред'являти роздруковані фотографії (при цьому на фотографії присутня дата / час вимірювання і вага).

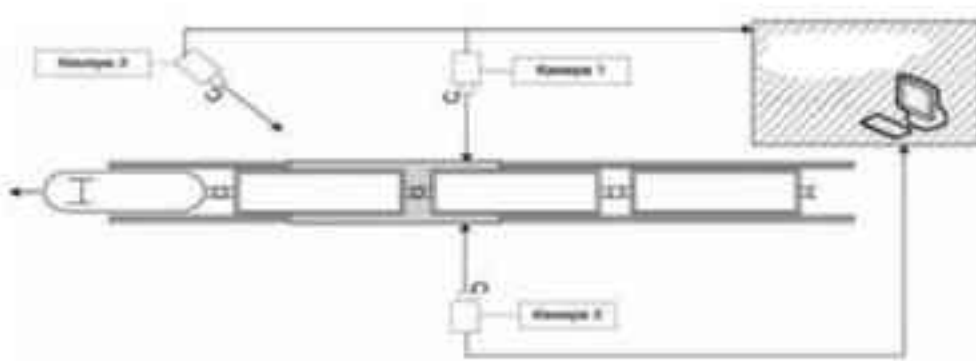


Рисунок 1.4 – Схема розташування камер

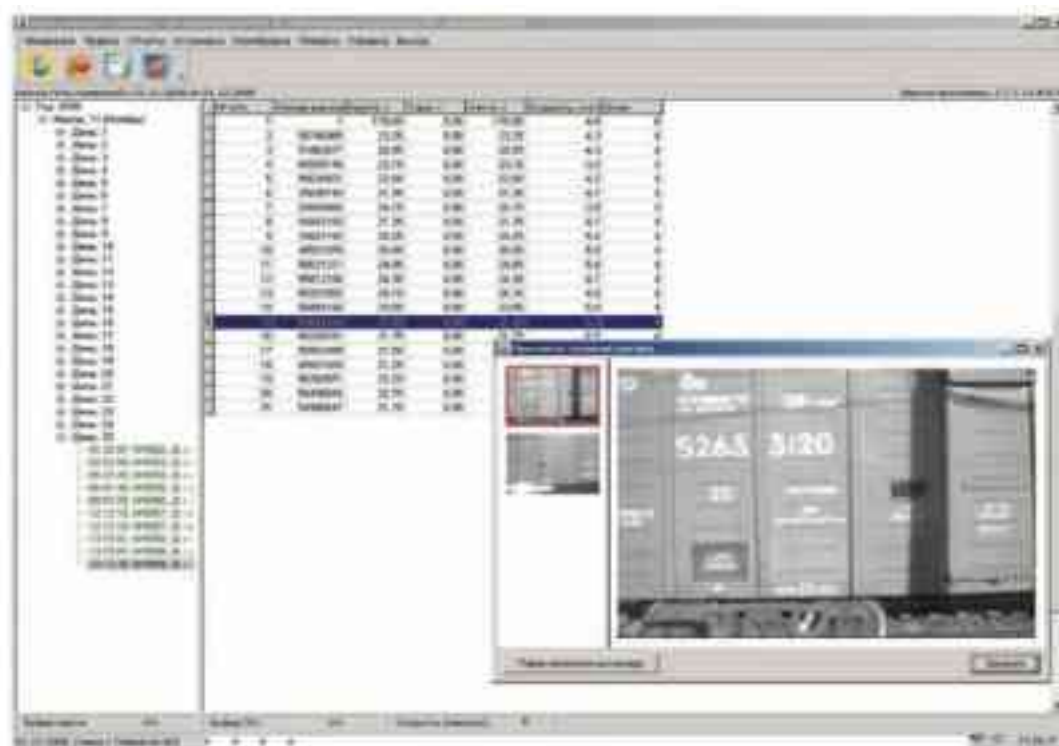


Рисунок 1.5 – Графічний інтерфейс програмного забезпечення

1.4 Обґрунтування необхідності модернізації автоматизованого робочого місця оператора вагонних вагів складу готової продукції СПЦ-2

Для зважування готової продукції МС-250-1, МС-250-2 відвантажуваної споживачам, застосовуються залізничні ваги №6, встановлені на тупику №2 складу готової продукції СПЦ-2.

Розроблена система автоматичного контролю ваги виконує такі основні функції:

1. Ваговий контролер автоматично проводити вимір маси по навантаженню кожного тензодатчика з передачею результатів по каналних вимірювань в ПЕОМ з прикладним ПЗ.

2. Прикладне ПЗ ваг здійснює обробку отриманих даних і на їх підставі обчислює положення вагона на вагах і центр зміщення тяжкості вантажу відповідно до вимог «УКРЗАЛІЗНИЦІ».

3. Прикладне ПЗ ваг забезпечує виконання всіх функцій і процедур, необхідних при вимірюванні маси комерційних вантажів у залізничних складах.

4. Прикладне ПЗ ваг забезпечує виконання наступних завдань: вимірювання маси «брутто» і обчислення маси «нетто» вагона з використанням маси тари з документа або за даними зважування «тари» перед вантаженням, можливість введення, для визначення маси «нетто», значення тари в ручному режимі або з бази даних відвантаження, обов'язкове визначення розподілу навантаження по візках вагона і визначення загального центра ваги вантажу у вагоні.

5. Автоматичне розпізнавання номеру вагону і внесення його в відповідну форму.

6. Збереження в базі даних результатів вимірювань і наступної інформації:

- Тип вагів; – Назва підприємства-власника вагів; – Номер зміни; –
Прізвище оператора; – Дата/час зважування вагону; – Номер документа, номер накладної; – Номер по порядку; – Бортовий номер вагону; –
Вантажопідйомність вагону; – Вагу вантажу в вагоні по документу; – Тара вагону після переважування; – Вага вагону з вантажем; – Вага вантажу в вагоні; –
Тип, марка вантажу; – Вантажовідправник, вантажоотримувач, постачальник і одержувач вантажу; – Станція відправник та станція призначення вагону; –
Перевантаження/недовантаження відносно ваги по документам.

7. Зв'язок з корпоративною інформаційною мережею підприємства

8. Режим функціонування вагового обладнання – безперервний.

Проаналізувавши існуючі аналоги даної автоматичної системи було виявлено такі особливості:

– Система автоматичного розпізнавання вагонних номерів з високим рівнем достовірності при розпізнаванні номерів вагонів, об'єднання результатів розпізнавання номерів за кількома телекамерами для підвищення достовірності розпізнавання;

– При зважуванні вагона відбувається автоматична фіксація двох фотографій з номером вагона і фотографії виду зверху. Фотографії для зваженого вагона з прив'язкою до результатів зважування зберігаються в базі даних і доступні для перегляду.

– Автоматичне детектування проходження складу і кожного вагона окремо. Детекція проводиться апаратними засобами (промінь), що гарантує стовідсоткову достовірність;

– Виконується прив'язка маси вагону до його номеру;

– Формування і друк наступних звітів: зважування одного вагона, друк накладних на вагон, групу вагонів чи маршрут, друк виборок по обраним параметрам.

– Автоматичний підрахунок кількості вагонів для складання накладної та ведення статистики;

– Визначення напрямку руху складу;

– Контроль рівномірного завантаження вагону відповідно до вимог Укрзалізниці.

Виділені особливості є дуже важливими для зручного користування автоматизованою системою зважування, тому було б доречно модернізувати вже розроблену систему, тим самим збільшивши продуктивність роботи системи в цілому та окремо оператора ваговика.

2 Склад системи зважування залізничних вагонів

2.1 Математичне забезпечення автоматизованого робочого місця оператора вагонних вагів

Основними структурними одиницями математичного забезпечення розробленого автоматизованого робочого місця оператора вагонних ваг є метод отримання номеру вагону з зображення та метод калібрування вагонних ваг.

Метод отримання номеру вагону з зображення відбувається в декілька етапів:

1. Попередня обробка зображення: на цьому етапі відбувається обробка зображення з метою підвищення його якості і перетворення його до вигляду який необхідний для сегментації.

2. Сегментація: на цьому етапі відбувається виділення тексту на зображенні і його поділ на складові частини. Зазвичай текст обробляється ієрархічно: спочатку виділяються окремі рядки, потім окремі слова, потім символи або частини символів.

3. Класифікація: на цьому етапі система приймає рішення про те, до якого заздалегідь відомого класу віднести виділений на етапі сегментації елемент, тобто безпосередньо виконує розпізнавання.

4. Обробка результатів: на цьому етапі відбувається побудова підсумкового тексту за результатами класифікації виділених частин тексту.

На етапі попередньої обробки проводиться поліпшення якості зображення - отримане зображення до виду, найбільш підходящому для подальшої автоматичної роботи з ним. Поліпшення якості зображення з метою подальшого розпізнавання тексту включає в себе видалення дефектів зображення і відділення тексту від фону.

Видалення дефектів здійснюється стандартними методами обробки зображень. Найбільш часто для видалення шуму використовуються фільтр Гауса для зниження високочастотного шуму.

Фільтр «Гаусового розмиття» змінює кожну точку поточного шару або виділення, роблячи її значення рівним середньому значенню всіх точок в певному радіусі від даної точки. Значення цього радіусу можна змінити. Чим більше радіус, тим сильніше буде розмите зображення. Розмивання можна посилити в одному напрямку в порівнянні з іншим, розірвавши залежність між радіусом по горизонталі і вертикалі.

$$G_{\sigma} = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-\frac{(x^2+y^2)}{2\sigma^2}},$$

де x та y - поточні значення пікселів; σ – радіус розмиття (зазвичай приймають за 1).

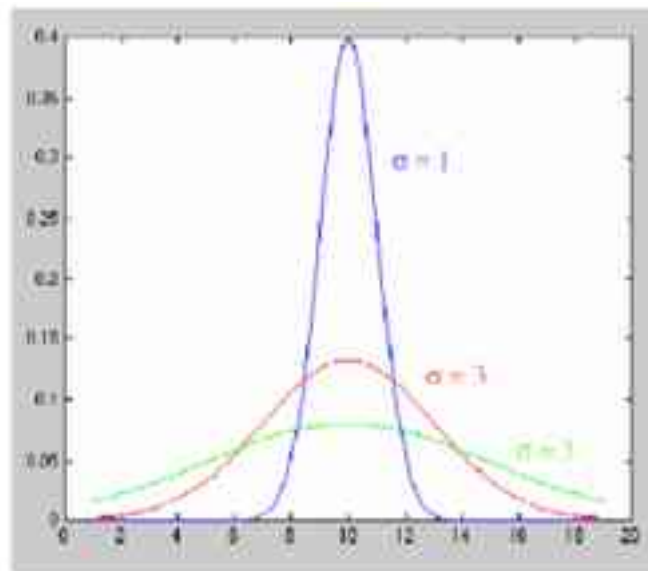


Рисунок 2.1 – графік залежності розмивання від його радіусу

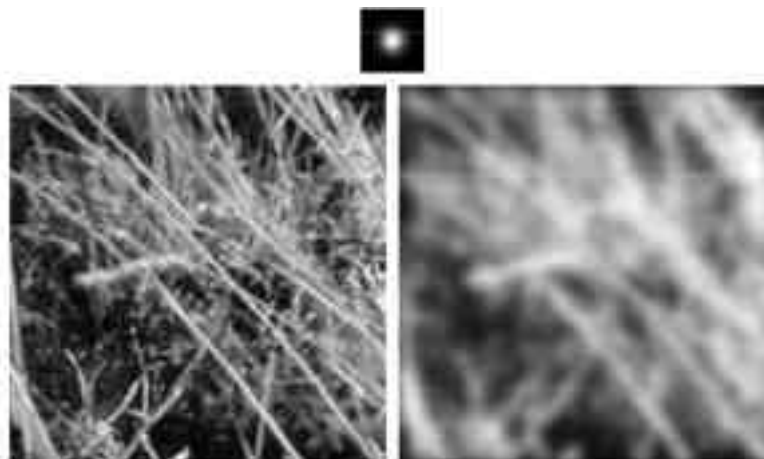


Рисунок 2.2 – приклад роботи фільтра Гауса

Виділення тексту від фону є окремим випадком завдання виділення об'єкта на зображенні. Завдання можна сформулювати наступним чином: по зображенню тексту A потрібно побудувати бінарне зображення B того ж розміру таке, що

$$B(i,j) = 1, \text{ якщо піксель } (i,j) \text{ належить тексту на } A,$$

$$B(i,j) = 0, \text{ в іншому випадку.}$$

Таке перетворення зображення дозволяє в подальшому використовувати аналіз зв'язкових компонент, контурів тощо.

Найбільш часто використовують метод порогової бінаризації виділення тексту від фону. Нехай дано зображення, $I(i, j)$ - яскравість пікселя з координатами (i, j) . Пороговою бінаризацією зображення називається попіксельне перетворення $f(i, j)$ таке, що

$$f(i,j) = 1, \text{ якщо } I(i,j) \geq d,$$

$$f(i,j) = 0, \text{ якщо } I(i,j) < d,$$

де d називається порогом бінаризації.

Зазвичай на гістограмі яскравості зображення тексту спостерігається два піки: високий пік в області світлих пікселів (відповідає фону і пік нижче в області темних (відповідає тексту). Тому завдання пошуку порогового значення яскравості таке, що пікселі з яскравістю вище цього значення (фон) будуть вважатися чорними, а нижче (текст) - білими (таке «інвертування» кольору робиться з метою спрощення застосування багатьох алгоритмів в подальшому) , є завданням пошуку оптимального значення між двома піками гістограми. Для вирішення цього завдання існують добре вивчені методи, наприклад, метод Оцу який і використовується в розробленій системі.

Метод Оцу використовує гістограму зображення для розрахунку порогоу. В даному випадку гістограма - це набір бінів, кожен з яких характеризує кількість попадань у нього елементів вибірки. У нашому випадку вибірка - це пікселі різної яскравості, яка може приймати цілі значення від 0 до 255.

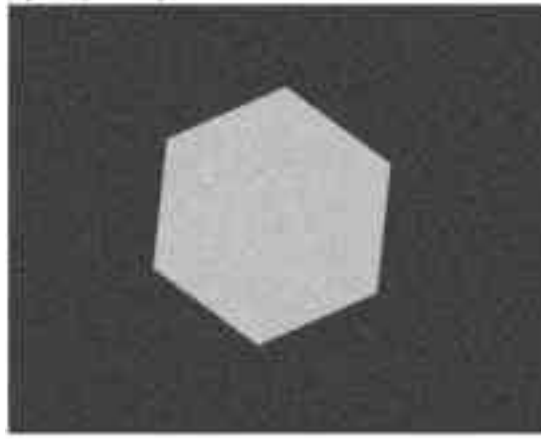


Рисунок 2.3 – Приклад зображення з об'єктом

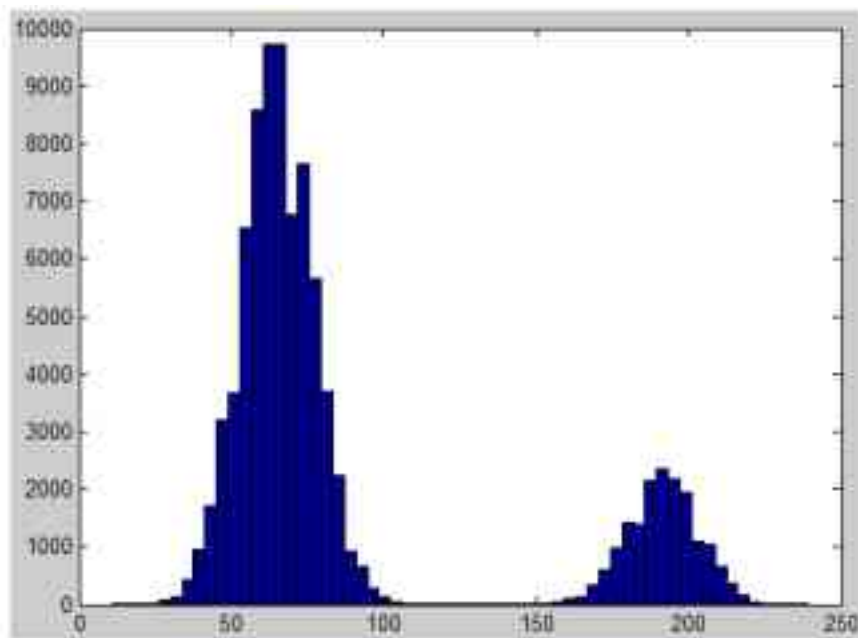


Рисунок 2.4 – Гістограма для зображення представленого вище

З гістограми видно, що є два чітко розділені класи. Суть методу Оцу полягає в тому, щоб виставити поріг між класами таким чином, щоб кожен з них був якомога більш «щільним». Математичною мовою, все зводиться до мінімізації внутрішньо-класової дисперсії, яка визначається як зважена сума дисперсій двох класів:

$$\sigma_w^2 = \omega_1 \sigma_1^2 + \omega_2 \sigma_2^2 \quad (2.1)$$

Тут ω_1 і ω_2 – ймовірності першого і другого класів відповідно.

У своїй роботі Оцу показує, що мінімізація внутрішньо-класової дисперсії еквівалента максимізації між класової дисперсії, яка дорівнює:

$$\sigma_b^2 = \omega_1 \omega_2 (a_1 - a_2)^2$$

У цій формулі a_1 і a_2 – середнє арифметичне значення для кожного з класів.

Алгоритм роботи:

1. Обчислюємо гістограму (один прохід через масив пікселів);
2. Починаючи з порога $t = 1$, проходимо через всю гістограму, на кожному кроці перераховуючи дисперсію $\sigma_b(t)$. Якщо на якомусь із кроків дисперсія виявилася більше максимуму, то оновлюємо дисперсію і $T = t$;
3. Шуканий поріг дорівнює T .

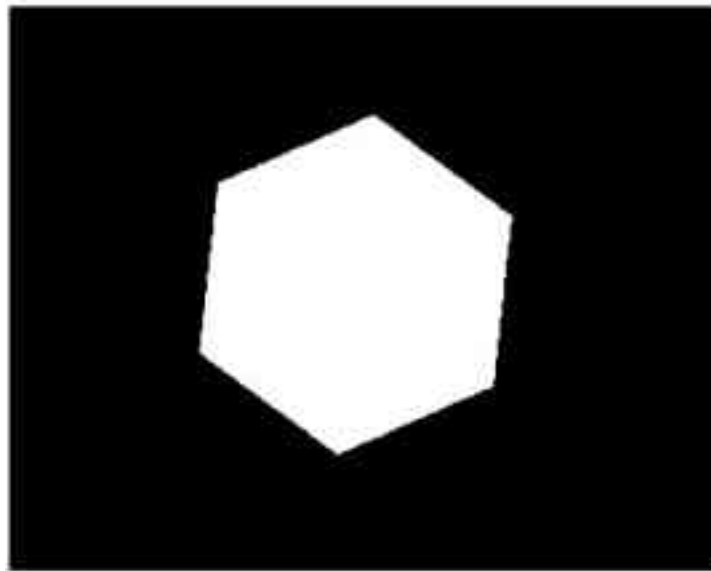


Рисунок 2.5 – Результат роботи описаного алгоритму

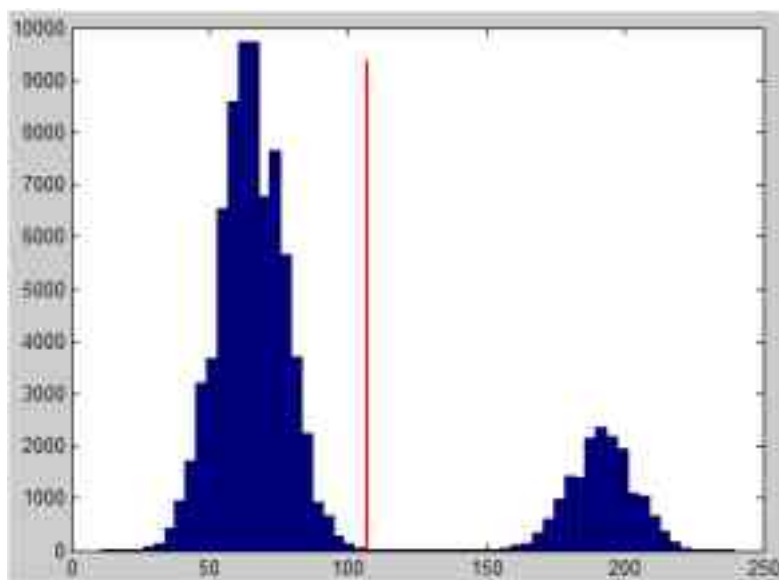


Рисунок 2.6 – Розрахований поріг для даного зображення

На етапі сегментації відбувається виділення окремих цифр на зображенні, отриманому на етапі попередньої обробки. Результатом етапу сегментації повинна бути послідовність зображень окремих цифр, які далі надходять на вхід процедури визначення ознак. Така стратегія, звана стратегією явною сегментації, спрощує подальшу класифікацію, тобто отримання тексту з зображення (в даному випадку послідовність цифр).

Виділення груп цифр. Після відділення тексту від фону на етапі попередньої обробки для виділення груп цифр стає можливим використання аналізу зв'язкових компонент. Якщо розглядати білі пікселі як вершини графа, а ребрами з'єднувати вершини, відповідні сусіднім пікселям, стає можливим виділяти компоненти зв'язності, відповідні одній або декільком пересічним цифрам. Для виділення зв'язкових компонент існують стандартні і широко відомі алгоритми пошуку, наприклад, пошук в глибину і пошук в ширину.



Рисунок 2.7 – Приклад отримання контуру

Для розробки автоматичної системи розпізнавання номерів а саме класифікатору (одна із основних частин) було використано нейронну мережу Хопфілда.

Серед різних конфігурацій штучних нейронних мереж зустрічаються такі, при класифікації яких за принципом навчання, строго кажучи, не підходять ні навчання з учителем, ні навчання без учителя. У таких мережах вагові коефіцієнти синапсів розраховуються тільки один раз перед початком функціонування мережі на основі інформації про оброблювані дані, і все навчання мережі зводиться саме до цього розрахунку.

З одного боку, пред'явлення апріорної інформації можна розцінювати, як допомога вчителя, але з іншого - мережа фактично просто запам'ятовує зразки до

того, як на її вхід надходять реальні дані, і не може змінювати свою поведінку, тому говорити про ланку зворотного зв'язку з "світом" (вчителем) не доводиться. З мереж з подібною логікою роботи найбільш відомі мережа Хопфілда і мережу Хеммінга, які зазвичай використовуються для організації асоціативної пам'яті.

Структурна схема мережі Хопфілда приведена на рис. 2.8. Вона складається з єдиного шару нейронів, число яких є одночасно числом входів і виходів мережі. Кожен нейрон пов'язаний синапсами з усіма іншими нейронами, а також має один вхідний синапс, через який здійснюється введення сигналу. Вихідні сигнали, як зазвичай, утворюються на аксонах.

Завдання, яке вирішується даною мережею в якості асоціативної пам'яті, як правило, формулюється таким чином. Відомий деякий набір двійкових сигналів (зображень, звукових оцифровок, інших даних, що описують якісь об'єкти або характеристики процесів), які вважаються зразковими. Мережа повинна вміти з довільного неідеального сигналу, поданого на її вхід, виділити ("згадати" по частковій інформації) відповідний зразок (якщо такий є) або "дати висновок" про те, що вхідні дані не відповідають жодному із зразків. У загальному випадку, будь-який сигнал може бути описаний вектором $X = \{x_i: i = 0, \dots, n-1\}$, n - число нейронів в мережі і розмірність вхідних і вихідних векторів. Кожен елемент x_i дорівнює або +1, або -1. Позначимо вектор, що описує k -ий зразок, через X^k , а його компоненти, відповідно, - x_i^k , $k = 0 \dots m-1$, m - число зразків. Коли мережа розпізнає будь-який зразок на основі пред'явлених їй даних, її виходи будуть містити саме його, тобто $Y = X^k$, де Y - вектор вихідних значень мережі: $Y = \{y_i: i = 0, \dots, n-1\}$. В іншому випадку, вихідний вектор не співпаде ні з одним з зразкових.

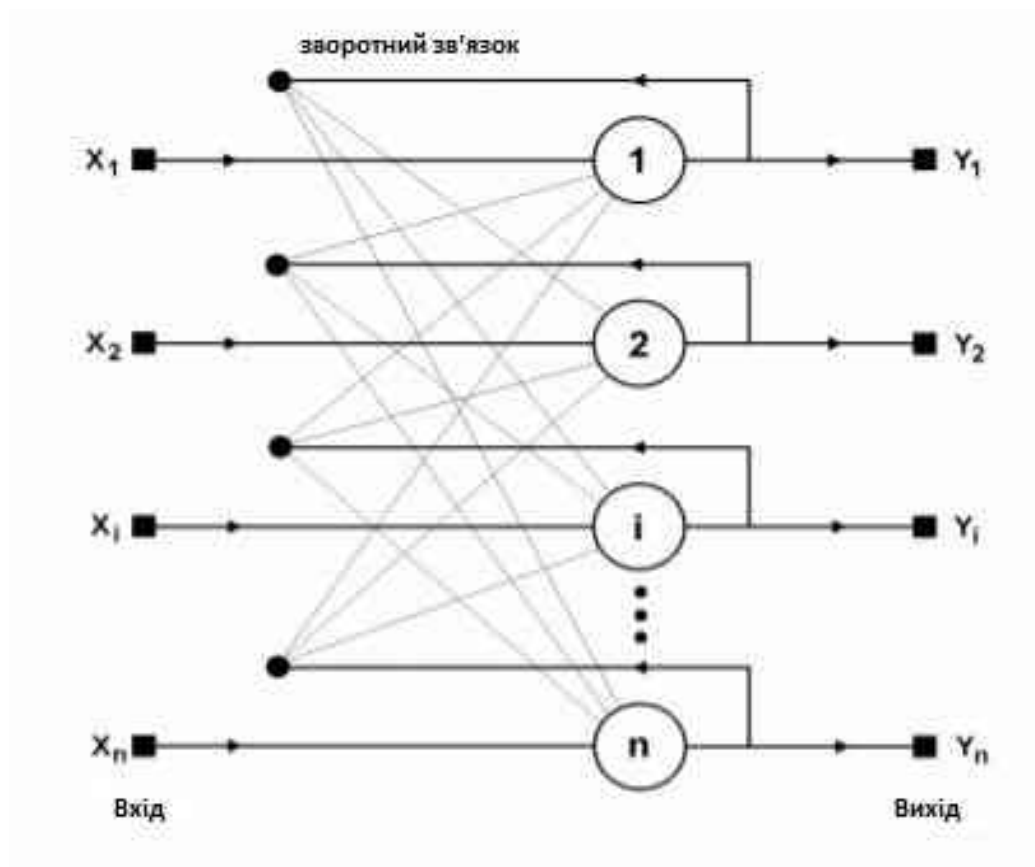


Рисунок 2.8 – Структурна схема мережі Хопфілда

Якщо, сигнали являють собою зображення, то, відобразивши в графічному вигляді дані з виходу мережі, можна буде побачити картинку, яка повністю збігається з однією зі зразкових (у разі успіху) або ж "вільну імпровізацію" мережі (у разі невдачі). На стадії ініціалізації мережі вагові коефіцієнти синапсів встановлюються таким чином:

$$w_{ij} = \begin{cases} \sum_{k=0}^{m-1} x_i^k x_j^k, & i \neq j \\ 0, & i = j \end{cases}$$

Тут i і j - індекси, відповідно, предсинаптичного і постсинаптичного нейронів; x_i^k, x_j^k - i -ий і j -ий елементи вектору k -ого зразка. Обов'язково матриця x повинна бути транспонована, а в матриці W основна діагональ повинна бути нульовою.

Алгоритм функціонування мережі наступний (p - номер ітерації):

1. На входи мережі подається невідомий сигнал. Фактично його введення здійснюється безпосередньою установкою значень аксонів:

$$y_i(0) = x_i, i = 0 \dots n-1,$$

тому позначення на схемі мережі вхідних синапсів в явному вигляді носить чисто умовний характер. Нуль в дужках праворуч від y_i означає нульову ітерацію в циклі роботи мережі.

2. Розраховується новий стан нейронів

$$s_j(p+1) = \sum_{i=0}^{n-1} w_{ij} y_i(p), j = 0 \dots n-1$$

і нові значення аксонів

$$y_i(p+1) = f[s_j(p+1)]$$

де f - активаційна функція у вигляді стрибка, приведена на рис 2.9.

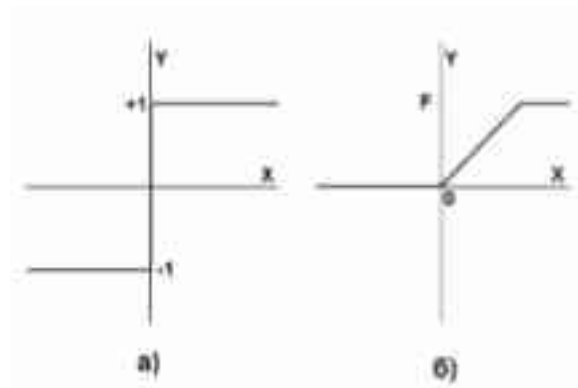


Рисунок 2.9 – Функції активації

3. Перевірка, чи змінилися вихідні значення аксонів за останню ітерацію. Якщо так - перехід до пункту 2, інакше (якщо виходи стабілізовано) - кінець. При цьому вихідний вектор являє собою зразок, який найкращим чином поєднується з вхідними даними.

Іноді мережа не може провести розпізнавання і видає на виході неіснуючий образ. Це пов'язано з проблемою обмеженості можливостей мережі. Для мережі Хопфілда число образів, що запам'ятовуються m не повинно перевищувати величини, приблизно рівної $0.15 * n$. Крім того, якщо два образи А і Б сильно схожі, вони, можливо, будуть викликати у мережі перехресні асоціації, тобто поява на вході мережі вектору А призведе до появи на її виході вектору Б і навпаки.

Приклад нейронної мережі Хопфілда (спрощена):

1. Створимо деякі еталонні зображення (вектори зображень):

$$\overline{X_1} = [-1 \quad 1 \quad -1 \quad 1];$$

$$\overline{X_2} = [1 \quad -1 \quad 1 \quad 1];$$

$$\overline{X_3} = [-1 \quad 1 \quad -1 \quad -1].$$

2. Розрахуємо матрицю вагових коефіцієнтів за формулою:

$$W = \sum_{k=1}^3 \bar{x}_k^T * \bar{x}$$

$$\text{Крок 1} - \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix} * [-1 \quad 1 \quad -1 \quad 1] = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ -1 & 1 & -1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{Крок 2} - \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix} * [1 \quad -1 \quad 1 \quad 1] = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{Крок 3} - \begin{bmatrix} -1 \\ 1 \\ -1 \\ -1 \end{bmatrix} * [-1 \quad 1 \quad -1 \quad -1] = \begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 & 1 \\ -1 & 1 & -1 & -1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\text{Знаходимо } W - \begin{bmatrix} 3 & -3 & 3 & 1 \\ -3 & 3 & -3 & -1 \\ 3 & -3 & 3 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -3 & 3 & 1 \\ -3 & 0 & -3 & -1 \\ 3 & -3 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

3. Продемонструємо роботу систему на прикладі розпізнавання зображення

Y з не стандартною матрицею (наявність шуму на зображенні):

$$\bar{Y} = [1 \quad -1 \quad 1 \quad -1]$$

$$\begin{bmatrix} 0 & -3 & 3 & 1 \\ -3 & 0 & -3 & -1 \\ 3 & -3 & 0 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & 0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ 1 \\ -1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5 \\ -5 \\ 5 \\ 3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

З отриманого результату система розпізнала вхідну послідовність Y як послідовність $\overline{X_2}$ (найбільша схожість послідовностей). Цей приклад демонструє, що обрана нейронна мережа здатна адаптуватися до значних шумів в зображенні та з достатньо високим відсотком вдалого розпізнавання повертати результат. Виконавши ще раз активуючу функцію f можна переконатися що значення відповідних нейронів встановилось остаточно.

Метод калібрування вагонних ваг. В розробленій системі автоматичного зважування для проведення зважування використовуються тензодатчики FSR з лінійною залежністю ваги від навантаження на його робочу поверхню. Для калібрування датчиків використовується формула аналітичної геометрії а саме формула геометричної прямої:

$$M = \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)} \text{ та } y - y_1 = M(x - x_1),$$

де y_1 – координата точки по у, а x_1 - координата точки по х.

Приклад.

Візьмемо гирі 0.43, 1, 2, 3 кг. По черзі ставимо гирі на ваги і відмічаємо значення яке надходить з АЦП контролера:

790 біт – 0.43 кг;

870 біт – 1 кг;

915 біт – 2 кг;

945 біт – 3 кг.

Виведення формули для отримання маси при навантаженні від 0.43 кг до 1 кг виглядають наступним чином:

$$M = (1 - 0.43) / (870 - 790) = 0.57 / 80 = 0.007125;$$

$$y - 1 = 0.007125 (x - 870);$$

$$y = 0.007125 x - 5.19875.$$

Виведення формули для отримання маси при навантаженні від 1 кг до 2 кг:

$$M = 1/45 = 0,02222;$$

$$y - 1 = 0,02222 (x - 870);$$

$$y = 0,02222 x - 18,33333.$$

Виведення формули для отримання маси при навантаженні від 2 кг до 3 кг:

$$M = 1/30 = 0,03333;$$

$$y - 2 = 0,03333 (x - 915);$$

$$y = 0,03333 x - 28,49695.$$

По аналогії калібрують ваги для знаходження набагато більшої маси.

2.2 Технічне забезпечення

До системи автоматичного зважування входить система розпізнавання номеру вагону яка складається з відеокамер, інфрачервоних випромінювача та приймача. Розташування складових частин системи розпізнавання зображено на рис. 2.10.

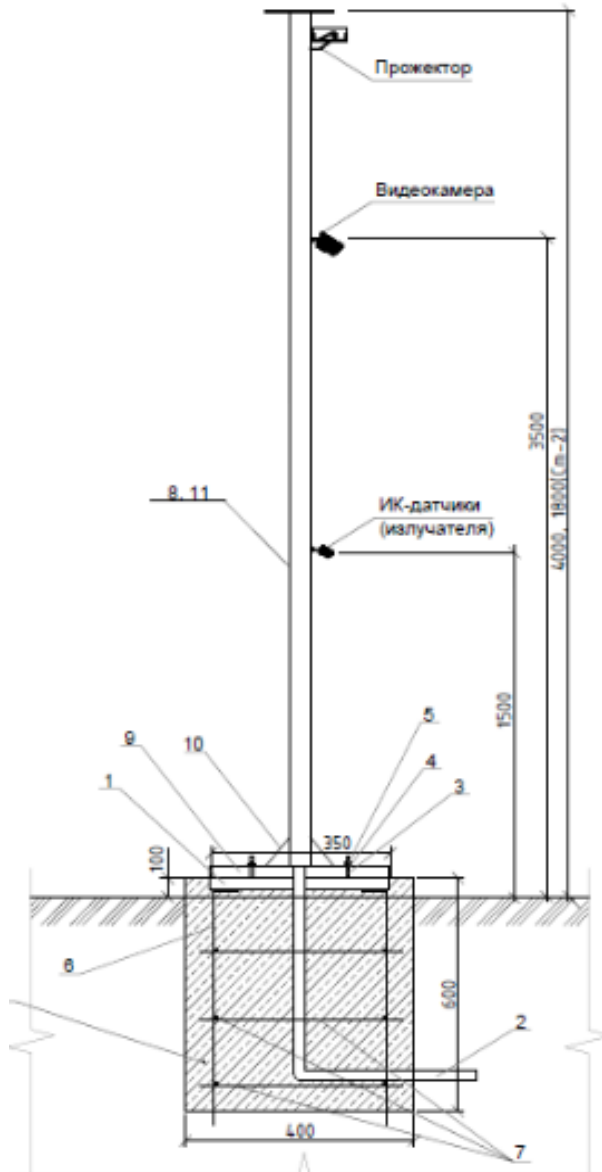


Рисунок 2.10 – Схема розташування складових частин системи РНВ.

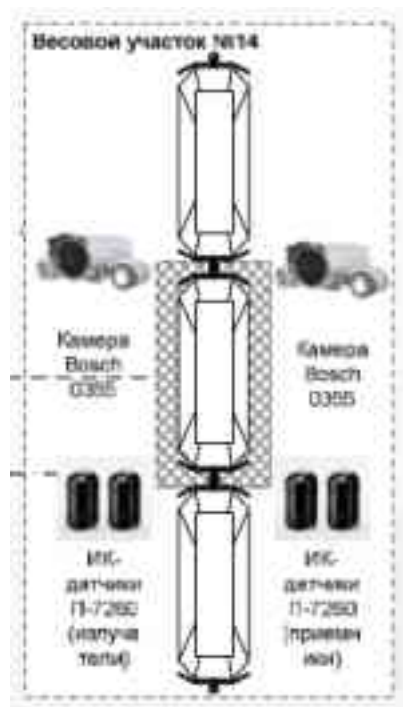


Рисунок 2.11 – Схема розташування камер та ІЧ датчика.

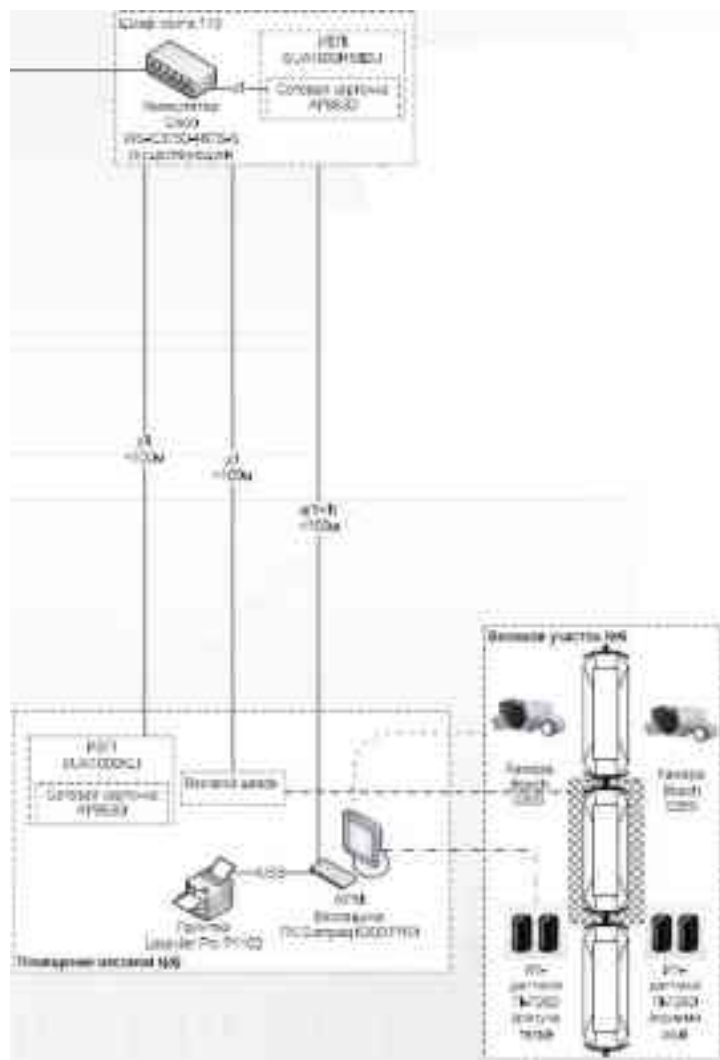


Рисунок 2.12 – Функціональна схема системи.

Після спрацювання інфрачервоних датчиків контролер починає зчитування значення ваги. Сигнали з тензодатчиків складаються за допомогою JBox і після цього отриманий після складання сигнал передається ваговому контролеру. Ваговий контролер ініціює спрацювання події передачі даних на АРМ який відправляє зустрічний сигнал на дозвіл відправки даних. Після прийому значення ваги АРМ-ом оператор виконує всі необхідні операції після яких відбувається друк накладних та передача пакету даних до центральної мережі підприємства.

3 Проектування системи зважування залізничних вагонів

3.1 Вибір обладнання автоматизації польового рівня

Спочатку виберемо надійні тензометричні датчики, які представлені на сучасному ринку пристроїв автоматизації.

Тензометричний датчик MTX 45t компанії Mettler Toledo.

Найважливіший конструктивний елемент вагонних ваг - тензометричний датчик ваги (DigiTAL або MTX). Вбудований мікропроцесор перетворює аналоговий сигнал в цифровий, а також вводить поправку на температуру навколишнього середовища (від -40 до $+45$ ° C). При цьому рівень цифрового сигналу в 6 млн. разів вище, ніж у звичайного датчика з аналоговим виходом. Це дозволяє уникнути спотворень, викликаних впливом сильних електромагнітних полів. Мікропроцесор датчика ваги з функцією діагностики забезпечує легкий пошук несправностей і дає можливість автоматизувати процес калібрування ваг. Результат вимірювань в цифровому вигляді передається по кабелю на ваговий термінал.



Рисунок 3.1 – Загальний вигляд тензометричного датчика MTX 45t

Корпус датчика ваги повністю герметичний, виготовлений з нержавіючої сталі з використанням лазерного зварювання та заповнений інертним газом. Для зменшення зносу опорні поверхні датчика покриті нітридом кремнію. Форма

нижньої п'яти виключає повернення вагового датчика при експлуатації, а сферична форма поверхні верхньої п'яти запобігає виникненню тангенціальної складової навантаження.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики датчика MTX 45t

Напруга живлення	10 В
Вид сили перетворення	стиснення
Вхідний опір	2000 Ом
Вихідний опір	1600 Ом
Максимальна вихідна напруга	5.9 мВ/В
Діапазон робочих температур	-40°C ~ +80°C
Ступінь захисту	IP 68, IP 69K
Матеріал корпусу	Нержавіюча сталь
Інтерфейс з'єднання з контролером	RS 485
Шкала вимірювання	1 тон – 50 тон

Переваги:

- вбудований мікропроцесор який постійно контролює роботу датчика ваги;
- матеріал корпусу датчика – нержавіюча сталь;
- широкий діапазон робочих температур;

Проаналізувавши технічні характеристики та і описи розглянутих датчиків було прийнято рішення використати датчик MTX 45t. Цей датчик має ряд значних переваг.

Вбудований мікропроцесор постійно контролює роботу швидкодіючого датчика ваги POWERCELL MTX і коригує всі похибки, пов'язані зі змінами температури, не лінійністю характеристики, гістерезисом, нестабільністю, відходом нуля, коливаннями напруги живлення і повзучості конструкцій ваг для досягнення максимальної точності результатів зважування. Всі датчики ваги POWERCELL MTX мають захист від блискавки, допускають повне занурення в воду і поставляються зі змінним кабелем та бронею з нержавіючої сталі, що сприяє подовженню терміну служби ваг і зниження витрат на технічне обслуговування. Також необхідно зауважити що обраний датчик має меншу напругу живлення,

більший діапазон робочих температур а також одна з найважливішою функцією є функція автоматичного оцифровування показань тензодатчиків та передача на ваговий контролер по інтерфейсу RS 485.

Для складання сигналів з всіх датчиків в розробленій системі використовується клемна коробка JBox.



Рисунок 3.2 - Прилад для вимірювання ваги JBox

Клемна коробка використовується при виготовленні вагових систем для з'єднання декількох тензодатчиків в одну схему, для захисту резисторів підстройки від впливу факторів навколишнього середовища, а також для розміщення елементів захисту від грози. Клемні коробки CAS використовуються спільно з ваговими терміналами серії CI (нинішня назва популярної серії вагових індикаторів NT). У випадках, коли кабель між клемної коробкою і ваговим індикатором знаходиться поза будівлею, фахівці рекомендують підключати ваговий індикатор до коробку використовуючи пристрій для захисту від гроз. Клемні коробки CAS JB-xP оснащені 3/4/6/8 входами для підключення тензометричних датчиків (залежно від числа "x" в назві моделі коробки), які можуть використовувати як 4-х, так і 6-ти дротове підключення, а також один вхід для підключення вагового терміналу (незалежно від моделі). Клемні коробки CAS виконані за міжнародними стандартами захисту від води і пилу IP65, що робить їх надзвичайно міцними і надійними. Також слід відзначити широкий діапазон робочих температур пристрої (від -40°C до $+40^{\circ}\text{C}$), який дозволяє пристрою нормально функціонувати і взимку, і влітку.

Важливою складовою системи розпізнавання номеру вагону є інфрачервоний датчик.

Інфрачервоний бар'єр Страж П-7260 - призначений для захисту периметра від небажаного вторгнення або детектування руху. Датчик виконаний в антируйнуючому корпусі і має високий рівень пило і волого захисту. Тому буде стабільно і надійно працювати в будь-яких погодних умовах. Він складається з двох частин: приймача і передавача інфрачервоного (ІЧ) сигналу. Приймач і передавач розташовуються одна напроти одного. Таким чином формується невидимий ІК бар'єр. При перетині вагоном такого бар'єру, ІЧ промені перериваються, після чого бар'єр відправляє сигнал системі розпізнавання номеру вагону сигнал про початок розпізнавання.



Рисунок 3.3 - Інфрачервоний бар'єр Страж П-7260

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики ІЧ бар'єру Страж П-7260

Тип бар'єру	провідний
Тип детектування	інфрачервоні промені
Кількість променів	2
Висота бар'єру	170 мм
Максимальна відстань між компонентами бар'єру	60 м
Можливість регулювання спрямованості промінь	присутня
Тип установки	на трубу чи стіну
Робоча напруга	12-24 В DC/11-18 АС
Струм в режимі бездіяльності / тривоги	30/55 мА
Діапазон робочих температур	-25°C ~ +95°C
Робоча вологість	не більше 95%
Інтерфейс	RS 485

Переваги датчика П-7260:

- Легко встановлюється і налаштовується без спеціальних знань;
- Не реагує на рясні опади: дощ, сніг, град;
- Ігнорує тварин;
- Висота інфрачервоного бар'єру становить 17 см;
- Максимальна відстань між приймачем і передавачем становить 60 метрів;
- Завдяки світлодіодним індикації можна легко зрозуміти в якому статусі

знаходиться ІК бар'єр;

- Підтримується будь-якими центральними блоками охоронних сигналізацій, які працюють з НС шлейфами (RS 485);

3.2 Вибір та обґрунтування промислового контролера

Одна з найважливіших частин в проектуванні автоматизованої системи управління є частина вибору контролеру. Саме контролер відповідає за всі основні розрахунки, взаємодію з датчиками, формування управляючих сигналів, відображення необхідної інформації, тощо. В даному випадку необхідно обрати саме «ваговий» контролер. Ваговий контролер відрізняється від звичайних тим, що має на порядок менше розрахункової потужності та кількості модулів, які під'єднуються до нього.

Одним з найвідоміших вагових контролерів є контролер IT8000E.

IT8000E універсальний ваговий термінал для використання у вагових системах, системах дозування і реєстрації даних. Придатний для складних умов навколишнього середовища. З дугами для настільного монтажу чи настінного встановлення. Інтегровані мережеві елементи. Гвинтові з'єднання всіх кабелів. Індустріально підходяща конструкція. Показавши себе стандартні програми та можливість вільного програмування, роблять IT8000 оптимальним ваговим контролером для: ваг для приймання та відвантаження товару. Управління дозуванням з рецептурами. Управління наповненням для наповнення ємкостей чи бігбегів. Для вагових систем будь якого типу з особливостями програмування.

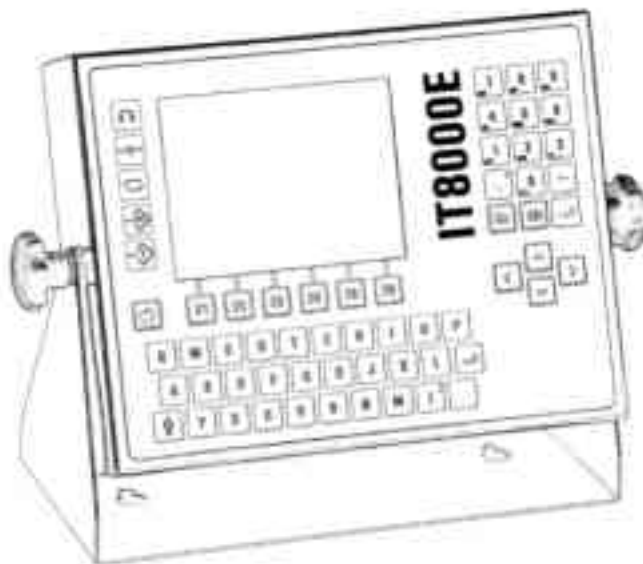


Рисунок 3.3 – Ваговий контролер «IT8000E»

Ваговий термінал побудований модульно, модулі встановлюються за допомогою роз'ємів.

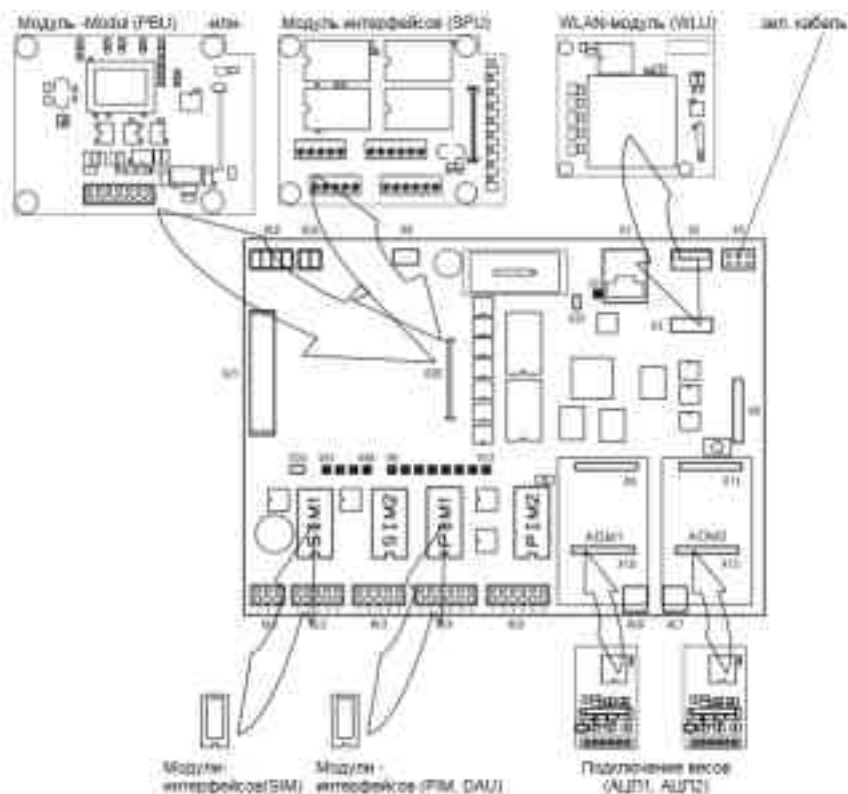


Рисунок 3.4 – Встановлені роз'єми контролер «IT8000E».

Підключення датчиків відбувається через роз'єм для цифрових датчиків а саме через через інтерфейс RS 485 (DWB). Модуль DWM (Digital Weighing Module (Цифровий Ваговий Модуль)) робить можливим підключення цифрових датчиків з живленням 12В і інтерфейсом RS485 (2-х або 4-х провідної) до вагового терміналу.

Можливе підключення таких цифрових датчиків і вагових платформ:

Вагові платформи Sartorius серія IS.

- Датчики HBM серія C16i.
- Датчики Flintec серія RC3D.
- Датчики Revere серія SLC.

Технічні характеристики:

- Основна приведена похибка перетворення коефіцієнта передачі тензоперетворювача в цифровий код, не більше ... 0,02%;

- Лінія зв'язку з тензоперетворювачем трьох провідна (чотирьох провідна);
- Максимальна довжина лінії зв'язку з тензоперетворювачем - 100 м;
- Тип індикатора - P-LED, LCD, VFD;
- Напруга живлення мережі ... від 110 В до 265 В;
- Частота напруги мережі ... 50 Гц +/- 5%;
- Температура навколишнього середовища ... від -40 до +85 °С;
- Час встановлення робочого режиму не більше - 1 хв;
- Цифровий інтерфейс - RS 232, RS 485, USB;
- Протокол обміну - MODBUS (RTU);
- Аналоговий інтерфейс - (4-20) мА, (0-20) мА, (0-5) В;

Відмінні риси вагового контролера IT8000E:

- Модульне встановлення електроніки дозволяє широкую можливість конфігурацій;

- Постійна або перемінна напруга живлення;
- Аналоговий або цифровий ваговий сигнал;
- До 4 серійних входів для RS232, RS485, RS422, 20mA CL
- Різноманітні підключення такі як: Profibus DP, DeviceNet і Interbus.
- Можливість підключення Ethernet.

Проаналізувавши розглянуті вагові контролери а саме їх технічні характеристики та особливості кожного з них було обрано контролер IT8000E. Обраний контролер має модульну концепцію, що значно спрощує побудову будь-якої АСУ. В ньому присутня велика кількість різних протоколів передачі даних, а

саме Profibus DP, DeviceNet, Modbus і Interbus. Присутня можливість підключення Ethernet. Найважливішими з всіх особливостей є присутність таких портів як RS232, RS485, RS422 бо вони необхідні для підключення датчиків, які були обрані раніше, а також наявність EEPROM який знаходиться на модулі DWM в якому можуть зберігатися дані калібрування. За допомогою спеціальної перемички яка на ньому знаходиться ці дані можна захистити від неавторизованого доступу. Також даний контролер має відносно невелику вартість порівняно з іншими.

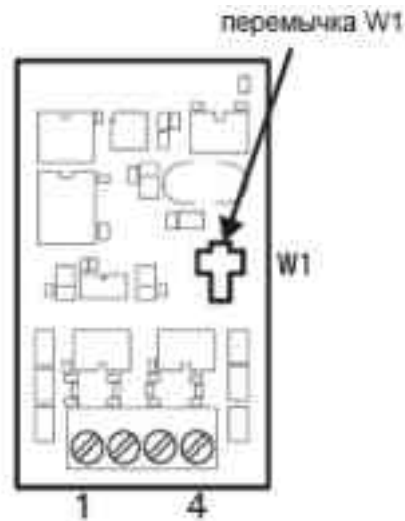


Рисунок 3.5 – Модуль інтерфейса DWB.

4 Розробка програмного забезпечення автоматизованого робочого місця

4.1 Вибір середовища розробки програмного забезпечення автоматизованого робочого місця оператора вагонних вагів

Інтегрованим середовищем розробки програмного забезпечення називають систему програмних засобів, яка використовується програмістами для розробки програмного забезпечення. Зазвичай середовище розробки включає в себе текстовий редактор, компілятор або інтерпретатор, компоновальник, відладчик і довідкову систему. Іноді також містить систему управління версіями і різноманітні інструменти для спрощення конструювання графічного інтерфейсу користувача. Останнім часом, з розвитком об'єктно-орієнтованого програмування, широкого поширення набули середі візуального програмування, в яких найбільш поширені блоки програмного коду представлені у вигляді графічних об'єктів. Найбільш часто використовуваними є візуальні середовища Microsoft Visual Studio, Embarcadero RAD Studio XE6, SharpDevelop та MonoDevelop.

Середовища програмування Visual Studio, Embarcadero, MonoDevelop і SharpDevelop мають кожна свої унікальні властивості. У кожному з цих середовищ можна створювати програмне забезпечення будь-якої складності, але треба відзначити на користь Visual Studio значно більшу інформаційну підтримку:

- Велика кількість книжкової літератури;
- Наявність цілого підрозділу компанії Майкрософт, відповідального за взаємодію фірми з розробниками;
- Онлайн бібліотека MSDN, що містить довідкову документацію, практичні поради, приклади кодів, технічні статті та багато іншого;
- Російськомовна бібліотека RSDN з матеріалами з програмування для Windows російською мовою.

Також потрібно відзначити ще ряд інструментальних переваг середовища програмної розробки Visual Studio:

- Налагодження і профілювання, включаючи аналізатори продуктивності і засоби діагностики для процесора, пам'яті і часу відгуку призначеного для користувача інтерфейсу;

- Найбільш зручна та допрацьована, розробниками, функція завершення коду IntelliSense;

- Інтегрована підтримка каркасів додатків: Windows Presentation Foundation (WPF), Entity Framework, AForge;

- Візуалізація структури програми за допомогою схем UML.

Враховуючі всі перелічені переваги, було прийнято рішення використати, для розробки програмного забезпечення автоматизованого робочого місця оператора вагонних ваг середовище програмної розробки – Microsoft Visual Studio.

В розробленому додатку можна виділити такі основні програмні модулі:

- Отримання зображення з відео камер та накладання ефектів;
- Виділення на зображенні контуру, який потрібно розпізнати;
- Зв'язок з базою даних та отримання моделі.

В описі алгоритмів отримання зображення з камер та накладання потрібних ефектів була використана бібліотека AForge.NET Framework. AForge.NET Framework - open-source фреймворк, призначений для розробників і дослідників в області комп'ютерного бачення і штучного інтелекту (обробка зображень, отримання зображень з камер, нейронні мережі, робототехніка та інше).

Фреймворк являє собою набір бібліотек, кожна з яких призначена для вирішення певного роду завдань:

- AForge.Imaging - бібліотека з фільтрами і розрахунками для обробки зображень;
- AForge.Vision - бібліотека машинного зору;
- AForge.Neuro - бібліотека для роботи з нейронними мережами;;
- AForge.Fuzzy - бібліотека нечітких обчислень;
- AForge.Machine Learning - бібліотека для машинного навчання;
- AForge.Robotics - бібліотека, що надає підтримку деяких Robotics kits;
- AForge.Video - набір бібліотек для обробки відео.

В представленому додатку було використано тільки бібліотеку з фільтрами та набір бібліотек для обробки відео. Необхідно зазначити, що розпізнавання номеру вагону відбувається на серверній частині на якій було використано бібліотеку для роботи з нейронними мережами (мережа Хопфілда).

Алгоритм виділення на зображенні контуру, який потрібно розпізнати було реалізовано за допомогою бібліотеки OpenCV. OpenCV - це бібліотека, яка до 1-ї версії розроблялася в центрі розробки програмного забезпечення Intel. Написана представлена бібліотека на мові високого рівня (C / C++) і містить алгоритми для: інтерпретації зображень, калібрування камери за зразком, усунення оптичних спотворень, визначення подібності, аналіз переміщення об'єкта, визначення форми об'єкту та стеження за об'єктом, 3D-реконструкція, сегментація об'єкта, розпізнавання жестів та багато іншого. Ця бібліотека дуже популярна за рахунок своєї відкритості та можливості безкоштовно використовувати як в навчальних, так і комерційних цілях. Фактично, OpenCV - це набір типів даних, функцій і класів для обробки зображень алгоритмами комп'ютерного зору.

Основні модулі бібліотеки OpenCV:

- `opencv_core` - основна функціональність. Включає в себе базові структури, обчислення (математичні функції, генератори випадкових чисел) і лінійну алгебру;
- `opencv_imgproc` - обробка зображень (фільтрація, геометричні перетворення) ;
- `opencv_ml` - моделі машинного навчання (SVM, дерева рішень, навчання зі стимулюванням);
- `opencv_features2d` - розпізнавання і опис плоских примітивів;
- `opencv_video` - аналіз руху і відстеження об'єктів (оптичний потік, шаблони руху, усунення фону) ;
- `opencv_objdetect` - виявлення об'єктів на зображенні;
- `opencv_flann` - бібліотека швидкого пошуку найближчих сусідів (FLANN 1.5) і обгортки OpenCV;
- `opencv_calib3d` - калібрування камери, пошук стерео-відповідності та елементи обробки тривимірних даних.

Для реалізації виділених в технічному завданні функцій було використано такі бібліотеки OpenCV: `opencv_core` (основна функціональність), `opencv_imgproc` (обробка зображень), `opencv_objdetect` (виявлення об'єктів на зображенні).

Зв'язок з базою даних та отримання моделі реалізовано за допомогою Entity Framework. Entity Framework являє собою спеціальну об'єктно-орієнтовану технологію на базі фрейм ворка .NET для роботи з даними. Якщо традиційні засоби ADO.NET дозволяють створювати підключення, команди та інші об'єкти для взаємодії з базами даних, то Entity Framework являє собою більш високий рівень абстракції, який дозволяє абстрагуватися від самої бази даних і працювати з даними незалежно від типу сховища. Якщо на фізичному рівні програміст працює з таблицями, індексами, первинними і зовнішніми ключами, то на концептуальному рівні, який пропонує Entity Framework, робота виконується вже безпосередньо з об'єктами. Центральною концепцією Entity Framework є поняття сутності або entity. Сутність представляє собою набір даних, асоційованих з певним об'єктом. Тому дана технологія передбачає роботу не з таблицями, а з об'єктами і їх наборами. Будь-яка сутність, як і будь-який об'єкт з реального світу, має низку властивостей. Наприклад, якщо сутність описує людини, то можна виділити такі властивості, як ім'я, прізвище, зріст, вік, вага. Властивості необов'язково представляють прості дані типу `int`, а й можуть представляти більш комплексні структури даних. І у кожної сутності може бути одне або декілька властивостей, які будуть відрізняти цю сутність від інших і будуть унікально визначати цю сутність. Подібні властивості називають ключами. Відмінною рисою Entity Framework є використання запитів LINQ для вибірки даних з БД. За допомогою LINQ ми можемо не тільки отримувати певні рядки, що зберігають об'єкти, з бази даних, а й отримувати об'єкти, пов'язані різними асоціативними зв'язками. Іншим ключовим поняттям є Entity Data Model. Ця модель зіставляє класи сутностей з реальними таблицями в базі даних.

Entity Framework передбачає три можливі способи взаємодії з базою даних:

- Database first: Entity Framework створює набір класів, які відображають модель конкретної бази даних;

- Model first: спочатку розробник створює модель бази даних, по якій потім Entity Framework створює реальну базу даних на сервері;
- Code first: розробник створює класи моделі даних, які будуть зберігатися в базі даних, а потім Entity Framework за цією моделлю генерує базу даних і її таблиці.

4.2 Розробка інтерфейсу автоматизованого робочого місця оператора вагонних вагів

Важливою частиною в будь якій системі що розробляється є зрозумілий та функціональний інтерфейс користувача (GUI). Графічний інтерфейс користувача - різновид призначеного для користувача інтерфейсу, в якому елементи інтерфейсу (меню, кнопки, значки, списки), представлені користувачеві на дисплеї , виконані у вигляді графічних зображень.

Розроблений додаток спроектований по технології багатодокументного інтерфейсу. Багатодокументний інтерфейс (Multiple document interface, MDI) - спосіб організації графічного інтерфейсу користувача, що передбачає використання віконного інтерфейсу, в якому більшість вікон (виключаючи, як правило, тільки модальні вікна) розташовані всередині одного загального вікна.

Загальне або головне вікно програми надає можливість доступу до всіх служб і функцій додатку а також перегляду інформації про стан модулів.



Рисунок 4.1 –Зовнішній вигляд головного вікна програми.

Головне вікно програми складається з трьох областей:

- Головне меню;
- Робоча область;
- Інформація про стан модулів.

Головне меню містить повний комплекс інструментів, які знадобляться для роботи з системою вагонних ваг. Воно складається з наступних вкладок:

- Вкладка «Служби» - необхідна для запуску служб розпізнавання номеру вагону та зв'язку з ваговим контролером;
- Вкладка «Зважування» - використовується оператором в разі необхідності заповнення бланку зважування при виникненні помилок або збоїв в роботі будь якої з служб;
- Вкладка «Архіви та звіти» - за допомогою цієї вкладки оператор може переглядати архіви зображень, створювати транспортні накладні на вагони, створювати звіт по закінченню зміни та переглядати записи в базі даних по заданим критеріям;
- Вкладка «Про програму» - викликає модальне вікно з інформації про розробника даного додатку.

Робоча область (Рисунок 4.1) необхідна для розміщення на ній усіх вікон, з якими працює оператор в даний момент.

Область інформації стану модулів містить оперативну інформацію щодо роботи кожного з модулів. При відмові в роботі будь якого з модулів, додаток в графічному вигляді проінформує оператора.

При ввімкненні модулю розпізнавання номеру вагонів, з відповідної вкладки меню головного вікна програми, відкриється форма розпізнавання. Основним завдання даної форми є перегляд зображень з відео камер, перегляд області з номером вагону після накладання фільтру та візуальний контроль оператором розпізнаного номеру вагону. Для реалізації описаних завдань на дану форму було додано три елементи для перегляду зображень та текстове поле для контролю розпізнаного номеру вагону.

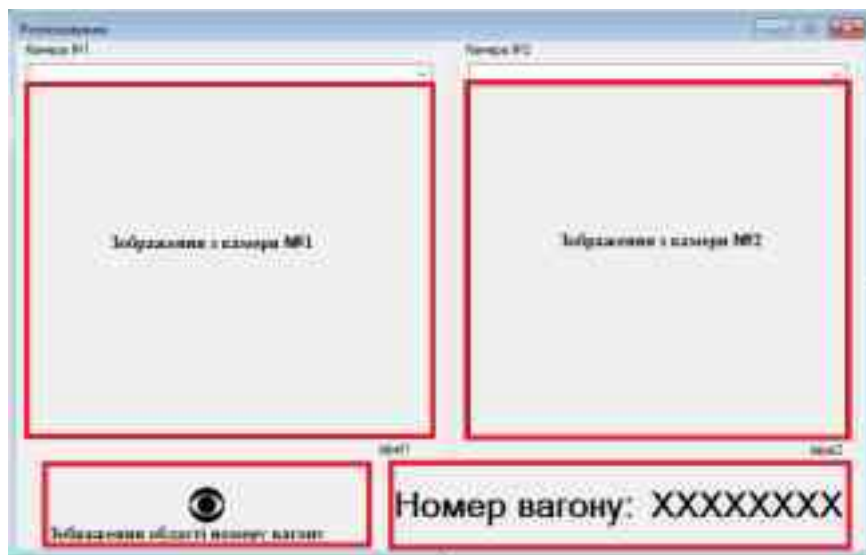


Рисунок 4.2 –Зовнішній вигляд вікна модулю розпізнавання номеру вагону.

Для контролю напрямку руху залізничного складу, відображення маси вагону, визначення перевантаження та визначення режиму роботи системи було розроблено службу зв'язку з ваговим контролером, а саме форму відображення всіх перерахованих параметрів, яка складається з трьох основних областей:

- Область візуального контролю, основним завдання якої є відображення напрямку руху вагону та визначення положення вагону на вагах. Напрямок руху та положення вагону на вагах було реалізовано в вигляді анімації;

- Область визначення по осьового перевантаження вагону - ця область складається з схематичного зображення кожної з платформ вагів, які зафарбовуються в відповідний колір при зважуванні вагону. При правильному завантаженні вагону зображення обох платформ зафарбовується в зелений колір а при виявленні

перевантаження на одній з платформа вона буде зафарбована в червоний колір. Також перевантаження в цифровій формі буде відображено в текстовому полі;

- Область відображення даних та управління завершенням обраного режиму зважування. Завданням даної області є відображення загальної ваги вантажу, який знаходиться на вагах, перевантаження будь якої з осей, режиму зважування та управління завершенням зважування. Параметри зважування відображаються в відповідних текстових полях. Управління завершенням поточного режиму зважування відбувається за допомогою кнопок: «Зважування закінчено» та «Тарування закінчено». Під управлінням закінчення зважування розуміється сповіщення вагового контролеру про завершення зважування рухомого складу, в відповідному режимі та початок процесу друку звіту.

Реєстрація зважування вагонів відбувається за допомогою форми «Зважування». Під реєстрація розуміється занесення необхідних параметрів до бази даних. На даній формі присутні такі поля: Оператор; Статус зважування; Тип зважування; Тип переміщення; Номер зважування; Номер документу; Номер поставки; Номер вагону; Відправник; Отримувач; Номенклатура; Тара; Брутто; Нетто; Зміщення ліво; Зміщення право.

Для внесення номеру вагону отриманого від служби розпізнавання в відповідне поле була додана спеціальна кнопка (Рисунок 4.3).



Рисунок 4.3 –Зображення кнопки отримання номеру вагону.

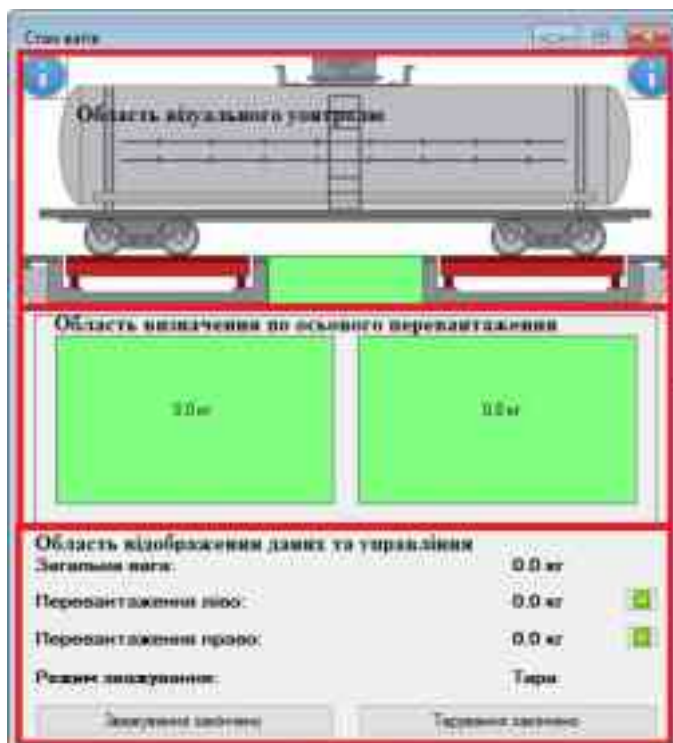


Рисунок 4.4 –Зовнішній вигляд вікна модулю стану вагів.

Для отримання значень тари і брутто від служби зв'язку з ваговим контролером було додано кнопку, яка зображена на рисунку 4.5.



Рисунок 4.5 –Зображення кнопки отримання значень тари та брутто.

Всі інформаційні поля в яких відображаються дані для занесення в базу даних було реалізовано за допомогою текстових полів та списків. Також на даній формі присутня область візуального контролю перевантаження вагону.

Занесення даних до бази даних відбувається при натисканні на кнопку «Зареєструвати». Якщо в текстові поля були занесені не коректні дані, або було виявлено перевантаження по одній з осей вагону програма відкриє модальне вікно з попередженням, після перегляду якого форма «Зважування» автоматично закриється і поточний вагон буде доданий до списку вагонів, які були відправлені на дозування.

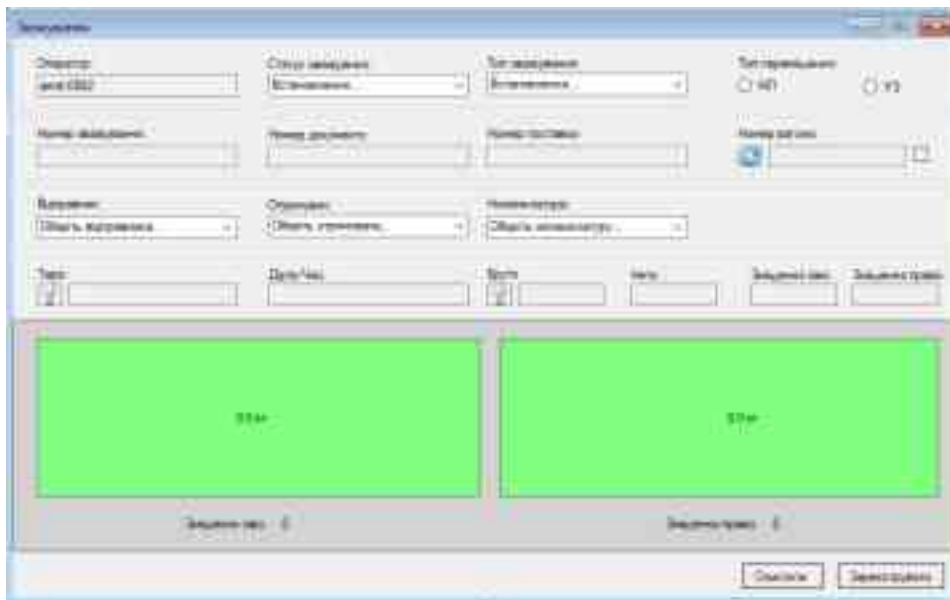


Рисунок 4.6 – Зовнішній вигляд вікна реєстрації зважування.

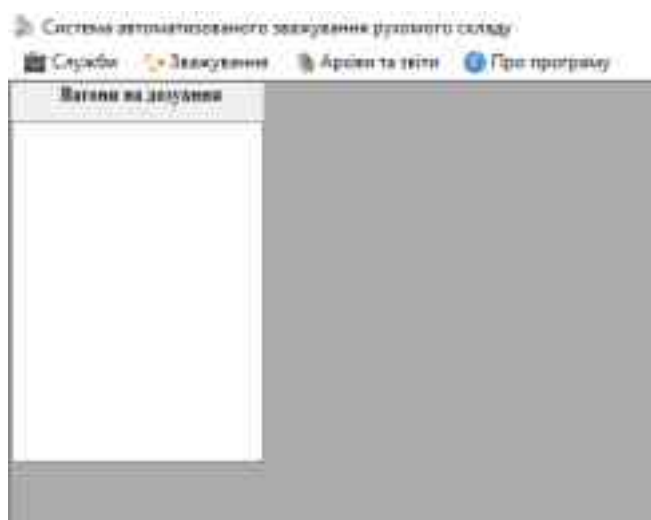


Рисунок 4.7 – Зовнішній вигляд вікна вагонів, які були відправлені на дозування.

Вікно «Архів зображень» реалізовано в вигляді форми в якій присутні дві робочі області: вибір зображення та перегляд обраного зображення. Область вибору зображення представлена в вигляді складного списку дат, а область перегляду зображення реалізована за допомогою елемента відображення графічних елементів.

При натисканні на необхідну дату відкривається список з номерами вагонів які були зафіксовані. Обравши необхідний вагон та одне з двох зображень, які закріплені за ним воно буде відображено в області перегляду зображень.

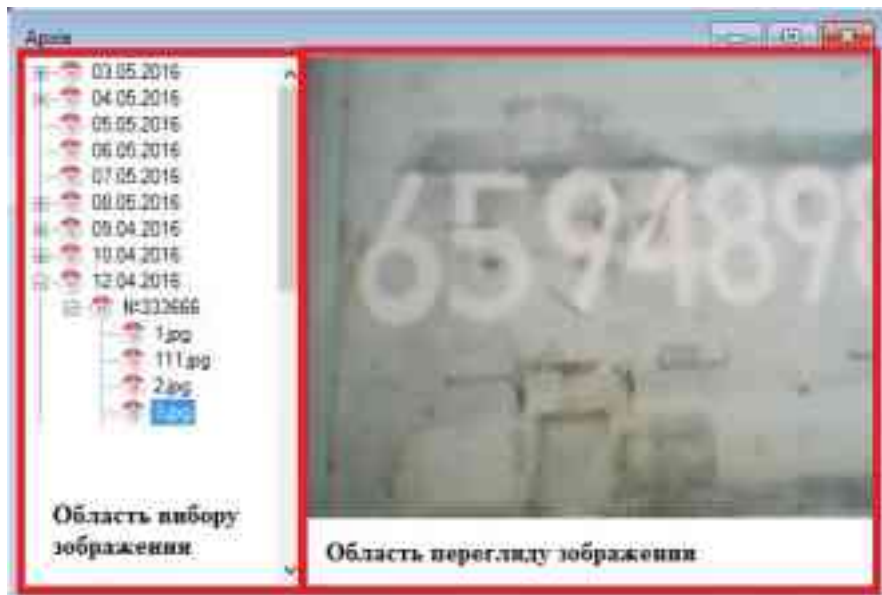


Рисунок 4.8 –Зовнішній вигляд вікна перегляду архівних зображень вагонів.

Створення транспортних накладних для вагонів відбувається за допомогою відповідної форми. Запуск цієї форми відбувається натискання на вкладку «Створення т/н» меню головного вікна програми. Для розроблення цієї форми було використано текстове поле, кнопку, та графічний елемент report viewer. Текстове поле використовується для ведення номер вагону для якого потрібно створити транспортну накладну, а кнопка для пошуку інформації про зважування даного вагону в базі даних. Графічний елемент report viewer представлений в вигляді меню з областю відображення сформованого звіту.

Вкладки, які реалізовані в меню report viewer: Перегляд наступної сторінки транспортної накладної; Видалення накладної; Оновлення накладної; Друк накладної; Параметри сторінки накладної; Збереження накладної в вигляді файлу з можливістю вибору формату файлу; Зміна масштабу перегляду накладної; Пошук по змісту накладної.

Інформація яка присутня в транспортній накладній: Номер вагону; Відправник; Отримувач; Номенклатура; Тара; Брутто; Нетто.

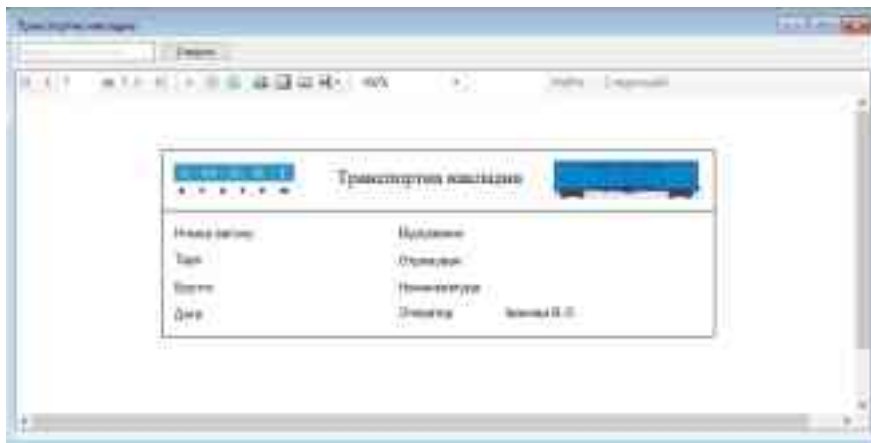


Рисунок 4.9 –Зовнішній вигляд вікна створення транспортної накладної.

В формі створення звіту за зміну також використані текстове поле, кнопка та графічний елемент report viewer. В текстове поле необхідно ввести дату за яку необхідно сформувати звіт та натиснути кнопку «Створити». Звіт який буде сформований містить наступну інформацію: Номер зважування; Номер документа; Номер поставки; Номер вагону; Відправник; Отримувач; Номенклатура; Тара; Брутто; Нетто.

Номер вагону	Номер документа	Номер поставки	Номенклатура	Відправник	Отримувач	Тара	Зв'язок	Нетто
01111111	111	111	Автомобільний	Товари	Підприємство	1.1	1.1	1.1
01111111	111	111	Автомобільний	Товари	Підприємство	1.1	1.1	1.1
01111111	111	111	Автомобільний	Товари	Підприємство	1.1	1.1	1.1

Рисунок 4.10 – Зовнішній вигляд вікна створення звіту за зміну.

В розробленому додатку також є можливість перегляду записів проведених зважувань в базі даних. Для перегляду записів реалізована спеціальна форма. Записи бази даних на формі відображаються в графічному елементі «Переглядач таблиці». Крім безпосередньо перегляду записів реалізована можливість пошуку необхідних записів по обраному критерію. Список критеріїв представлений в вигляді випадаючого списку. Для введення значення пошуку було додано

графічний елемент – текстове поле, а для виконання пошуку по записам бази даних за обраним критерієм реалізована кнопка «Пошук».

Список критеріїв за якими можна виконати пошук: Номер зважування; Номер документу; Номер вагону; Дата.

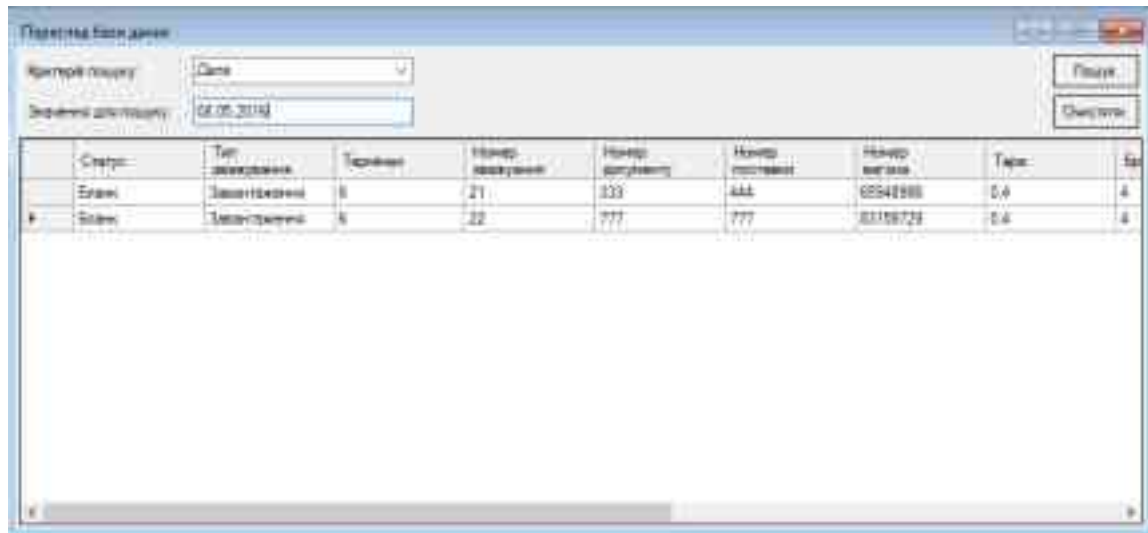


Рисунок 4.11 – Зовнішній вигляд вікна перегляду записів бази даних.

4.3 Розробка програмної документації для автоматизованого робочого місця оператора вагонних вагів

В розробленому додатку можна виділити декілька основних блоків програмного коду, які забезпечують коректне функціонування системи в цілому:

- Блок перевірки роботи модулів та служб;
- Блок з'єднання та отримання даних від вагового контролеру;
- Блок запуску служби розпізнавання номеру вагону;
- Блок зв'язку з сервером бази даних;
- Блок формування звіту.

Для повноцінної роботи додатку необхідно постійно перевіряти з'єднання з мережею інтернет, з'єднання з сервером бази даних а також перевіряти чи запуснені служби розпізнавання та з'єднання з ваговим контролером. В розробленому додатку перевірка з'єднання з мережею інтернет та сервером бази даних реалізовано за допомогою використання асинхронної моделі програмування, тобто існують два потоки, які паралельно виконанню основного потоку виконують спробу підключення до необхідних модулів. Якщо при спробі підключення була

виявлена помилка тоді робота додатку буде завершена. Потоки, які виконують перевірки: Internet і DB. Вхідним параметром для кожного з потоків є назва функції, яка буде виконуватися в ньому, для потоку Internet це функція ConnectionAvailable, а для DB функція ConnectionAvailable_DB.

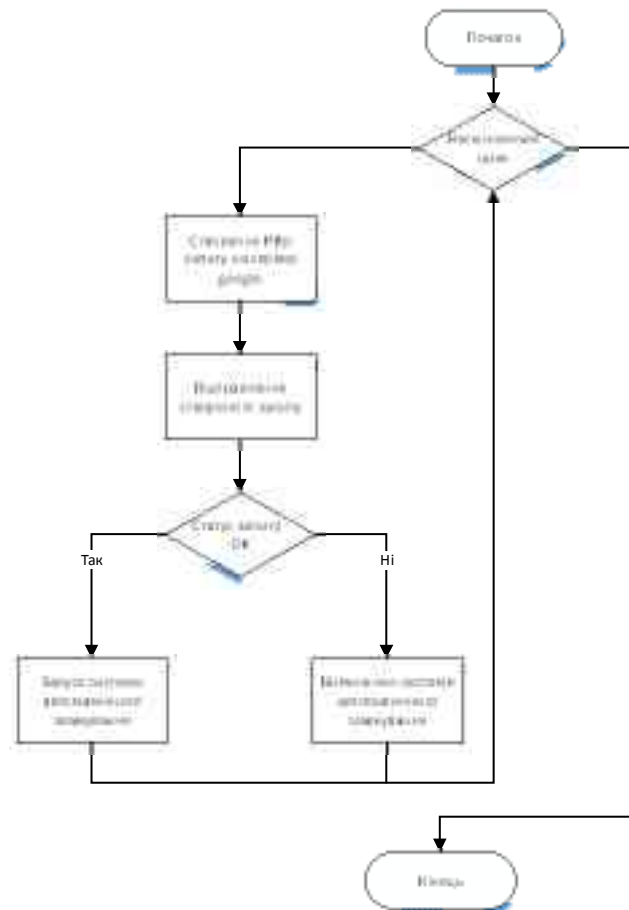


Рисунок 4.12 – Блок схема роботи функції перевірки з’єднання з мережею інтернет (ConnectionAvailable).

Перевірка роботи служб розпізнавання та зв’язку з ваговим контролером виконується за допомогою подій (event): Check_online та Chek_sost. Події працюють наступним чином, якщо подія була викликана з програмного коду то далі буде виконана функція, яка була передана події як кастомний параметр для делегату. Можна розглядати події, як деякий аналог використанню потоків. Після виклику події Check_online буде виконана функція Handler а після виклику Chek_sost функція sost_sw.

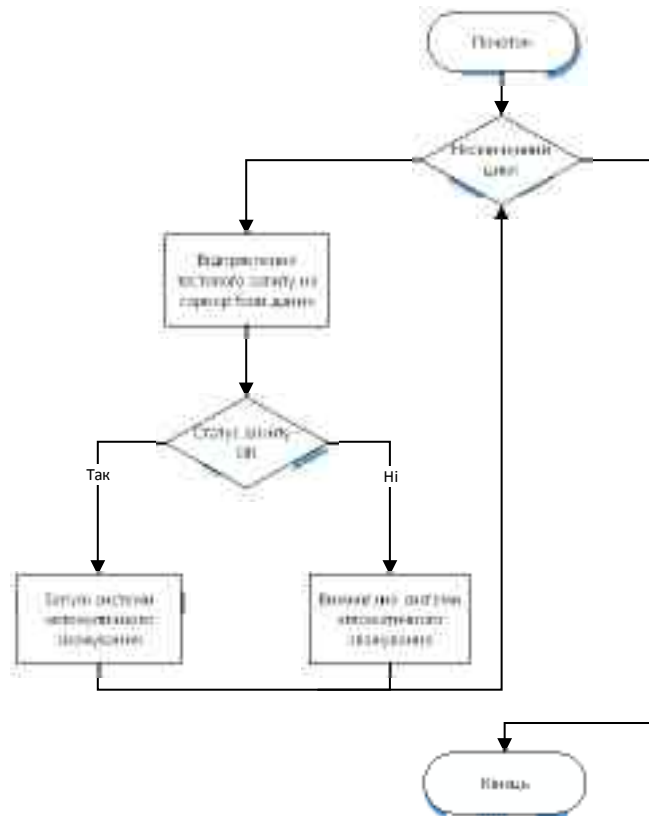


Рисунок 4.13 – Блок схема роботи функції перевірки з’єднання з сервером бази даних (ConnectionAvailable_DB).

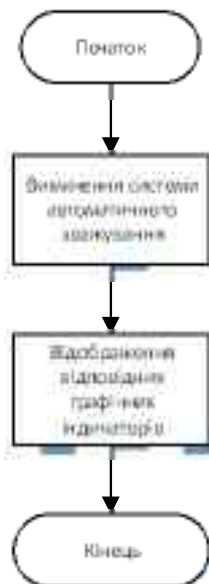


Рисунок 4.15 – Блок схема роботи функцій перевірки роботи служб розпізнавання та зв’язку з ваговим контролером (Handler та sost_sw).

До блоку з’єднання та отримання даних від вагового контролеру належить клас SW. Після запуску користувачем служби зв’язку з ваговим контролером одразу відбувається спроба підключення до контролеру за допомогою послідовного порту а саме класу SerialPort. Для створення об’єкту класу SerialPort необхідно в якості параметрів передати швидкість передачі даних та назву

послідовного порту. Наступним кроком є створення підписки на подію отримання даних від вагового контролеру. Для створення підписки необхідно вказати назву функції (Myport_DataReceived), яка буде виконуватися при виникненні події для властивості об'єкту класу SerialPort. Завершенням встановлення зв'язку з контролером є виклик функції Open об'єкту створеного класу SerialPort. При надходженні даних від контролеру відбувається виклик функції ReadLine, яка повертає отримані дані від контролера в строковому представленні. Після отримання даних відбувається їх розбір та виклик однієї з функцій:

- Left_func (при русі вагону в режимі тарування). Дана функція відповідає за запуск анімації руху вліво та встановлення режиму тарування.
- Right_func (при русі вагону в режимі взяття брутто). Дана функція відповідає за запуск анімації руху вправо та встановлення режиму взяття брутто;
- Run_func (при знаходженні вагону на вагах). Дана функція відповідає за відображення значень ваги в відповідних полях програми, розрахунок зміщення вантажу та його візуалізацію.



Рисунок 4.16 – Блок схема роботи функції отримання та розбору даних від вагового контролеру (подія Myport_DataReceived).

Блок запуску служби розпізнавання номеру вагону починає свою роботу тільки після того, як функція зв'язку з ваговим контролером Run_func встановить значення змінної online в значення true. Після встановлення даної змінної буде викликана функції StartCameras класу Online, яка створить два відео потоки і отримані кадри встановить в відповідні візуальні елементи форми. Для отримання кадру з відео потоку, який буде відправлений функції розпізнавання була створена подія videoSourcePlayer_NewFrame. Дана подія з створеного відео потоку отримує поточний кадр і зберігає його в змінну sourceImage для подальшого використання. Наступним кроком є виклик функції ApplyFilter, яка виконує накладання фільтру на кадр, який зберігається в змінній sourceImage. Після накладання фільтру виконується розпізнавання тексту з зображення викликом функції StartRecognize. Ця функція повертає результат розпізнавання в строковому представленні.



Рисунок 4.17 – Блок схема роботи блоку програмного коду розпізнавання номеру вагону.

Блок зв'язку з сервером бази даних був реалізований за допомогою конструктора моделі бази даних (Entity Framework).

Для перегляду бази даних і відображення записів в табличному графічному елементі було створено об'єкт класу моделі бази даних `AWSEntities` та викликано метод `RegistrationToList`.

Пошук по записам бази даних реалізований за допомогою LINQ запитів та об'єкту створеного раніше класу `AWSEntities`. Приклад виклику функції з заданим параметром пошуку: `Registration.Where(em => em.id == a).ToList()`. В даному прикладі змінна «а» встановлюється користувачем за допомогою графічного текстового елементу форми.

Блок формування звіту реалізований за допомогою елементу `reportviewer`. Формування даних для внесення в поля звіту виконується за допомогою функції `RegistrationTableAdapter.Fill` яка приймає такі параметри: посилання на об'єкт моделі бази даних та критерій пошуку відповідних записів в базі даних (в даному випадку номер вагону). Після сформування даних використовується функція для оновлення візуального елементу – `RefreshReport`.

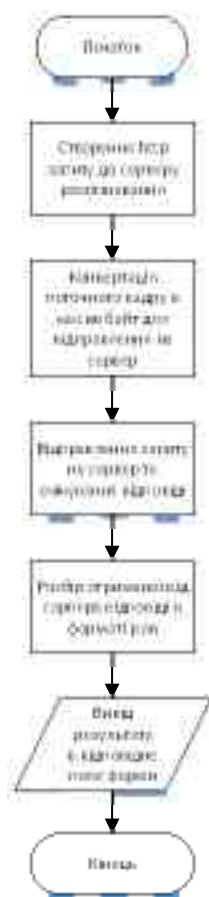


Рисунок 4.18 – Блок схема роботи функції розпізнавання номеру вагону.

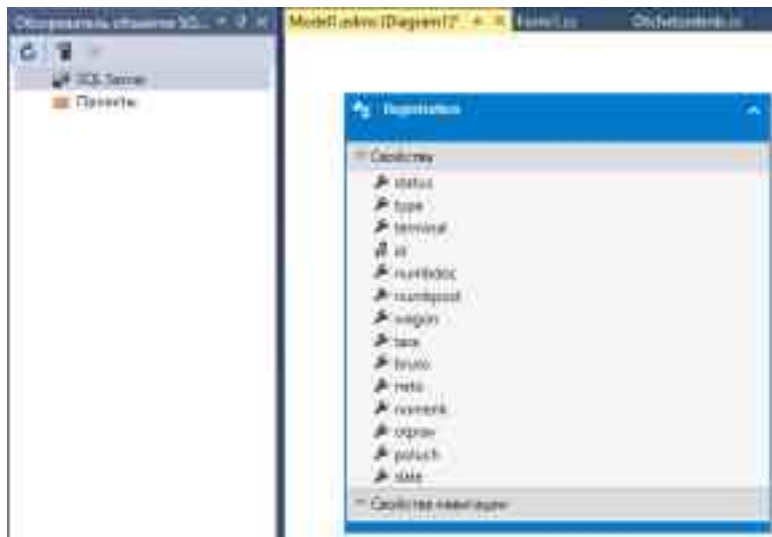


Рисунок 4.19 – Модель розробленої бази даних.

4.4 Практична апробація системи автоматизованого зважування вагонів

Для демонстрації розробленої системи та безпосереднього тестування програмного забезпечення було розроблено макет автоматизованої системи зважування вагонів.

До складу макету входять наступні пристрої:

- Два тензорезистори (FSR). Ці резистори змінюють свій опір залежно від сили, прикладеної до диска. Чим більший тиск, тим менше опір. Без тиску опір становить більше 1 МОм. Резистор здатний зафіксувати вагу від 100 г до 10 кг;
- Два фото резистори. Фото резистор - напівпровідниковий прилад, що змінює величину свого опору при опроміненні світлом. В даній системі використовується для визначення знаходження вагону на платформі та напрямку його руху;
- Два потужні світлодіоди. Світлодіоди використовуються в парі з фото резисторами і служать для визначення знаходження вагону на платформі та напрямку його руху;
- Контролер Arduino UNO. Даний контролер імітує роботу вагового контролеру. Його основними функціями є фіксування напрямку руху вагонів, отримання показників маси з датчиків, фіксування положення вагону на вагах та

передача отриманих даних через послідовний порт в розроблене програмне забезпечення;

– Дві відео камери, які використовуються для отримання зображення процесу зважування вагонів.

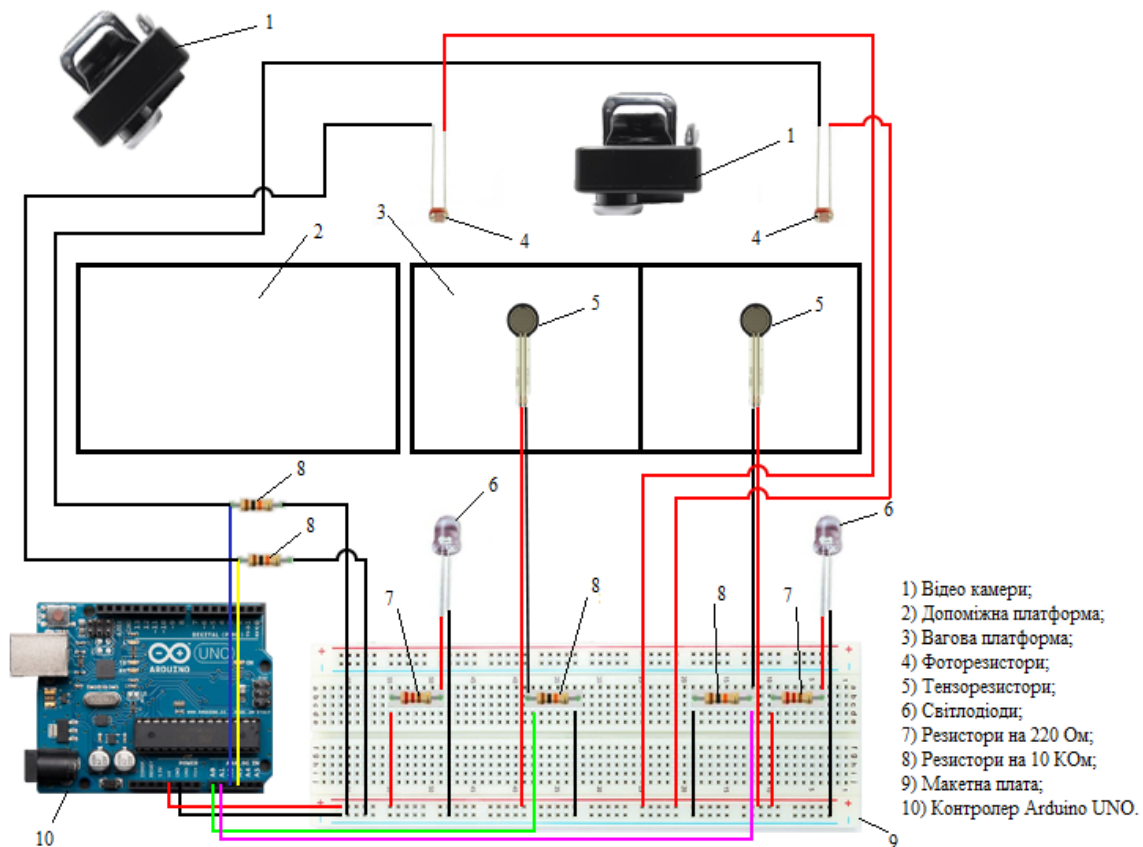


Рисунок 4.20 – Схема макету автоматизованої системи зважування вагонів.

Макет працює наступним чином. Світлодіоди знаходяться напроти фото резисторів, таким чином світло з діодів потрапляє в робочу область резисторів. Поки світло потрапляє на резистори контролер знаходиться в режимі очікування. Як тільки на один з резисторів не буде потрапляти світло з відповідного діоду, контролер зафіксує напрямок з якого рухається вагон і відправить в послідовний порт масив байт, якому відповідає поточний напрямок руху вагону (left, right). В випадку коли світло з діодів не буде потрапляти одразу на обидва фото резистори контролер почне зчитування значення маси з обох датчиків так як буде вважати що вагон правильно розташований на вагах. Після зчитування значень ваги контролер відправить в послідовний порт масив байт, якому буде відповідати сформований рядок з показниками маси та напрямком руху вагону (20/20/left або 20/20/right).

ВИСНОВОК

В ході виконання випускної кваліфікаційної роботи було розглянуто особливості технологічного процесу завантаження та зважування готової продукції в умовах складу СПЦ–2. Особливу увагу при описі приділено процесу зважування продукції перед відправленням замовнику. Виконано аналіз існуючої системи автоматизації процесу зважування готової продукції та виявлено її недоліки.

Проведено опис математичного забезпечення. Також в було обрано технічне забезпечення автоматизованої системи зважування вагонів. Особливу увагу було приділено вибору технічної складової автоматизованої системи.

Детально описано алгоритми та методи, які використовуються при розпізнаванні номеру вагону та калібруванні вагонних ваг. Для розпізнавання номеру вагону було спроектовано та використано нейронну мережу Хопфілда, а також для покращення роботи самої мережі було використано алгоритми попереднього перетворення та покращення зображення, що надходить. Також було виконано аналіз технічних пристроїв представлених на сучасному ринку промислової автоматизації.

Також було розглянуто середовища розробки програмного забезпечення, обґрунтовано принцип реалізації та складу програмних модулів, спроектовано інтерфейс автоматизованого робочого місця та складено програмну документацію.

Інтерфейс автоматизованого робочого місця оператора вагонних ваг, був розроблений і повністю відповідає технічному завданню.

ЛІТЕРАТУРА

1. Попович М.Г., Ковальчук О.В. Теорія автоматичного керування. Львів: Либідь, 1997. 544 с
2. Моделювання електромеханічних систем. / Чорний О.П. та ін. Кременчук, 2001. 410с.
3. Матвійчук В.А., Веселовська Н.Р., Шаргородський С.А. Математичне моделювання новітніх технологічних систем. Вінниця: 2021. 193 с.
4. Головка Д.Б. та ін. «Автоматика і автоматизація технологічних процесів» – К.: Либідь, 1997. – 232 с.
5. Танатар А.И. «Элементы промышленной автоматике и их динамические свойства» – «Техніка», 1975 – 232с.
6. Весы, весовые дозаторы, системы взвешивания и дозирования: Справочник. В 2 кн. Кн. 1 / В.А. Орлов, Н.Б. Копытчук, В.Ц. Стебновский, В.В. Горелкин / Под ред. Н.П. Никитинского. Одесса: Астропринт, 2001. 396 с.
7. Скрипник Ю.А. Методы преобразования и выделения измерительной информации из гармонических сигналов. Київ: Наукова думка, 1971. 276с.
8. Ю.О. Ушенко, М.С. Гавриляк, М.В. Талах, В.В. Дворжак. Основи та методи цифрової обробки сигналів: від теорії до практики. Чернівці: Чернівецький нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2021. 308 с.
9. Цифрова обробка аудіо- та відеоінформації у мультимедійних системах / О.В. Дробик та ін. – Київ: Наукова думка, 2008. 144 с.
10. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Цифрова обробка сигналів». Для студентів напрямку 0501 01 – «Комп'ютерні науки» / Укл.: О.І. Михальов, В.В. Гнатушенко, В.В. Гнатушенко. Під ред. О.І. Михальова. – Дніпропетровськ: НМетАУ, 2012. – 76 с.
11. Лазарев Ю.Ф. MATLAB 5.x. Київ: Издательская группа BHV, 2000. 384 с.
12. Кашпій О.В. Вейвлет-перетворення у компресії та обробці зображень / О.В. Кашпій, О.І. Коваль, Б.П. Русин. Львів: Сполом. 2008. 208с.
13. Gonzalez R. C., Woods R. E. Digital Image Processing: Prentice Hall, 2002. 813 p.

14. Нейроподібні методи, алгоритми та структури обробки зображень у реальному часі: монографія / Ю. М. Рашкевич, Р. О. Ткаченко, І. Г. Цмоць, Д. Д. Пелешко ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львів. політехніка». Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2014. 256 с.
15. Шаховська, Н. Б. Системи штучного інтелекту. / Н. Б. Шаховська, Р. М. Камінський, О. Б. Вовк. – Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2018. 391 с.
16. Image Processing Toolbox [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://www.mathworks.com/help/images/index.html>
17. Інтегрований вебсайт книг Gonzalez R. C., Woods R. E. Digital Image Processing та Gonzalez R. C., Woods R. E., Eddins S.L. Digital Image Processing Using MATLAB [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.imageprocessingplace.com/>
18. Фриз М.Є., Стадник М. А Обробка сигналів та зображень / Конспект лекцій з дисципліни. Тернопіль: ТНТУ, 2015. 97 с.
19. Жураковський Ю.П., Полторак В.П. Теорія інформації та кодування. Київ: Вища школа, 2001. 225 с.