

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ПРИАЗОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

СЕРГІЄНКО АНАСТАСІЯ ВАЛЕНТИНІВНА

УДК 004.4/9'24:669.162.266.242

ДИСЕРТАЦІЯ
МОДЕЛІ ТА МЕТОД ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ
НОМЕРА ЧАВУНОВІЗНОГО КОВША ЗА ЙОГО ЗАШУМЛЕНИМ
ФОТОЗОБРАЖЕННЯМ

05.13.06 – інформаційні технології

технічні науки

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело
_____ А. В. Сергієнко

Науковий керівник
доктор технічних наук, професор

Каргін Анатолій Олексійович

*Ідентичність всіх примірників дисертації
ЗАСВІДЧУЮ:
Вчений секретар спеціалізованої вченої
ради К 29.051.16*

/Сафонова С.О./

Маріуполь – 2021 р.

АНОТАЦІЯ

Сергієнко Анастасія Валентинівна. Моделі та метод інформаційної технології ідентифікації номера чавуновізного ковша за його зашумленим фотозображенням. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 05.13.06 «Інформаційні технології». – Державний вищий навчальний заклад «Приазовський державний технічний університет», Міністерство освіти і науки України, Маріуполь, Східноукраїнський національний університет імені Володимира Даля, Міністерство освіти і науки України, Сєвєродонецьк, 2021.

У дисертаційній роботі запропоновано рішення актуальної науково-практичної задачі розробки нової інформаційної технології ідентифікації об'єкту за його зашумленим фотозображенням.

Об'єкт дослідження – ідентифікація зашумлених зображень.

Предмет дослідження – автоматизація обліку чавуновізних ківшів за фотозображенням їх номеру.

Методи досліджень зумовлені поставленими завданнями та специфікою аналізованого об'єкта, це: методи обробки зображень, методи фільтрації і бінаризації, теорії експерименту і комп'ютерного моделювання для перевірки адекватності розроблених методів, апарат нечітких множин, методи об'єктно-орієнтованого проектування, методи, засоби і технології об'єктно-орієнтованого програмування.

Практична значимість отриманих результатів. Розроблений метод обробки застосований в інформаційній технології ідентифікації номеру об'єкту на зображенні є універсальним та може використовуватися в різних завданнях розпізнавання і ідентифікації об'єктів на зображенні. Розроблені і вдосконалені методи попередньої обробки зображення – фільтрації та бінаризації, локалізації інформативної області на зображенні, а також ідентифікації порівнянням локалізованого зображення з еталонним на основі нечіткої характеристики –

реалізовані у вигляді пакету прикладних програм, що дозволяє використати їх на кафедрі інформатики ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет» в навчальному процесі при викладанні дисциплін «Сучасні скриптові мови програмування» та «Обробка зображень та мультимедіа» для студентів спеціальності 122 Комп'ютерні науки. Практичні результати дисертаційної роботи використані в НДР на кафедрі інформатики ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», впроваджені в навчальний процес на кафедрі інформатики ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет» та передані для використання в ПрАТ «ММК ім. Ілліча».

У першому розділі показано що проблему ідентифікації чавуновізного ковша у контурі автоматизації обліку продукції на металургійному підприємстві може бути подолано, якщо вирішити завдання автоматичної обробки зашумленого зображення номеру, який нанесено на ківші. З цієї точки зору наведено аналіз інформаційних технологій, використовуваних при розробці систем технічного зору. На основі аналізу вирішено, що застосування обробленого зображення – необхідний етап при розробці системи комп'ютерного зору. Аналіз літературних джерел показав, що розроблені системи і програмні продукти мають ряд недоліків: нестійкість до поганої якості умов освітлення; номери на об'єктах нанесені за допомогою трафаретів і мають достатню читабельність, що полегшує процес їх локалізації; програми використовують прив'язку до шаблонів номерних знаків транспортних засобів конкретних країн, для яких вони розроблені. Визначено, що обробка даного типу зображень включатиме етапи: попередня обробка (фільтрація та бінаризація); локалізація; ідентифікація.

У другому розділі запропонована інформаційна технологія ідентифікації номера чавуновізного ковша, що передбачає поетапну обробку графічних даних: попередню обробку (фільтрацію та бінаризацію) та локалізацію номера.

На першому етапі (попередня обробка) для першої її фази – фільтрації – обґрунтовується використання методу медіанної фільтрації. Для другої фази

попередньої обробки – бінаризації – обґрунтовується застосування методу неповної порогової бінаризації глобальною бінаризацією із автоматичним розрахунком порогового значення на основі низькорівневої характеристики зображення – його середньої яскравості.

Для другого етапу (локалізація) обґрунтовується виконання локалізації через сегментацію на основі кластеризації зображення: модифікованим використанням ковзного вікна методом кластеризації за правилом найближчого сусіда. Проводиться порівняння із іншими відомими методами та робиться висновок про доцільність обрання цього методу.

У третьому розділі запропоновано для використання метод ідентифікації на основі нечіткого порівняння з еталонним сегментом. В якості еталону пропонується використовувати сегмент, що представлений нечіткою моделлю зображення з локалізованої області, на якій нанесено номер ковша. Описана загальна ідея, а також детально наводяться етапи обробки за методом: етап обчислення координат характеристичної точки та формування ядер й етап фазифікації та обчислення відносної відстані Хеммінга.

Запропоновано та обґрунтовано використання в якості характеристичної точки центру тяжіння зображення. Математично викладений перерахунок координат та проілюстровано зіставлення ядер зображень, що формуються. Викладено процес розбиття на блоки. Визначені функції приналежності, отримані нечіткі множини та наведено обрахування відносної відстані Хеммінга й ідентифікація за нею номера ківша, що зображено.

Проведені комп'ютерні експерименти, в яких визначені необхідні параметри для успішної обробки за запропонованим методом – розмір блоків, розмір порогу яскравості. А також експерименти з ідентифікації, за якими достовірність ідентифікації склала близько 98 %, що дозволяє підтвердити доцільність використання запропонованого методу.

Четвертий розділ присвячено розробленій на основі запропонованих моделі й методу інформаційній технології ідентифікації номера за його зашумленим фотозображенням. Розглядається загальна структура

автоматизованої системи ідентифікації номера чавуновізного ківша в умовах виробництва та місце в ній розробленого пакету прикладних програм. Наводиться комплексне тестування пакету та робиться порівняння ідентифікації номера за допомогою розробленого пакету та за допомогою існуючих у відкритому доступі засобів. Показано переваги використання пакету прикладних програм в умовах ПрАТ «ММК ім. Ілліча» (акт від 27.07.2020 р.). Робиться висновок про доцільність використання запропонованої технології.

Проведені дослідження встановили, що метод є:

- завадостійким і також дозволяє ідентифікувати правильно номер із слабкими перепадами яскравості на зображенні;
- для перевірки методу порівняння з еталоном із застосуванням нечіткої характеристики зображення були проведені групи експериментів по: виділенню ядра при поєднанні зображення і еталону по центру тяжіння; розмірів розбиття для ядра для розрахунку нечіткої характеристики і відстані Хеммінга. Результати підтвердили можливість ідентифікації за допомогою запропонованого методу. Застосування цього методу дозволяє виконувати шрифтонезалежне розпізнавання, без виконання масштабування символів для зображень з шумним фоном.

Результати дисертаційної роботи використані в НДР (номер державної реєстрації № 0118U006923, 2018-2019 рр., № 0119U103133, 2019-2020 рр.) та впроваджені в навчальний процес на кафедрі інформатики Державного вищого навчального закладу «Приазовський державний технічний університет» (акт від 18.08.2020 р.).

Таким чином, результати роботи наступні:

- вперше розроблено модель порівняння локалізованої області зображення з еталонним на основі нечіткої характеристики, яка на відміну від існуючих враховує низькочастотні характеристики зашумлених частин вхідного зображення, що впливає на якість ідентифікації номеру на фото;

– удосконалено метод неповної порогової глобальної бінаризації зображення, у якому автоматично розраховується поріг, що покращує ефективність подальшої локалізації інформативної області на зображенні;

– отримала подальший розвиток інформаційна технологія ідентифікації номеру чавуновозу, що поєднує кластеризацію шляхом пошуку найближчого сусіда та модифікований пошук з використанням ковзного вікна, що дозволяє автоматизувати процеси локалізації та формування сегменту з інформативною областю.

За темою дисертації опубліковано 26 наукових праць, у тому числі 7 статей – з них: 5 – у спеціалізованих виданнях, 2 – у виданнях, цитованих у науково-метричних базах Scopus, Web of Science, Index Copernicus, РІНЦ та ін. і 19 тез доповідей у всеукраїнських та міжнародних конференціях.

Ключові слова: інформаційна технологія, фільтрація, бінаризація, локалізація, область інтересу, сегментація, ковзне вікно, ядро, блоки, нечітка характеристика, ідентифікація, пакет прикладних програм.

Список публікацій здобувача за темою дисертації

Праці, які відображають основні наукові результати дисертації

[1] Каргін А. А. Модифікація методу нечіткого пошуку фотопортрета в базі даних / А. О. Каргін, А. В. Сергієнко, О. Є. П'ятикоп // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. – Луганськ: ЛНПУ, 2007. – №4 (110), Ч.2. – С. 78-86.

[2] Каргин А. А. Идентификация номера чугуновозного ковша по сегменту изображения сравнением его с эталонным сегментом / А. А. Каргин, А. В. Сергиенко // Проблеми інформаційних технологій. – Херсон, 2010. – № 7. – С. 114–121.

[3] Каргин А. А. Метод локализации информативных областей на основе низкоуровневых характеристик изображения / А. А. Каргин, А. В. Сергиенко, Е. Е. Пятикоп, В. С. Плескачевская // Системи обробки інформації :

зб. наукових праць Харк. нац. ун-т Повітр. Сил ім. Івана Кожедуба. – Харків, 2013. – Вип. 1 (108). – С. 61–65.

[4] Сергиенко А. В. Об использовании кластеризации методом ближайших соседей при локализации информативной области на зашумленном изображении / А. В. Сергиенко // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – Харків, 2013. – № 4 (101). – С. 8–14.

[5] Сергиенко А. В. Информационная технология определения номера на чугуновозном ковше / Сергиенко А. В., А. А. Каргин // Радіоелектроніка, інформатика, управління. – Запоріжжє, 2013. – № 2. – С. 140–144. (*Web of Science*)

[6] Chychkarov Yevhen. Information Technology of Hot-metal Ladle Car Handwritten Numbers Recognition from Photo Image [Electronic resource] / Yevhen Chychkarov, Anastasiia Serhiienko, Iryna Syrmamiikh // Computer Modeling and Intelligent Systems (CMIS-2020) : Proceedings of the Third International Workshop (Zaporizhzhia, April 27 – May 1, 2020 y.). – Zaporizhzhia, 2020. – Vol. I–2608. – P. 900–912. – ISSN: 1613-0073. – Mode of access: <http://ceur-ws.org/Vol-2608/paper67.pdf> (*Scopus*)

[7] Чичкарьов Є. А. Побудова та налаштування моделей глибокого навчання для розпізнавання рукописних і друкованих цифр на зображеннях чавуновізних ківшів [Електронний ресурс] / Чичкарьов Є. А., Сергієнко А. В., Станішевський Л. М. // Наука та виробництво : міжвуз. те-мат. зб. наук. пр. / ДВНЗ «ПДТУ». – Маріуполь : ПДТУ, 2020. – Вип. 22. – С. 226–233. – Режим доступу: <http://eir.pstu.edu/handle/123456789/28135>.

Тези доповідей у збірниках праць конференцій

[8] Каргин А. А. Модификация метода нечеткого поиска фотопортрета в базе данных / А. А. Каргин, А. В. Ефремова, Е. Е. Пятикоп // Сучасні тенденції розвитку інформаційних технологій в науці, освіті та економіці : матеріали Всеукр. науково-практ. конф. (Луганськ, 11–13 грудня 2006 р.). – Луганськ, 2006. – С. 169–170.

[9] Ефремова А. В. Технологии автоматического выделения сцен из видеоряда для задачи видеонаблюдения // Университетская наука – 2008 : тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф. (Мариуполь, 2008 г.) / ГВУЗ «ПГТУ». – Мариуполь, 2008. – Т. 2. – С. 214.

[10] Каргин А. А. Предварительная обработка изображений в задаче идентификации ковша чугуновоза / А. А. Каргин, А. В. Сергиенко // Университетская наука – 2009 : тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф. (Мариуполь, 19–21 мая 2009 г.) / ПГТУ. – Мариуполь, 2009. – Т. 2. – С. 262.

[11] Сергієнко А. В. Идентификация номера чугуновозного ковша / А. В. Сергиенко, А. А. Каргин // Университетская наука – 2010 : тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф. (Мариуполь, 18–20 мая 2010 г.) / ПГТУ. – Мариуполь, 2010. – Т. 1. – С. 295–296.

[12] Каргин А. А. Сегментация в задаче идентификации номера чугуновозного ковша по его фотоизображению / А. А. Каргин, А. В. Сергиенко // Университетская наука – 2011 : тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф. (Мариуполь, 17–19 мая 2011 г.) / ГВУЗ «ПГТУ». – Мариуполь, 2011. – Т. 3. – С. 11.

[13] Сергиенко А. В. Сегментация в задаче идентификации номера чугуновозного ковша по его фотоизображению / А. В. Сергиенко, А. А. Каргин // Университетская наука – 2012 : тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф. (Мариуполь, 24–27 апреля 2012 г.) / ГВУЗ «ПГТУ». – Мариуполь, 2012. – Т. 1. – С. 306–307.

[14] Сергиенко А. В. Метод локализации информативных областей на изображении на основе пороговой обработки и кластеризации / А. В. Сергиенко // Гиротехнологии, навигация, управление движением и конструирование авиационно-космической техники : сб. докл. IX Междунар. науч.-но-техн. конф. (Киев, 17–18 апреля 2013 г.) / НТУУ «КПИ». – К., 2013. – Т. 2. – Секция 3 : Информационные технологии. – С. 488–491.

[15] Сергиенко А. В. Сегментация в задаче идентификации номера чугуновозного ковша по его фотоизображению / А. В. Сергиенко,

А. А. Каргин // Университетская наука – 2013 т. : тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф. (Мариуполь, 14–16 апреля 2013 г.) / ГВУЗ «ПГТУ». – Мариуполь, 2013. – Т. 2. – С. 210–211.

[16] Сергиенко А. В. Задачи локализации и идентификации при оптическом распознавании номера на чугуновозном ковше / А. В. Сергиенко // Наукові дослідження молоді – інновації в науці та практиці : тез. докл. науково-практ. конф. молодих вчених і студентів (Мариуполь, 11–13 червня 2013 р.) / ДВНЗ «ПДТУ». – Мариуполь, 2013. – С. 149–151.

[17] Сергиенко А. В. О решении задач локализации и идентификации при оптическом распознавании номера на чугуновозном ковше / А. В. Сергиенко // Інформаційні технології та інформаційна безпека в науці техніці та навчанні «ІНФОТЕХ – 2013» : матеріали міжнар. науково-практ. конф. (Севастополь, 09–13 верес. 2013 р.) / Севастоп. нац. техн. ун-т. – Севастополь: СевНТУ, 2013. – С. 54–55.

[18] Сергиенко А. В. Пакет прикладных программ как основа информационной технологии идентификации номера на чугуновозном ковше // Университетская наука – 2014 : тез. докл. Междунар. науч.-техн. конф. (Мариуполь, 20–21 мая 2014 г.) / ГВУЗ «ПГТУ». – Мариуполь, 2014. – Т. 2. – С. 137–138.

[19] Сергиенко А. В. О решении задач локализации и идентификации при оптическом распознавании номера / А. В. Сергиенко // Университетская наука – 2015 : тез. докл. Междунар. научно-техн. конф. (Мариуполь, 19–20 мая 2015 г.) / ГВУЗ «ПГТУ». – Мариуполь, 2015. – Т. 2. – С. 216–218.

[20] Сергиенко А. В. Анализ современных методов распознавания объектов на изображении // Университетская наука – 2016 : тез. докл. Междунар. научно-техн. конф. (Мариуполь, 19–20 мая 2016 г.) : в 4 т. / ГВУЗ «ПГТУ». – Мариуполь, 2016. – Т. 2. – С. 150.

[21] Сергиенко А. В. Исследование применимости различных методов идентификации объектов в задачах компьютерного зрения // Университетская наука – 2017: Международная научно-техн. конф., ГВУЗ «Приазовский

государственный технический университет», г. Мариуполь, 18-20 мая 2017 г. – Мариуполь: ГВУЗ «ПГТУ», 2017. – Т. II. – С. 178

[22] Сергиенко А. В. Оценка качества алгоритма идентификации изображения // Университетская наука – 2018 : тез. докл. Междунар. научно-техн. конф. (Мариуполь, 23–24 мая 2018 г.) : в 3 т. / ГВУЗ «ПГТУ». – Мариуполь, 2018. – Т. 2. – С. 168–169.

[23] Чичкарьов Є. А. Побудова та налаштування моделей глибокого навчання для розпізнавання рукописних і друкованих цифр на зображеннях [Електронний ресурс] / Є. А. Чичкарьов, А. В. Сергієнко, Л. М. Станішевський // Актуальні питання розвитку інформаційних технологій : зб. тез Всеукр. конф. молодих учених (Маріуполь, 18 листопада 2019 р.) / ДВНЗ «ПДТУ». – Маріуполь, 2019. – С. 65–67. – Режим доступу: <http://eir.pstu.edu/handle/123456789/25173>

[24] Сергієнко А. В. Алгоритм виділення області інтересу на фотозображенні чавуновізного ковша за допомогою функцій бібліотеки OpenCV [Електронний ресурс] // Університетська наука - 2020 : тези доп. Міжнар. науково-техн. конф. (Маріуполь, 20–21 травня 2020 р.) : / ДВНЗ «ПДТУ». – Маріуполь, 2020. – Т. 2. – С. 175–176. – Режим доступу: <http://eir.pstu.edu/handle/123456789/26628>

[25] Чичкарев Е. А. Идентификация номера чугуновозных ковшей по изображению с использованием нейронной сети глубокого обучения [Электронный ресурс] / Е. А. Чичкарев, А. В. Сергиенко // Theoretical Foundations of Modern Science and Practice : Abstracts of XI International Scientific and Pract. Conf. (Melbourne, 06–07 April 2020 y.) / International Sciences Group. – Melbourne, 2020. – P. 487–490. – ISBN 978-1-64871-910-3. – Mode of access: <https://isg-konf.com/wp-content/uploads/2020/04/XI-Conference-06-07-Melbourne-Australia.pdf>

[26] Chychkarov Yevhen Construction and Adjustment of Deep-Learning or Fuzzy Logic Models for Recognition of Handwritten Numbers on Photographs [Electronic resource] / Yevhen Chychkarov, Anastasiia Serhiienko, Iryna

Syrmamiikh // Visioner-2030 : наукове передбачення : зб. матеріалів Міжнар. міждисциплінарної науково-практ. конф. з нагоди Дня Науки (Київ, 29 травня 2020 р.). – Київ : Юдіна Л. І., 2020. – С. 20–30. – ISBN 978-617-7698-08-0. – Режим доступу: <http://futuolog.com.ua/publish/19/zbirnyk.pdf>

ABSTRACT

Anastasiia V. Serhiienko. Models and method of information technology for identification of hot-metal transfer ladle number by its noisy photo image. – Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Thesis for a candidate degree of technical sciences in specialty 05.13.06 “Information technologies” – State Higher educational institution “Priazovsky State Technical University”, Ministry of Education and Science of Ukraine, Mariupol, Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, Ministry of Education and Science of Ukraine, Sievierodonetsk, 2021.

In the thesis the solution of an urgent scientific and practical problem of developing new information technology of object identification by its noisy photo image is offered.

The research object is identification of noisy images.

The research subject is automation of hot-metal transfer ladle inventory by photo images of their numbers.

Research methods are determined by the set tasks and specifics of the analyzed object, they are: image processing methods, filtering and binarization methods, experimental theory and computer modeling to verify the adequacy of the developed methods, fuzzy sets, methods of object-oriented design, methods, tools and technologies of object-oriented programming.

The practical significance of the obtained results. The developed processing method used in the information technology of identifying object number in the image is universal and can be used in various tasks of recognition and identification of objects in the image. The developed and improved methods of image preliminary

processing, i.e. filtering and binarization, localization of the information area on the image, as well as identification by comparing the localized image with the reference one on the basis of fuzzy characteristics. The methods are implemented as a package of applications that allows using them at the Department of Informatics of the SHEI “Priazovsky State Technical University” in the educational process while teaching of disciplines “Modern scripting languages” and “Image Processing and Multimedia” for students of 122 Computer Science major. The practical results of the thesis are used in R&D at the Department of Informatics of the SHEI “Priazovsky State Technical University”, introduced into the educational process at the Department of Informatics of the SHEI “Priazovsky State Technical University” and provided to be used at Illich Steel and Iron Works.

In the first section it is shown that the problem of identification of a hot-metal transfer ladle in terms of automation of the production inventory at the metallurgical enterprise can be overcome if to solve a problem of automatic processing of the noisy image of the number put on a ladle. From this point of view the analysis of the information technologies used at development of computer vision systems is given. Based on the analysis, it was decided that the use of the processed image is a necessary step in the development of a computer vision system. The analysis of the literature showed that the developed systems and software products have a number of disadvantages: instability to poor quality lighting conditions; numbers on objects are put using stencils and have sufficient readability that facilitates process of their localization; programs use binding to vehicle license plate templates of specific countries for which they are designed. It is determined that the processing of this type of images will include the following stages: preliminary processing (filtering and binarization); localization; identification.

In the second section the information technology for the identification of hot-metal transfer ladle number, which provides for the gradual processing of graphic data: preliminary processing (filtering and binarization) and localization of the number, is proposed.

At the first stage (preliminary processing) for its first phase – filtration – the use of the median filtration method is substantiated. For the second phase of the preliminary processing – binarization – the application of the method of local binarization by global binarization with automatic calculation of the threshold value based on low-level characteristic of the image (its average brightness) is substantiated.

For the second stage (localization) the implementation of localization through segmentation on the basis of image clustering is substantiated: by modified use of a sliding window by the method of clustering according to the nearest neighbor rule. A comparison with other known methods is made as well as a conclusion about the expediency of choosing this method.

In the third section the identification method based on a fuzzy comparison with the reference segment is proposed to be used. As a prototype, it is proposed to use a segment represented by a fuzzy model of the image from the localized area with the number of the ladle. The general idea is described, as well as stages of processing by the following method are given in detail: a stage of calculation of coordinates of a characteristic point and kernels formation and a stage of fuzzyfication and calculation of relative Hamming distance.

The use of the image as the center of gravity as a characteristic point is proposed and substantiated. The recalculation of coordinates is mathematically stated and the comparison of the formed image kernels is illustrated. The process of division into blocks is described. The membership functions are determined, fuzzy sets are obtained, and the calculation of the relative Hamming distance and the identification of the depicted ladle number are given.

Computer experiments, in which parameters necessary for the successful processing by the proposed method are conducted – blocks size, size of the brightness threshold. Also experiments with identification, for which the reliability of identification was close to 98%, which allows the confirmation of the expediency of the proposed method.

The fourth section is devoted to the information technology of identifying the number by its noisy photo image developed on the basis of the proposed model and method of information technology. The general structure of the automated system of identifying a number of a hot-metal transfer ladle in the production conditions and the place of the developed package of application programs is considered. The complex testing of the package is given and the identification of the number with the help of the developed package and with the help of the publicly available means is compared. The advantages of using the application package in the conditions of Illich Steel and Iron Works are shown. The conclusion about expediency of use of the proposed technology is made.

Studies have shown that the method is:

- noise-resistant and also allows to correctly identify the number with low brightness jumps in the image;
- to test the method of comparison with the reference on using a fuzzy image characteristic, groups of experiments were conducted on: the selection of the kernel when combining the image and the reference in the center of gravity; the partition size for the kernels to calculate the fuzzy characteristic and the Hamming distance. The results confirmed the possibility of identification using the proposed method. Using this method allows to perform font-independent recognition without performing character scaling for images with a noisy background.

The thesis results are used in the R&D and introduced into the educational process at the Department of Computer Science of the State Higher Educational Institution “Priazovsky State Technical University”.

Thus, the results of the work are the following:

- for the first time a model was developed to compare the localized area of the image with the reference one on the basis of fuzzy characteristics, which in contrast to the existing ones takes into account the low-frequency characteristics of noisy parts of the input image, which affects the quality of number identification in the photo;

- the method of local threshold global binarization of the image is improved, in which the threshold is automatically calculated, which improves the efficiency of further localization of the information area on the image;
- information technology of hot-metal ladle identification number was further developed, which combines clustering by searching for the nearest neighbor and a modified search using a sliding window, which allows to automate the processes of localization and segment formation with the information area.

On the topic of the thesis 26 scientific papers were published, including 7 articles – among which: 5 – in specialized publications, 2 – in publications cited in scientometrical databases Scopus, Web of Science, Index Copernicus, RSCI, etc, and 19 abstracts of presentations in national and international conferences.

Key words: information technology, filtering, binarization, localization, area of interest, clustering, sliding window, kernel, blocks, fuzzy characteristics, identification, application package.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	18
ВСТУП.....	19
РОЗДІЛ 1 СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	24
1.1 Сфера застосування систем технічного зору	24
1.2 Проблема ідентифікації чавуновізного ковша.....	27
1.3 Огляд існуючих систем і програмних продуктів в цій предметній області.....	31
1.4 Аналіз етапів обробки зображення	38
1.5 Аналіз існуючих бібліотек комп'ютерного зору	40
1.6 Постановка наукової задачі й обґрунтування методики досліджень	42
1.7 Висновки до першого розділу	43
РОЗДІЛ 2 ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА І ЛОКАЛІЗАЦІЯ ОБ'ЄКТУ НА ЗОБРАЖЕННІ	45
2.1 Попередня обробка фотозображення.....	45
2.1.1 Фільтрація	45
2.1.2 Бінаризація	53
2.2 Аналіз існуючих методів обробки статичних зображень для локалізації об'єктів	58
2.3 Локалізація об'єкту на зображенні.....	69
2.3.1 Локалізація через сегментацію із використанням гістограми зображення.....	69
2.3.2 Локалізація методом сегментації на основі кластеризації зображення.....	73
2.3.3 Локалізація через контурну сегментацію	78
2.4 Дослідження з попередньої обробки і локалізації.....	80
2.4.1 Дослідження з бінаризації	80
2.4.2 Дослідження методу локалізації інформативної області	82
2.5 Висновки до другого розділу.....	94

РОЗДІЛ 3 ІДЕНТИФІКАЦІЯ НОМЕРА ЧАВУНОВІЗНОГО КОВША	95
3.1 Ідентифікація номера на чавуновізному ківші за сегментом зображення порівнянням його з еталонним сегментом	95
3.1.1 Обчислення координат характерної точки і формування ядра сегменту	96
3.1.2 Фазифікація і обчислення відносної відстані Хеммінга	100
3.2 Комп'ютерні експерименти	102
3.3 Висновки до третього розділу	108
РОЗДІЛ 4 ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ НОМЕРА ЧАВУНОВІЗНОГО КОВША ЗА ЙОГО ЗАШУМЛЕНИМ ФОТОЗОБРАЖЕННЯМ	109
4.1 Автоматизована система ідентифікації номера чавуновізного ковша за його зашумленим фотозображенням	109
4.2 Пакет прикладних програм ідентифікації номера чавуновізного ковша	115
4.3 Комплексне тестування пакету прикладних програм	125
4.4 Організаційне забезпечення	134
4.5 Використання пакету прикладних програм ідентифікації номера чавуновізного ковша в умовах ПрАТ «ММК ім. Ілліча»	138
4.6 Висновки до четвертого розділу	140
ВИСНОВКИ	142
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	144
Додаток А List of published works	158
Додаток Б Акт впровадження	163
Додаток В Довідка про використання результатів дисертаційної роботи у НДР	164
Додаток Г Довідка про використання результатів	166

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

СТЗ – системи технічного зору
СКЗ – системи комп’ютерного зору
ПЗ – програмне забезпечення
БД – база даних
PSNR – peak signal-to-noise ratio
ДЦ – доменний цех
ДП – доменна піч
ВДЧ – відділення десульфурації чавуну
ВСШ – відділення скачування шлаку
ККЦ – киснево-конверторний цех
ППП – пакет прикладних програм

ВСТУП

Актуальність теми. З розвитком інформаційних технологій все більш з'являється промислових систем, де застосовуються технології обробки зображень: діагностика, прогнозування, моніторинг стану об'єктів і довкілля, системи контролю і обмеження доступу, системи розпізнавання тексту та інші. Важливе місце посідають завдання, в яких особливі шкідливі або небезпечні виробничі умови вимагають виключення людини з контуру контролю й управління. Серед них конверторне виробництво сталі на металургійному підприємстві. Під час виробництва для транспортування чавуну від доменних печей до киснево-конвертерного цеху використовуються чавуновізні ківші. Пересуваючись на спеціальних платформах залізною дорогою, ківші зазнають технологічної обробки: наливання чавуну під доменними печами; формування туру з декількох ківшів; транспортування ківшів від доменної печі до відділення десульфурації чавуну (ВДЧ); транспортування ківшів від ВДЧ до відділення скачування шлаку (ВСШ); скачка шлаку в ВСШ; транспортування ківшів від ВДЧ до вагів; транспортування ківшів від ВСШ до вагів; зважування ківшів при короткочасній зупинці на вагах (1-3 хвилини); транспортування ківшів від вагів в міксерне відділення ККЦ; переливання чавуну з ківшів у міксери ККЦ. Ідентифікувати ківші по номерах на платформі неможливо, оскільки цей підхід не враховує зміну відповідності платформа/ківш, що виникає відповідно до технологічного процесу. Помилки при ідентифікації ківша призводять до помилок в обліку стану ківшів та чавуну, що транспортується. Тому на існуючих виробництвах в системі, що стежить за пересуванням і станом чавуну, облік виконує людина на підставі ідентифікації номерів чавуновізних ківшів.

На ківшах вапном вручну нанесені номери, адже наносити номери через трафарет внаслідок особливостей технологічного процесу – висока температура (близько 1200 °C) та необхідність бути постійно в роботі (тобто після закінчення одного туру, ківш бере участь в наступному) неможливо. В

дисертаційній роботі розглядається варіант заміни людини, що виконує операцію візуального контролю номеру ковша на чавуновозі у шкідливих умовах, на інформаційну технологію що базується на обробці фотозображень та ідентифікації номерів ківшів. Аналіз літературних джерел підтвердив перспективність цього підходу до рішення задачі ідентифікації ківша за його фотозображенням.

Значний внесок в галузі інформаційних систем автоматичної обробки інформації, контролю, прийняття рішень зробили: як П. І. Бідюк, Є. О. Башков, В. О. Філатов, С. Г. Антощук, Є. А. Лавров, О. П. Гожий, С. Г. Семенов та інші такі видатні українські та зарубіжні вчені. Також задачам, що виникають в системах комп'ютерного зору, присвячені роботи Р. О. Ткаченка, В. І. Рубана, Ю. І. Грицюка, С. О. Субботіна, В. Ю. Кучерука та ін. В літературі описані різні підходи до вирішення задачі ідентифікації такого класу об'єктів. Значна зашумленість фотозображень ківшів вказує на необхідність використання апарату нечіткої логіки. Методи обробки нечіткої інформації описані в роботах Л. Заде, Е. Мамдані, А. О. Каргіна, В. О. Лифаря, Д. О. Поспелова та ін.

Таким чином, *актуальним науковим завданням* є розробка нової інформаційної технології ідентифікації номеру чавуновізного ковша за його зашумленим фотозображенням.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Тема дисертаційної роботи й отримані результати відповідають проблематиці держбюджетних тем, які виконуються в ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет». Дисертаційна робота виконана згідно з планом держбюджетних науково-дослідних робіт **№ 0118U006923** «Інформаційні технології в наукових дослідженнях, навчальному процесі, бізнесі та виробництві», **№ 0119U103133** «ІТ в наукових дослідженнях, навчальному процесі, бізнесі та виробництві». Авторка є одним з виконавців робіт з цієї теми.

Мета і завдання дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення достовірності обліку чавуну на основі нової інформаційної

технології ідентифікації об'єкту за його зашумленим фотозображенням.

Для досягнення мети в роботі вирішуються наступні завдання:

- обґрунтувати і вибрати метод попередньої обробки зображення (фільтрації) для поліпшення його якості;
- обґрунтувати і вибрати методи локалізації інформативних областей на зображенні для комп'ютерного моделювання та методи попередньої обробки зображення (бінаризації) для ефективної локалізації інформативних областей; модифікувати вибраний метод бінаризації зображення з урахуванням особливості вибраного методу локалізації інформативної області для поліпшення якості обробки та модифікувати вибраний метод локалізації інформативної області з урахуванням низькорівневих характеристик зображення з метою поліпшення якості обробки;
- обґрунтувати і вибрати метод ідентифікації об'єкту на фотозображенні;
- розробити метод порівняння локалізованого зображення з еталонним на основі нечіткої характеристики;
- розробити пакет прикладних програм на основі вибраних і розроблених методів;
- перевірити ефективність запропонованих методів для ідентифікації об'єкту за його фотозображенням.

Об'єкт дослідження – ідентифікація зашумлених зображень.

Предмет дослідження – автоматизація обліку чавуновізнних ківшів по фотозображенню їх номеру.

Методи досліджень: методи обробки зображень, методи фільтрації і бінаризації, теорії експерименту і комп'ютерного моделювання для перевірки адекватності розроблених методів, апарат нечітких множин, методи об'єктно-орієнтованого проектування, методи, засоби і технології об'єктно-орієнтованого програмування.

Наукова новизна результатів досліджень полягає у наступному:

- 1) *вперше розроблено* модель й метод порівняння локалізованого зображення з еталонним на основі нечіткої характеристики зображення, яка на

відміну від існуючих враховує різний розмір нанесених на ківші номерів, різну освітленість вхідних фотозображень, нанесення номерів вручну без трафарету, наявність на номерах шуму у вигляді наліпок чавуну, патьоків вапна, великої кількості пилу тощо, що дозволило проводити ідентифікацію із високим рівнем достовірності;

2) *удосконалено* метод неповної порогової глобальної бінаризації зображення, який на відміну від існуючих виконує у автоматичному режимі розрахунок порогу, що покращує ефективність подальшої локалізації інформативної області на зображенні;

3) *набула подальшого розвитку* інформаційна технологія ідентифікації зображень із завадами, що базується на запропонованому підході локалізації інформативної області за допомогою кластеризації методом пошуку найближчого сусіда з модифікацією пошуку використанням ковзного вікна.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому що:

1) розроблені і вдосконалені методи обробки, застосовані в інформаційній технології ідентифікації номера на зображенні, є універсальним засобом, який може використовуватися в завданнях розпізнавання і ідентифікації об'єктів на зображенні.

2) методи обробки зображення на основі методів попередньої обробки – фільтрації і бінаризації зображення, локалізації інформативної області на зображенні і ідентифікації порівнянням локалізованого зображення з еталонним на основі нечіткої характеристики – реалізовані у вигляді пакету прикладних програм, що дозволяє використати їх в різних завданнях систем комп'ютерного зору.

Розроблена в дисертаційній роботі інформаційна технологія протестована в практичних умовах та схвалена для впровадження для роботи. Матеріали дисертації використані в НДР на кафедрі інформатики ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет» та впроваджені в учбовий процес на кафедрі інформатики Приазовського державного технічного університету в курсах дисциплін «Алгоритмізація та програмування», «Теорія алгоритмів», «Теорія програмування», «Сучасні скриптові мови програмування» (довідка про

впровадження від 18.08.2020).

Особистий вклад претендента. Усі результати наукових і практичних дисертаційних досліджень отримані і розроблені авторкою самостійно. У роботах, написаних в співавторстві і опублікованих в профільних виданнях, вклад претендента в наступному: [59, 94] – розробка математичної моделі ідентифікації номера чавуновізного ковша за сегментом зображення порівнянням його з еталонним сегментом; [76, 81, 86, 96, 102] – розробка математичної моделі локалізації інформативних областей і проведення експериментів.

Апробація результатів роботи. Основні наукові результати і положення дисертаційної роботи докладалися на міжнародних науково-практичних конференціях «Університетська наука» (Приазовський державний технічний університет, Маріуполь, 2008 – 2020), «Гиротехнології, навігація, управління рухом і конструювання авіаційно-космічної техніки (Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут, Київ, 2013), «Інформаційні технології і інформаційна безпека в науці, техніці і утворенні «ИНФОТЕХ – 2013 (Севастопольський національний технічний університет, Севастополь, 2013), «Наукові дослідження молоді – інновації в науці та практиці» (Приазовський державний технічний університет, Маріуполь, 2013), «Актуальні питання розвитку інформаційних технологій», (Приазовський державний технічний університет, Маріуполь, 2019), Visioner-2020: наукове передбачення (Київ, 2020).

Публікації. За темою дисертації опубліковано 26 наукових праць, у тому числі 7 статей – з них: 5 – у спеціалізованих виданнях, 2 – у виданнях, цитованих у науково-метричних базах Web of Science, Index Copernicus, РІНЦ та ін. і 19 публікацій – у збірниках праць наук.-техн. конф. Загальний обсяг публікацій склав 5,62 друк. арк.

Структура і об'єм роботи. Дисертація складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел та 3 додатків. Повний обсяг дисертації становить 157 с. основного тексту, 64 рис., 12 табл., 4 дод. на 9 с., список із 109 джерел.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

У першому розділі виконаний аналіз існуючого стану досліджуваної проблеми – обробці зображень *системами технічного зору* (СТЗ).

Перший параграф присвячений огляду сфер застосування СТЗ, на підставі якого визначається найбільш актуальне завдання обробки зображення: ідентифікація об'єкту за його зашумленим фотозображенням.

Другий параграф описує актуальність, розвиток і суть проблеми розпізнавання.

Третій параграф відбиває аналіз сучасних підходів і методів, використовуваних в СТЗ.

Четвертий параграф описує огляд існуючих систем і програмних продуктів в цій предметній області.

П'ятий параграф є підсумком глави і містить в собі постановку завдання, що вирішується в цій роботі.

1.1 Сфера застосування систем технічного зору

Нині складно представити сучасні комп'ютерні (інтелектуальні) системи без процесу обробки візуальної інформації. Цей процес має на увазі автоматичне витягання інформації з зображень (чи послідовності зображень – відеосигналу) за допомогою комп'ютера. Системи, що виконують таку обробку, об'єднують однією назвою: системи технічного зору (СТЗ) або системи комп'ютерного зору (СКЗ).

Системи технічного зору затребувані в різних сферах людської діяльності і можуть застосовуватися, наприклад:

- для забезпечення безпеки [1];
- для дистанційного керування [2];
- у медицині [3];

- у робототехніці [4];
- на виробництві [5].

Кожен з цих напрямків породжує ряд власних областей. Так, системи безпеки потрібні у банках і кредитних організаціях; в аеропортах і транспортних вузлах для контролю, обслуговування і реєстрації клієнтів. Тому розробляються системи стеження за обличчям людини як за просторовим об'єктом [6], біометричні системи ідентифікації на основі вхідного відеопотоку [7].

Для обмеження і контролю доступу в приміщення також застосовуються біометричні системи [8], які аналізують такі унікальні ознаки як:

- папілярний візерунок пальця;
- форма кисті руки;
- візерунок райдужки ока [9];
- риси обличчя;
- термограма особи (схема кровоносних судин);
- форма і спосіб підпису.

За кожною з цих ознак стоїть завдання розпізнавання або особи, або форми і контуру, або символів почерку, і рішення цієї задачі виконується над зображенням. До цього напрямку можна також віднести системи ідентифікації особи злочинця, необхідні в оперативно-розшуковій роботі правоохоронних органів [10].

Життєво важливо застосування СТЗ в медицині, де отримання, обробка та розшифрування зображень дозволяє точніше поставити діагноз і контролювати хід хірургічних операцій [11].

Аналіз зображень виконується також в геоінформаційних системах, спрямованих на просторове відновлення рельєфу місцевості, розпізнавання об'єктового складу місцевості і побудову тривимірних цифрових карт за інформацією, отриманою за допомогою аерокосмічних засобів [12].

Застосування СТЗ є також рішенням задачі забезпечення взаємодії людини та комп'ютера (чи людини й робота) в природній для людини формі і

створення універсального інтерфейсу «людина-машина», де управління здійснюється за допомогою жестів, рухів. Ця технологія має ряд застосувань, до яких відносяться [13]: управління курсором за допомогою жестів, дистанційне керування в ігрових застосуваннях, управління роботами, дистанційне керування побутовою технікою замість пультів управління, запуск комп'ютерних застосувань на основі розпізнавання зумовлених жестів, читання по губах, інтерпретатор жестів для глухонімих і нездібних до пересування людей (лежачі хворі) і тому подібне. Такого роду проблеми без технологій комп'ютерного зору вирішуватись не можуть.

Окрім переліченої вище класифікації сфер застосування СТЗ, можливі також і інші варіанти, оскільки розвиток інформаційних технологій породжує нові завдання.

Безпеку необхідно забезпечувати також на дорогах, тому комп'ютерний зір застосовується в так званих інтелектуальних транспортних системах, спрямованих на рішення таких завдань як:

- розпізнавання дорожньої розмітки та дорожніх знаків [14];
- розпізнавання номерних знаків автомобілів і контроль доступу до автомобіля [15];

- розпізнавання контейнерних і вагонних номерів [16];

Актуальна розробка системи допомоги водієві автомобіля для запобігання дорожньо-транспортним подіям, яка за стереозображенням може визначити дорожнє полотно, розмітку й перешкоди [17].

Наступним великим напрямком є застосування СТЗ на виробництві, де їх використання дозволяє автоматизованим системам [18]:

- відстежувати розвиток технологічних процесів;
- контролювати допуски відхилення форми виробів;
- сканувати технічні об'єкти для експорту в систему автоматизованого проектування;
- виконувати реплікацію деталей, швидке прототипування, виготовлення макетів і зразків;

- розпізнавати зображення промислових деталей;
- аналізувати структуру поверхні матеріалів за зображеннями;
- керувати роботизованими ділянками виробництва.

Таким чином, досягнення СТЗ у різних сферах застосування, зокрема в галузі автоматизації технологічних процесів, дозволяють зробити висновок щодо можливості застосування СТЗ для завдань ідентифікації чавуновізного ковша за його зашумленими фотозображеннями.

1.2 Проблема ідентифікації чавуновізного ковша

При виробництві сталі для транспортування рідкого чавуну з доменних печей (ДП) до киснево-конвертерного цеху (ККЦ) використовуються чавуновізні ківші. На рис. 1.1 показана схема, за якою здійснюється транспортування. На рисунку зазначені траєкторії пересування чавуновізних ківшів від доменних печей до міксеру кисневого конвертера.

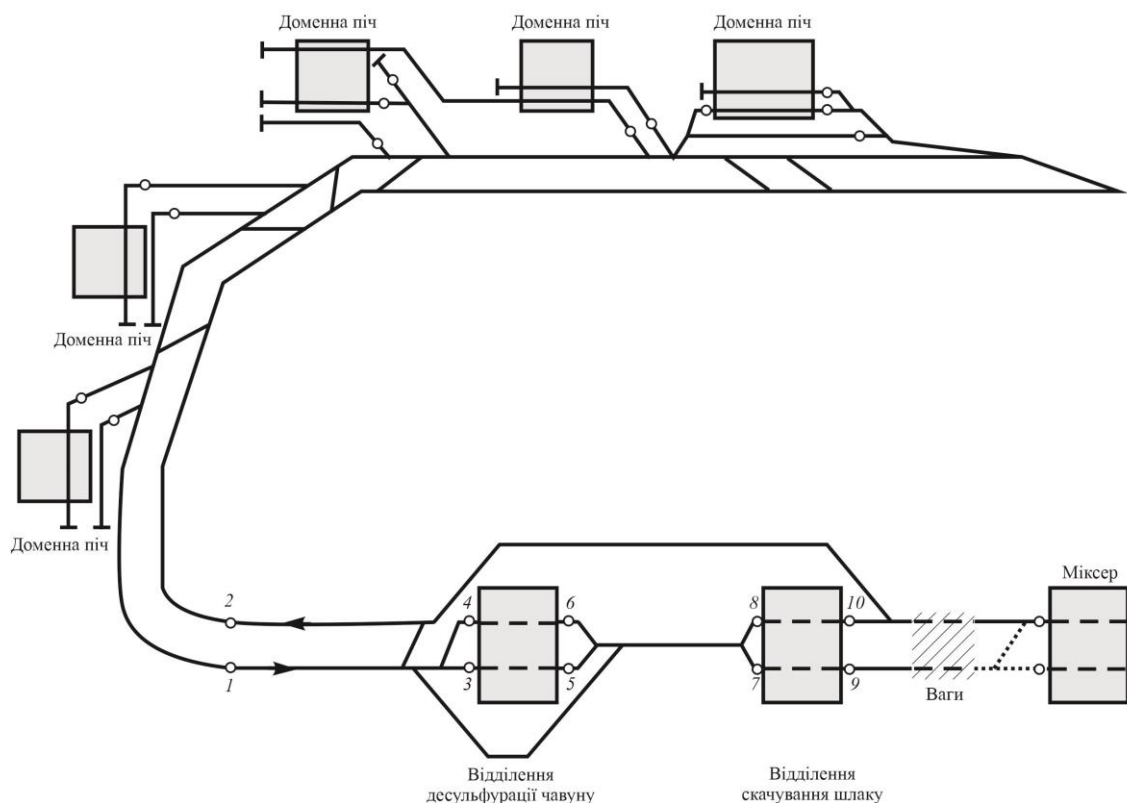


Рисунок 1.1 – Схема руху чавуновізних ківшів

Переміщення чавуновізних ківшів відбувається по залізничному полотну заводу. При транспортуванні вони проходять через наступні технологічні операції:

- наливання чавуну під доменними печами;
- формування туру з декількох ківшів;
- транспортування ківшів від доменної печі до відділення десульфурації чавуну (ВДЧ);
- транспортування ківшів від ВДЧ до відділення скачування шлаку (ВСШ);
- скачка шлаку в ВСШ;
- транспортування ківшів від ВДЧ до вагів;
- транспортування ківшів від ВСШ до вагів;
- зважування ківшів при короткочасній зупинці на вагах (1-3 хвилини);
- транспортування ківшів від вагів в міксерне відділення ККЦ;
- переливання чавуну з ківшів у міксери ККЦ.

Кількість перевезених чавуновізних ківшів в добу на ділянці ДЦ - ККЦ - 180 шт.

Вага чавуну в одному чавуновізному ківші: 70 т.

Оборотність ковшів: 3 ч 50 хв.

Температура чавуну в ДП: +1460 °С.

Температура чавуну в міксері: +1360 °С.

Температура поверхні налитого ковша: +200 °С.

Температура поверхні порожнього ковша: +70 °С.

Температура довкілля від – 20 до +50 °С.

На ківші номери наносяться вапном вручну. Номер ковша може бути як двозначний, так і тризначний; завжди розпочинається з нуля (такий вид маркування прийнятий на заводі). Наносити номери через трафарет неможливо внаслідок постійного знаходження ківшів в роботі та їх високої температури. Після обробки ківші можуть забруднюватись – пилом, наліпками чавуну, патьоками вапна тощо, тому номер на ківші може ставати не

зрозумілий. Коли ківші виходять зі строю, їх відправляють на ремонт, лише тоді номери на ківшах оновлюють чи наносять вапном заново.

Виробничим завданням є:

- забезпечення диспетчерів і начальників цехів оперативною інформацією про рух чавуновізних ківшів;
- спостереження за технологічним процесом у ВСШ;
- підвищення ефективності контролю руху чавуновізних ківшів, отримання можливості проведення керівництвом комбінату і цехів подальшого технологічного аналізу.

Основними критеріями ефективності функціонування системи є:

- зниження втрат температури чавуну на ділянці ДЦ – ККЦ за рахунок організаційного спостереження і контролю проходження чавуновізних ківшів в контрольних точках;
- своєчасне і безперебійне забезпечення диспетчерів і начальників цехів оперативною інформацією про рух чавуновізних ківшів.

Для контролю руху чавуновізних ківшів на заводі застосована система, що використовує для ідентифікації транспондери, встановлені на платформах, що везуть ківши. Анени зчитувачів знаходяться між рейок залізничного полотна шляхом дотримання чавуновізних ківшів в точках, вказаних на рис. 1.1. Кожна антена захищається нерухомо закріпленими корпусом.

Зчитувачі встановлюються у безпосередній близькості від антен, в спеціально обладнаних металевих монтажних шафах.

На робочих станціях, використовуваних в системі, встановлюється програмне забезпечення, що виконує функції опитування пристроїв і передачі результатів на сервер БД Oracle.

Така система має істотний недолік: виникають ситуації, коли ківш може бути переставлений не на «свою» платформу (за добу в середньому відбувається 12 перестановок, тобто більше 10 %).

Зміна відповідності платформа/ківш приводить до помилкової ідентифікації та обліку. Таким чином, існує необхідність в отриманні та

представленні вірних даних за допомогою додаткового модуля, що коригує роботу наведеної системи або ж працюючого незалежно.

Одним з варіантів усунення проблеми є впровадження точки оптичного контролю в місці перестановки ківшів з аналізом фото і ідентифікацією ковша за його номером на фотозображенні.

Перед тим, як ківши потрапляють до міксеру ККЦ, вони проходять зважування, під час якого, платформи зупиняються. Встановивши камеру зовні будівлі, де розташовано робоче місце вагара, можна отримати статичне фотозображення ківшів. Відстань від точки встановлення камери до об'єкту складає 6 м.

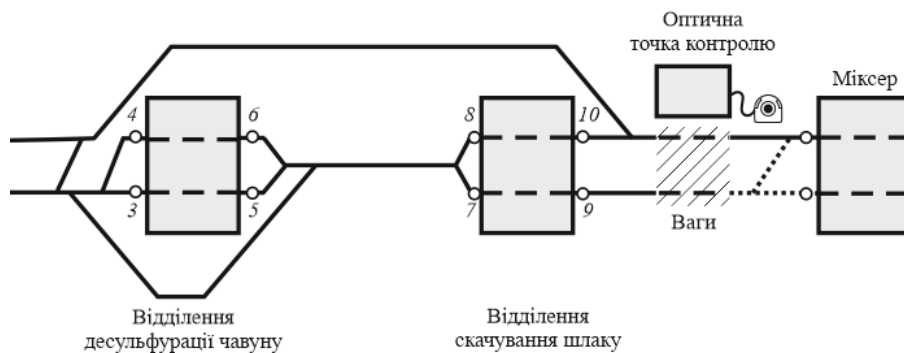


Рисунок 1.2 – Місце впровадження оптичної точки контролю

Проблема оптичного розпізнавання номера ковша полягає в тому, що зображення сильно зашумлене. Приклади показані на рис. 1.3. Окрім зашумленості зображення на ківші, розпізнавання проводиться в різний час доби (ніч, день) і за різної погоди (дощ, туман і так далі), тобто зображення має різну освітленість.



Рисунок 1.3 – Вихідні фотозображення ківшів № 03, 022 та 026

1.3 Огляд існуючих систем і програмних продуктів в цій предметній області

Проаналізуємо застосування інших систем і програмних продуктів, в основі роботи яких розпізнавання або ідентифікація зображення з номером об'єкту.

На сьогодні вже існує цілий ряд систем, що успішно вирішують проблему, подібну до тієї, що розглядається.

Найбільш близькими до завдання розпізнавання номера на ківші є завдання розпізнавання номерів на залізничних вагонах, що виникає при рішенні задачі контролю рухомого складу і вантажів, що доставляються залізницею, та розпізнавання номерів на контейнері при рішенні задачі обліку контейнерних перевезень в порту, терміналі або на сортувальній станції [19].

Крім цього зараз розроблено ряд систем автоматичного розпізнавання номерних знаків транспортних засобів [20].

До найбільш відомих систем розпізнавання автомобільних номерів відносяться:

- «CarGo Enterprise» – система, що здатна розпізнавати усі типи українських та іноземних номерів. Автомобільні номери розпізнаються CarGo Enterprise з вірогідністю до 96%, що дозволяє ефективно вирішувати задачу реєстрації та ідентифікації автомобілів. Система допомагає запобігати несанкціонованому проїзду, організувати безпеку автомобілів та контроль над транспортними потоками. Надійність розпізнавання автомобільних номерів залежить від декількох чинників, які детально описані в доданій документації. Серед них: кут нахилу камери по відношенню до номеру автомобіля; час знаходження номерного знаку автомобіля в полі дії відеокамери; рівень освітлення об'єкту в темний час доби; міра забрудненості номера; висота символів номерного знаку на номері автотранспортного засобу [21];

- «Автомаршал» – вирішує завдання контролю проїзду, управління доступом і обліку автотранспорту на паркувальних майданчиках, контрольно-

перепускних пунктах і прохідних, вагових, автомийках, автомагістралях, а також на територіях товариств власного житла і приватних будинків. Два паралельні алгоритми забезпечують найвищу надійність розпізнавання до 98% при швидкості автомобілів до 150 км/год. Програмне забезпечення (ПЗ) «Автомаршал» працює під управлінням операційної системи сімейства Windows. До комп'ютера по мережі Ethernet підключається одна або більше IP-відеокамер. Система розпізнає номери автомобілів за рахунок аналізу відео, що поступає з камер, і зберігає інформацію про усі автомобілі (дата/час проїзду, напрямок проїзду, зображення автомобіля, номер автомобіля, найменування камери, коментарі та ін.), що проїхали, у базу даних. Функціонал системи дозволяє створювати призначені для користувача списки доступу, формувати різні види звітів, завантажувати сторонні бази даних, управляти шлагбаумами і світлофорами, взаємодіяти зі системами контролю управління доступом і системами відеоспостереження [22];

– «Hunter LPR» – система розпізнавання автомобільних номерів Hunter LPR орієнтована на розпізнавання автомобільних номерів як в режимі реального часу, так і при перегляді записаного архіву. Клієнтська частина програмного забезпечення Hunter LPR Client створена для контролю службою безпеки проїзду автотранспорту, безпосередньо на пропускному пункті. Інформація про розпізнаний номер автомобіля і його фото відправляються на видалений клієнт для верифікації авто і видачі дозволу на проїзд співробітником служби безпеки. Таким чином, співробітник служби безпеки може приймати рішення щодо пропуску автомобіля при появі відповідної інформації про автомобіль з сервера бази даних системи розпізнавання. Окрім пропуску автомобіля, оператором може бути додана додаткова інформація у базу даних про автомобіль, його водія, співробітника відповідального за пропуск. Hunter LPR Client адаптований для роботи на планшетному ПК, у випадку якщо співробітник служби безпеки проводить контроль проїзду авто безпосередньо біля автомобіля. Окрім розпізнавання номера, система в автоматичному режимі реєструє напрямок руху автомобіля, його фото, фото

номера, час проїзду через контрольовану ділянку дороги [23];

- «Auto-TRASSIR» – система розпізнавання автомобільних номерів, що добре зарекомендувала себе, при дотриманні ряду умов (розглядаються стандартні номери: білий фон, чорні символи, під чистими номерами маються на увазі номери, колір яких змінився не більше, ніж на 25%, і не більше 10% номерного знаку приховані забрудненнями повністю) має основні технічні характеристики: відсоток розпізнаваних чистих номерів – більше 90%, мінімальне освітлення в області номерного знаку – 50 люкс, максимальна швидкість руху автомобіля – 150 км/год, кут відхилення камери від вертикалі вниз – максимум 30°, кут відхилення камери від вертикалі вгору – максимум 30°, кут відхилення по вертикалі і горизонталі одночасно – по вертикалі максимум 20°, по горизонталі вниз – 30°, інтервал дотримання легкових автомобілів 3 м, інтервал дотримання вантажних автомобілів – 7 м [24];

- «ОБЕРІГ» – сертифікований в Україні апаратно-програмний комплекс фірми «ВАТЕК», призначений для зчитування і розпізнавання державних автомобільних номерних знаків. Основні функції: зчитування державних автомобільних номерних знаків транспортних засобів на швидкості до 255 км/год; розпізнавання більше 300 типів номерних знаків; ведення і зберігання журналів розпізнаних номерів в СКБД (підтримувані СКБД – DBASE, MS ACCESS, MS SQL Server, MySQL, PostgreSQL, ORACLE); експорт/імпорт відеофайлів і розпізнаної інформації (в т.ч. виведення на друк журналу розпізнаних номерів); видалений моніторинг по інтернету або внутрішній мережі; управління зовнішніми пристроями (шлагбауми, світлофори, освітлення і так далі); інтеграція з устаткуванням і програмним забезпеченням інших виробників (робота з автомобільними вагами, передачі розпізнаної інформації в 1С) [25].

- «Overseer Parking» – призначений для використання на паркуваннях, проїзних, КПП, автостоянках або території великого підприємства, які окрім функцій відеоспостереження вимагають контроль пересування автомобілів. При впровадженні така система може бути інтегрована з різними виконавчими

та тривожними пристроями (наприклад, з вагами для зважування автотранспорту, датчиками, шлагбаумами і так далі). Для розпізнавання автомобільного номеру (в основному тільки переднього) необхідно організувати в'їзд-виїзд, якщо це пропускна система, або визначити зони спостереження камерами для зчитування державного номеру в щільному потоці руху автомобілів. Завдяки такій системі можна отримати контроль в'їзду і виїзду, вивести статистику, зробити підрахунок часу простою, а так само розрахувати вартість простою автомобіля. Середній час розпізнавання кадру до 16 мс. Середній час розпізнавання номера до 2 мс. Коефіцієнт розпізнавання – більше 96%. Максимальна кількість номерів, одночасно розпізнаних в кадрі – до 10 шт.

– «NumberOk» – програма розпізнавання номерів автомобілів, проводить захоплення відеопотоку, розпізнавання автомобільних номерів в потоці, збереження події із записом номера, часу і кадру з номером. У програмі передбачена можливість внесення розпізнаних номерів в «білий» і «чорний» списки і додавання коментаря до номера. У середині програми є можливість як налаштування «за замовчанням», так і можливість налаштування до трьох зон розпізнавання і тонкого підстроювання алгоритму. Можна здійснювати пошук за результатами розпізнавання з фільтрацією: за зоною розпізнавання, за проміжком часу, за приналежністю до списку, за маскою номера, за коментарем. Результати пошуку можна експортувати в csv-формат. Програма розпізнавання автомобільних номерів від українського виробника розпізнає автомобільні номери: типів 1 по ДСТУ 4278:2006 і 1 по ДСТУ 3650-97; при рекомендованій швидкості пересування автомобіля не більше 40 км/год; при горизонтальному розмірі номера в кадрі не менше 80 пікселів, за умови, що номер на стоп-кадрі розпізнається звичайним людським оком (наприклад, не залитий брудом) [26].

Створені системи припускаються похибки в розпізнаванні деяких видів номерних знаків транспортних засобів на зображеннях, отриманих в реальних умовах, оскільки не є універсальними і використовують *прив'язку до шаблонів*

номерних знаків транспортних засобів конкретних країн, для яких вони розроблені.

Іншими недоліками існуючих систем є: помилкове розпізнавання схожих символів, а також нестійкість до поганої якості умов освітлення і наявності шумів на зображенні, що призводить до помилок виявлення номерного знаку. Правильність роботи цих систем знижується в нічний час доби.

Недоліком алгоритмів локалізації, використовуваних в таких системах, являється те, що об'єкт на зображенні відшукується серед фрагментів строго фіксованого розміру. Фрагменти мають ширину, достатню для розміщення образів 6-7 символів і висоту, приблизно рівну висоті символів.

Інше подібне завдання вирішується при розпізнаванні номерів вантажних контейнерів, використовуваних у наш час для перевезення вантажів. На митницях, в портах необхідно реєструвати тисячі контейнерів, тому для автоматизації цього процесу створюються системи автоматичного розпізнавання номерів контейнерів. Ця система використовує камеру для фотографування контейнерів, далі використовуються деякі методи обробки зображення для виділення області, що містить номерний знак, з подальшим розпізнаванням окремих символів номера

Наступні системи дозволяють вести облік контейнерних перевезень в порту, терміналі або на сортувальній станції:

- «Інтегра-Видео-ЖД» – система розпізнавання номерів залізничних вагонів, цистерн і номерів транспортних контейнерів, використовується для автоматичної реєстрації і розпізнавання номерів залізничних вагонів і цистерн на з/д вузлах, транзитних станціях, під'їздах до пунктів розвантаження/завантаження. Система також реєструє номери транспортних контейнерів переміщуваних автотранспортом або з/д транспортом в портах, терміналах або будь-яких інших пунктах проїзду [27].

- «Карго-Інспектор» – система, працююча під управлінням АРМ «SecurOS») і відеопідсистеми SecurOS, призначена для автоматизації процесу реєстрації контейнерів, перевірки відповідності їх номерів даним перевізних

документів, формування номерних списків, складання звідних і розрахункових відомостей, функціональні можливості – розпізнавання номера, нанесеного на дах або бічну стінку контейнера [28].

Проблема контролю рухомого складу і вантажів, що доставляються залізницею, актуальна для різних промислових об'єктів: нафтопереробні заводи; металургійні, гірничо-збагачувальні комбінати; паливно-заправні комплекси; продуктові сховища.

Номер вагону є його унікальним ідентифікатором. Тому номер вагону є досить важливою інформацією про вагон і активно використовується в інформаційних системах, працюючих в мережі залізниць.

Відомі системи розпізнавання номерів залізничних вагонів:

- «SecurOS Transit» – це система інтелектуального відеоаналізу, що автоматизує процесу реєстрації та контролю пересування вагонів, цистерн та платформ залізницею через розпізнавання номерів. SecurOS Transit – ефективний інструмент для реєстрації залізничних транспортних засобів на маневрових станціях, митних терміналах, залізничних вузлах, а також для контролю контейнерів і доставки на промислові підприємства і склади. [29];

- «ARSCIS» – забезпечує контроль залізничних вантажоперевезень на заданій ділянці залізниці, ідентифікація об'єктів контролю (вагонів, цистерн, платформ і тому подібного) проводиться шляхом оптичного розпізнавання їх реєстраційних номерів, нанесених на борти і балку шасі вагонів. Виконує функції: підрахунок кількості вагонів; формування зображень кожного вагону; автоматичне розпізнавання номерів вагонів з бортів та рами; формування інформації про вагони: фото, відео, інвентарний номер, швидкість проїзду, дата/час, кількість осей, тип вагону та ін. [30];

- «CarGo Train» – система контролю з/д транспорту, що застосовується для кількісного і номерного обліку вагонів і вагового контролю вантажу, що перевозиться ними. Система дозволяє мінімізувати вплив людського чинника, автоматизувати рутинні процеси звіряння номерів вагонів, підрахунку вагонів в складі, зіставлення даних про вагу вантажу, отриманих при зважуванні вагонів

з даними про вагу вантажу в натурному листі і виявлення помилок і порушень. У тієї організації, що орендує вагони, з'являється можливість контролювати час простою вагонів на території підприємства з метою мінімізації витрат на їх оренду. [31];

– «INTLAB RECOGNITION ENGINES» – цифрова система відеоспостереження, що забезпечує автоматичну відеореєстрацію, розпізнавання типів, марок, моделей і реєстраційних номерів автомобільних засобів (INTLAB AUTO); розпізнавання номерів вантажних вагонів (INTLAB WAGON); розпізнавання номерів пасажирських вагонів (INTLAB COACH); розпізнавання UIC номерів вагонів (INTLAB UIC); розпізнавання номерів контейнерів (INTLAB CONTAINER) через точки контролю за зображенням, отриманим від камер в реальному часі [32].

Розглянуті системи працюють в режимі реального часу і показують досить добрі результати у виділенні і розпізнаванні номерів залізничних вагонів. Це обумовлено тим, що в таких програмно-апаратних комплексах використовується дороге устаткування. Номери на вагонах нанесені за допомогою трафаретів і мають хорошу читаність, що полегшує процес їх локалізації. Автоматично сформований список номерів вагонів може бути уточнений та скоригований оператором.

Недоліком є те, що в таких системах алгоритм локалізації здійснює пошук зон – прямокутних фрагментів зображення, що імовірно містять образ текстової мітки, за допомогою скануючого вікна фіксованого розміру. Результат локалізації знижується при сильній забрудненості цистерн і вагонів. Таким чином, проведений огляд існуючих систем і програмних продуктів показав їх непридатність для вирішення існуючої проблеми і **необхідність створення власного підходу обробки зображення.**

1.4 Аналіз етапів обробки зображення

Обробка зображень з метою їх розпізнавання є одним з центральних і практично важливих завдань при створенні систем комп'ютерного зору. Опису цього процесу за останні 30 років присвячена велика кількість робіт [33, 34, 38, 41-44, 47, 51, 69-72], більшість з яких стало фундаментальними матеріалами. Згідно з цими даними обробка зображення є комплексною та ієрархічною і виконується поетапно.

У джерелі [34] запропонована узагальнююча класифікація основних методів обробки і розпізнавання зображень. Вона відображена на рис. 1.4. На основі цієї схеми багато авторів будують свій аналіз вживаних методів [35].

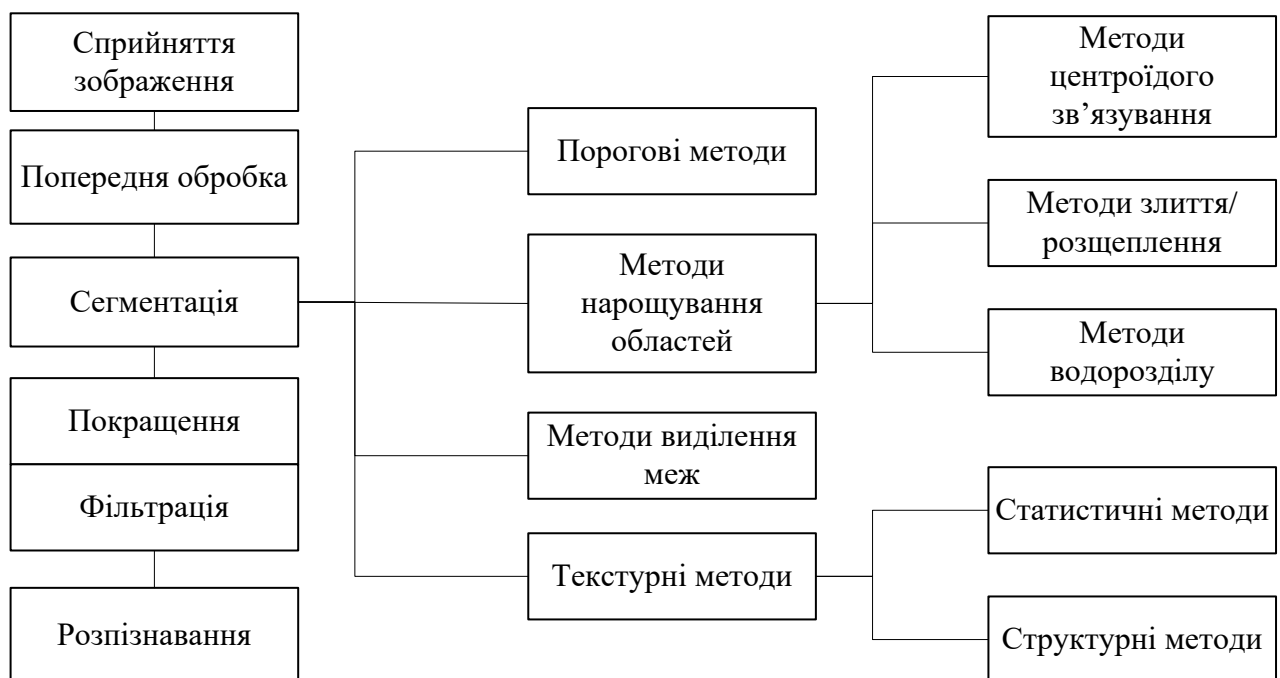


Рисунок 1.4 – Загальні процедури та методи обробки зображень

Згідно із запропонованою класифікацією, розгалуження за методами відбувається на етапі сегментації, що як правило сприймається, як процес пошуку однорідних областей на зображенні – кольорів, текстур чи іншого [36]. Методи подальшої обробки спираються на особливі властивості.

При існуванні стабільних відмінностей в яскравостях інформативних

областей зображення, застосовуються порогові методи, наприклад, з півтонового отримують бінарне зображення [37].

За наявності стійкої зв'язності всередині окремих сегментів ефективні методи нарощування областей, що за принципом дії, поділяються на методи центроїдного зв'язування, злиття чи розщеплення та водорозділу. Загальна ідея нарощування областей в угрупованні сусідніх елементів з однаковими або близькими рівнями яскравості, а потім об'єднання їх в однорідні області [38]. Центроїдне зв'язування припускає вибір стартових точок або за допомогою оператора, або автоматично. В методі вододілів, розшукуються локальні мінімуми, та угрупованням областей виконується навколо них.

Метод виділення меж використовують за наявності чітко окреслених [39]

Виділення контурних ліній найчастіше використовується в системах технічного зору і засноване на обліку зміни яскравості і подальшому її порівнянні з пороговою.

Критерієм використання методів, що наведені, є однорідна яскравість. З точки зору обчислювальних витрат ці методи є прийнятими, але в реальних ситуаціях часто застосовують різні евристики. Коли мова йде про такі властивості як однорідність, шорсткість та регулярність, застосовують текстурні методи. Їх умовно можна розділити на статичні та структурні. В основі статистичних методів використання матриці збігів, що формуються з початкових зображень, обрахування статистичних моментів та ентропії. В основі структурних – виділення загальних властивостей багатокутників, що будуються, та їх об'єднання за ними в області.

У завданні ідентифікації чавуновізного ковша за номером можна виділити наступні **проблеми**: об'єкт на зображенні може спотворюватися внаслідок зовнішніх дій; зображення може бути зашумленим залежно від освітлення і атмосферних явищ; область інтересу, що містить номер ковша, може мати різний розмір та розрядність (рис.1.5).

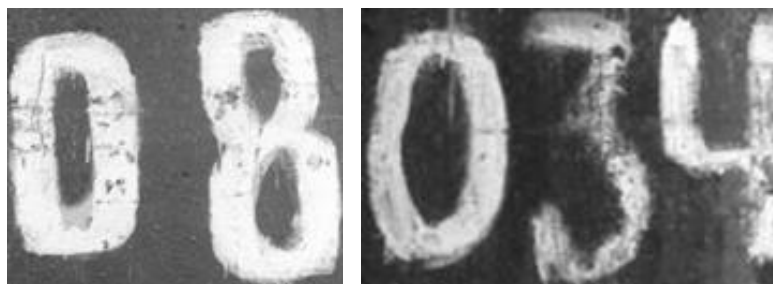


Рисунок 1.5 – Приклади інформативної області

Тому перспективним напрямком є розробка методів інтелектуального аналізу даних: нейронні мережі, дерева рішень, генетичні алгоритми, нечітка логіка та ін. Оскільки ківшів, на які нанесені аналізовані номери, існує кінцева кількість, перспективним також виглядає застосування еталонних методів порівняння. Таким чином, для вирішення поставленого завдання **актуальне застосування методу ідентифікації зображення порівнянням його з еталонним.**

Відносно цього завдання потрібна наступна поетапна обробка зображення:

- 1) на першому етапі необхідно здійснити попередню обробку початкових фотозображень для покращення їх якості;
- 2) на другому – локалізувати інформативну область;
- 3) на третьому етапі по локалізованій області провести ідентифікацію номера чавуновізного ковша.

1.5 Аналіз існуючих бібліотек комп'ютерного зору

При розробці подібних систем застосовуються спеціалізовані бібліотеки, в яких реалізовані методи комп'ютерного зору. Так, розробникам доступні наступні вільно поширювані бібліотеки: OpenCV, AForge.NET, VXL, LTI-Lib [40].

Для визначення найбільш відповідної бібліотеки для вирішення завдання розробки програми розпізнавання рукописних і друкарських чисел був проведений аналіз найпопулярніших з них, що мають наступні можливості:

отримання даних з камер і їх обробка, обробка зображень, виявлення і розпізнавання об'єктів, захоплення рухів. Однією з широко найвідоміших бібліотек є OpenCV (Open Source Computer Vision Library). OpenCV розроблена на мовах програмування C/C++ і може використовуватися на різних операційних системах. До складу цієї бібліотеки входять процедури з низькорівневою оптимізацією, які можуть застосовуватися для різноманітних алгоритмічних областей.

Бібліотека AForge.NET, створена на мові C#, має відкритий початковий код. AForge.NET використовується при розробці різних застосувань, у тому числі і для проведення досліджень в області комп'ютерного зору і штучного інтелекту. Бібліотека містить функції, пов'язані з реалізацією обробки зображень, нейронних мереж і генетичних алгоритмів, нечіткою логікою, робототехнікою тощо. AForge.NET включає набір модулів: AForge.Imaging – процедури обробки зображень і фільтрів; AForge.Vision – методи комп'ютерного зору; AForge.Video – функції для обробки відео та іншого. Ця бібліотека постійно удосконалюється, з'являється величезна кількість демонстраційних прикладів і програм по роботі з нею, що полегшує її вивчення.

VXL (the Vision – something Libraries) – це набір бібліотек, написаних на мові C++. Можливості цієї бібліотеки застосовуються для наукових досліджень і в реалізації методів комп'ютерного зору. Основними компонентами VXL є: VIL – завантаження, збереження і редагування зображень, VGL – геометрія елементарних об'єктів в 1, 2 або 3-х вимірах, VSL – потокове введення-виведення і різні маніпуляції з відео. Також у бібліотеці реалізовані додаткові модулі, що включають типові шаблони, утиліти, чисельні контейнери і алгоритми. Перевагою цієї бібліотеки є те, що можна використати необхідні компоненти окремо.

LTI-Lib, розроблена на мові C++ – є об'єктно-орієнтованою бібліотекою алгоритмів і структур даних. Ця бібліотека широко застосовується при розробці систем з обробки зображень і у сфері комп'ютерного зору. За рахунок своєї

архітектури LTI-Lib забезпечує швидкість роботи алгоритмів, які можуть бути використані в реальних застосуваннях. У бібліотеці реалізований широкий функціонал: різні методи сегментації, лінійні фільтри, захоплення зображень з пристроїв, функції відстежування рухів і багато що інше. При реалізації алгоритмів обробки зображень в C++ часто виникають складнощі з представленням тимчасових образів під час відладки. Завдяки об'єктно-орієнтованій архітектурі бібліотеки LTI-Lib, для попереднього перегляду необхідно створити об'єкт представлення та передати йому зображення, яке необхідно вивести на екран.

В результаті аналізу можливостей бібліотек, в яких реалізовані алгоритми комп'ютерного зору, була виявлена бібліотека, що відповідає усім необхідним вимогам для реалізації механізму розпізнавання рукописних і друкарських чисел, – OpenCV. Найбільш значною перевагою бібліотеки є її багатоплатформність та продуктивність. При використанні додаткового компонента IPP продуктивність роботи алгоритмів збільшується. При цьому відкритий код і можливість ручного налаштування алгоритмів дозволяють вирішити вузькоспеціалізовані завдання.

1.6 Постановка наукової задачі й обґрунтування методики досліджень

Метою дисертаційної роботи є розробка нової інформаційної технології ідентифікації номера на його зашумленому фотозображенні, що дозволяє підвищити ефективність моніторингу і управління рухом чавуновізнних ківшів на виробництві. Для досягнення мети в роботі необхідно вирішити наступні завдання:

- обґрунтувати і вибрати методи попередньої обробки зображення для поліпшення його якості – фільтрації та бінаризації;
- обґрунтувати і вибрати методи локалізації інформативних областей на зображенні для комп'ютерного моделювання;
- перевірити ефективність обробки обраними методами, визначити їх

недоліки;

- модифікувати вибраний метод бінаризації зображення з урахуванням особливості вибраного методу локалізації інформативної області для поліпшення якості обробки;

- модифікувати вибраний метод локалізації інформативної області з урахуванням низькорівневих характеристик зображення з метою поліпшення якості обробки;

- обґрунтувати і вибрати метод ідентифікації номера на зображенні;

- розробити метод порівняння локалізованого зображення з еталонним на основі нечіткої характеристики;

- розробити пакет прикладних програм на основі вибраних і розроблених методів;

- перевірити ефективність запропонованих методів для ідентифікації номера на зображенні.

1.7 Висновки до першого розділу

У першому розділі проведений аналіз інформаційних технологій, використовуваних при розробці систем технічного зору. Результати, отримані в першому розділі, сформульовані таким чином:

- а) обробка зображення – необхідний етап при розробці систем комп'ютерного зору, які досить затребувані в різних сферах діяльності людини. Актуальний аналіз зображення при вирішенні проблеми ідентифікації номера чавуновізного ковша за його фотозображенням;
- б) впровадження прогресивних інформаційних технологій до існуючих на виробництві інформаційних систем, дозволяє підвищити ефективність процесу в цілому;
- в) аналіз літературних джерел показав, що розроблені системи і програмні продукти мають ряд недоліків: нестійкість до поганої якості умов освітлення; програми використовують прив'язку до шаблонів номерних

знаків транспортних засобів конкретних країн, для яких вони розроблені; номери на об'єктах нанесені за допомогою трафаретів і мають хорошу читаність, що полегшує процес їх локалізації;

г) визначено, що обробка даного типу зображень включатиме етапи:

- 1) попередня обробка (фільтрація; бінаризація;)
- 2) локалізація;
- 3) ідентифікація.

РОЗДІЛ 2

ПОПЕРЕДНЯ ОБРОБКА І ЛОКАЛІЗАЦІЯ ОБ'ЄКТУ НА ЗОБРАЖЕННІ

2.1 Попередня обробка фотозображення

2.1.1 Фільтрація

Як відомо з літературних джерел [41], початкові зображення, що формуються інформаційними системами, часто спотворюються різними шумами та перешкодами, що робить складним аналіз таких зображень як людиною, так і комп'ютером при проведенні автоматичної обробки. В якості таких перешкод можуть бути деякі елементи самого зображення. Так, на аналізовані фотозображення, окрім ковша, можуть потрапляти інші елементи навколишнього оточення (небо, стіна, різні металоконструкції). Власне, напис на ківші може бути зашумлений, утвореними патьоками вапна, чавуну, налиплим пилом. Внаслідок цілодобової обробки, зображення мають різну освітленість. Також додають зображенню шумів погодні явища.

Послаблення дії перешкод досягаються фільтрацією. Дія фільтрації полягає в тому, щоби замінити значення яскравості точки, що спотворено перешкодою на таке, що менш спотворене, базуючись при цьому на даних самої точки, чи точок з округи [42]. Щоб знайти раціональну обчислювальну процедуру, яка б дозволила підтвердити необхідність попередньої обробки – фільтрації, розглянемо наявні зображення і визначимо критерії оптимальності, що пред'являються до вибраного методу.

Безліч аналізованих фотографій має високий рівень шуму. Для оцінки зашумлення, згідно [43] розраховують Peak signal-to-noise ratio (*PSNR*) – пікове співвідношення сигнал/шум:

$$PSNR(P, Q) = 20 \cdot \lg \left(\frac{255}{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N d(P_i, Q_i)}} \right), \quad (2.1)$$

де P_i , Q_i – i -ті пікселі ідеального (без шуму) та оригінального зображень; N – кількість пікселів на кожному з зображень; $d(P_i, Q_i)$ – різниця значень пікселів (оскільки зображення надаються в градаціях сірого).

$PSNR$ не має абсолютного значення. Величини $PSNR$ використовуються тільки для порівняння продуктивності різних методів стискування, а також для вивчення впливу різних параметрів на продуктивність того або іншого алгоритму. Чим більше схожості між образами, тим менше величини Root Mean Square Error ($RMSE$ – корінь середньоквадратичної помилки), а, означає, більше $PSNR$.

Зазвичай, величина $PSNR$ варіюється в межах від 20 до 40. Якщо значення пікселів знаходяться в інтервалі $[0, 255]$, тоді $RMSE$, рівний 25.5, дає $PSNR$, рівне 20, а при $RMSE$ рівному 2.55 величина $PSNR$ – 40. Значення $RMSE$ рівне нулю (збіг зображень), дає для $PSNR$ результат нескінченності (точніше, невизначеність). При $RMSE$ рівному 255 число $PSNR$ дорівнює 0, а якщо $RMSE$ більше, ніж 255, то $PSNR$ буде негативним [44].

Для вхідних фотографій (рис. 1.1) була отримана $PSNR$ розміром ~ 50 . Оскільки розмір $PSNR$ великий, застосування фільтру поліпшить якість зображення. Отже, розглянемо види шумів і алгоритми їх фільтрації.

Найпоширеніші види шумів [45]:

- білий шум – сигнал, відліки якого не корелюють один з одним, і його різновид – білий шум гауса, який виникає, зокрема, за поганих умов прийому сигналу;
- імпульсний шум – випадкові ізольовані точки на зображенні, значення яких значно відрізняється від значень точок (зазвичай виникає при передачі по аналогових каналах), що оточують їх.
- кольорові плями – характерні для аналогового сигналу (приміром, є присутніми у відеозображенні, оцифрованому з відеокасет VHS).

Менш поширені види шуму – шум виду «Сіль і перець» (як правило, викликається перешкодами в електромережі) та вертикальні подряпини

(характерні для старих чорно-білих кінострічок, виникають при механічному ушкодженні емульсії на плівці) [46].

Алгоритми шумозаглушення зазвичай спеціалізуються на пригніченні якогось конкретного виду шуму. Універсальних фільтрів, які б детектували та пригнічували усі види шумів, досі не існує. Проте, до багатьох шумів можна досить добре наблизитись моделлю білого шуму гауса, тому більшість алгоритмів орієнтована на пригнічення саме цього виду шуму.

Згідно [43], початкові зображення мають імпульсний яскравісний шум.

У літературі описані такі методи як лінійне усереднювання пікселів, фільтрація Гауса, Вінера, медіанна фільтрація, методи на основі математичної морфології, вейвлет-перетворення, метод головних компонент, анізотропна дифузія [47].

При виборі найбільш відповідного методу фільтрації потрібно враховувати, що вхідне зображення повинно оброблюватися за той час, що ківш знаходиться на вагон-вагах (1-3 хвилини).

Проаналізовані:

- 1) початкові цілі зображення;
- 2) фрагменти зображення після локалізації з метою визначення впливу фільтрації на локалізацію і ідентифікацію і вибору єдиного методу фільтрації.

Для початкового зображення (позначимо як I) за допомогою Matlab було проаналізовано декілька базових методів [48]:

- фільтр арифметичне середнє (функція *imfilter*(I, h), де $h = \text{ones} / 64$, *ones* – одинична матриця),
- медіанний фільтр (функція *medfilt2*($I, [8,8]$));
- рангова фільтрація (функція *ordfilt2*($I, 16, \text{ones}(4,4)$));
- адаптивна фільтрація Вінера (функція *wiener2*($I, [8,8]$)),
- оптимізована операція фільтрації (функція *uint8(colfilt*($I, [8\ 8], 'sliding', @mean)))$).

Результати фільтрації зображень розташовані на рис. 2.1.



Вихідне зображення

Фільтр арифметичне
середнє (функція imfilter)Медіанний фільтр
(функція medfilt2)Рангова фільтрація
(функція ordfilt2)Адаптивна фільтрація
(функція wiener2)Оптимізована фільтрація
(функція colfilt)

Рисунок 2.1 – Результати фільтрації сегментів зображень

Час виконання розраховувався за допомогою стандартних функцій *tic* і *toc*. Функція *tic* запускає секундомір, а функція *toc* виводить обчислений час. Оскільки цей час залежить від декількох різних чинників і може змінюватися, було проведено декілька вимірів, і розрахований середній результат. Таким чином, час виконання склав: багатовимірна фільтрація 0,018498 с, медіанний фільтр 0,109878 с, фільтр Вінера 0,080065 с, оптимізована операція фільтрації 0,476517 с.

Для аналізу змістовності зображень до і після фільтрації удамося до розрахунку ентропії зображень. Для розрахунку ентропії зображення $H(I)$ необхідно визначити ентропію зображення. Оскільки початкове зображення приймається в градаціях сірого, ентропія зображення визначається за формулою [49] (2.2) :

$$H(I) = -\sum_{i=1}^n p_i \log_2(p_i) = \sum_{i=1}^n p_i \log_2\left(\frac{1}{p_i}\right) \quad (2.2)$$

де I – зображення в градаціях сірого; p_i – вірогідність, визначувана як частка від ділення кількості появ i -го байту ($i = 0...255$) в зображенні I до загального числа байт в зображенні I [50].

Ентропія безпосередньо пов'язана з «несподіваністю» виникнення події. А звідси витікає і його інформативність – чим подія більше передбачувана, тим вона менш інформативна. Це свідчить, що і його ентропія буде нижче. В даному випадку, інформативним буде зображення, на якому область інтересу, що містить номер ковша, чіткіше обкреслена. Тобто фільтрація зображення повинна підвищувати значення ентропії.

Величину ентропії для усіх наявних фотозображень розраховали за допомогою функції *entropy(I)* в MATLAB [51]. Отримані величини приведені в таблиці 2.1. Різниця ентропії порівняно із початковим зображенням наведена в таблиці 2.2. Максимальна різниця з початковим зображенням склала для арифметичного середнього – 1,315984%, медіанного фільтру – 2,001476%, адаптивній фільтрації Вінера – 1,290496%, оптимізованій операції фільтрації – 1,314642%.

Кількісне збільшення змістовності показав медіанний фільтр. Найменший час виконання – фільтр арифметичне середнє. Наочно застосування фільтру арифметичне середнє приводить до того, що область інтересу змащується, а шум розмивається, збільшуючи яскравість неінформативних частин зображення. Застосування ж медіанного фільтру призводить до чіткого окреслювання області інтересу, зменшення кількості дрібного шуму і великих областей з високою яскравістю.

Таблиця 2.1 – Величина ентропії для початкових фотозображень ківшів та їх зображень після фільтрації за методами

№ ковша Фільтр зображ.	01	03	08	022	026	028	030	033	034	036	037	038	039	040	043	054	056
початкове зображення	7.6355	7.4545	7.2642	7.6383	7.4929	7.6604	7.5215	7.615	7.4853	7.5199	7.3871	7.4626	7.4429	7.5463	7.3821	6.3991	7.4772

Продовження таблиці 2.1

№ ковша Фільтр зображ.	01	03	08	022	026	028	030	033	034	036	037	038	039	040	043	054	056
арифметичне середнє	7.5705	7.3564	7.2614	7.5493	7.4873	7.608	7.4825	7.5193	7.457	7.5111	7.3337	7.4068	7.4479	7.5788	7.3144	6.3733	7.4662
медіанна фільтрація	7.5876	7.3053	7.1963	7.4871	7.4537	7.5466	7.4003	7.5012	7.4424	7.4858	7.3033	7.329	7.3931	7.4986	7.2356	6.3228	7.4281
адаптивна фільтрація Вінера	7.5861	7.3583	7.2412	7.5748	7.4784	7.5994	7.4928	7.5512	7.4757	7.5057	7.3269	7.3885	7.4367	7.5763	7.2964	6.3542	7.475
оптимізована операція фільтрації	7.5707	7.3565	7.2614	7.5495	7.4876	7.6083	7.4828	7.5195	7.4572	7.5112	7.3338	7.407	7.4478	7.5786	7.3145	6.3734	7.4664

Таблиця 2.2 – Різниця ентропії для початкових фотографій ківшів та фільтрованих зображень

№ Фільтр	01	03	08	022	026	028	030	033	034	036	037	038	039	040	043	054	056	max
арифметичне середнє	0,851287	1,315984	0,038545	1,165181	0,074737	0,684037	0,518514	1,25673	0,378074	0,117023	0,722882	0,747729	-0,06718	-0,43067	0,917083	0,403182	0,147114	1,315984
медіанна фільтрація	0,627333	2,001476	0,934721	1,979498	0,523162	1,485562	1,611381	1,494419	0,573123	0,453463	1,13441	1,790261	0,669094	0,632098	1,98453	1,192355	0,656663	2,001476
адаптивна фільтрація Вінера	0,646978	1,290496	0,316621	0,831337	0,193517	0,796303	0,381573	0,83782	0,128251	0,188832	0,814934	0,992952	0,083301	-0,39755	1,160916	0,701661	0,029423	1,290496
оптимізована операція фільтрації	0,848667	1,314642	0,038545	1,162562	0,070734	0,680121	0,514525	1,254104	0,375402	0,115693	0,721528	0,745049	-0,06583	-0,42802	0,915729	0,401619	0,144439	1,314642

Час виконання усіх алгоритмів, окрім оптимізованої операції фільтрації, різниться в десятитисячних частках секунди [52]. Алгоритм медіанної фільтрації може бути оптимізований за швидкістю в 2-20 разів як описано в [53].

Аналогічно, для вручну локалізованих еталонних зображень проведений аналіз застосування різних методів фільтрації (рис. 2.2) та в таблиці 2.3 наведена величина ентропії.

Таблиця 2.3 – Величина ентропії для еталонних сегментів до та після фільтрації

Фільтр \ № ковша	01	03	08	022	026	028	030	033	034	036	037	038	039	040	043	054	056
	4,7522	1,2135	3,4720	8,8323	3,1123	8,1899	0,7115	3,5632	6,1909	4,8958	6,1240	1,2638	4,7056	1,6212	5,7733	5,8465	7,0298
арифметичне середнє	7.097	7.1902	7.2284	6.8507	7.395	7.0892	7.2136	7.4252	7.523	7.3875	7.1261	7.2905	7.2255	7.1423	7.1404	7.0247	7.5902
медіанна фільтрація	6.8757	6.7464	6.87	6.748	7.1962	6.9254	6.7469	7.1336	7.3659	7.1181	6.9046	6.7769	7.0253	6.7872	6.8117	6.8531	7.4822
адаптивна фільтрація Вінера	6.8655	6.9685	7.0406	6.8471	7.3158	6.9741	7.0518	7.2779	7.5016	7.2418	6.9476	7.0671	7.0484	6.9741	6.9726	6.9385	7.5504
оптимізована операція фільтрації	7.0974	7.1904	7.2284	7.0005	7.3956	7.0893	7.2141	7.4252	7.5232	7.3876	7.1264	7.2908	7.2257	7.1425	7.1408	7.0247	7.5901

Таблиця 2.4 – Різниця ентропії для еталонних сегментів до та після фільтрації

Фільтр \ №	01	03	08	022	026	028	030	033	034	036	037	038	039	040	043	054	056	max
арифметичне середнє	-2,3448	-5,9767	-3,7564	1,9816	-4,2827	1,1007	-6,5021	-3,8620	-1,3321	-2,4917	-1,0021	-6,0267	-2,5199	-5,5211	-1,3671	-1,1782	-0,5604	1,9816
медіанна фільтрація	0,8465	0,5645	1,3880	3,4510	-1,4793	3,3858	0,3883	0,2168	0,7839	1,2459	2,1374	1,4427	0,3207	-0,2748	3,2992	1,2934	0,8704	3,4510
адаптивна фільтрація Вінера	0,9936	-2,7090	-1,0608	2,0331	-3,1659	2,7064	-4,1133	-1,8016	-1,0439	-0,4703	1,5279	-2,7777	-0,0071	-3,0361	1,0150	0,0634	-0,0331	2,7064
оптимізована операція фільтрації	-2,3506	-5,9796	-3,7564	-0,1617	-4,2912	1,0993	-6,5095	-3,8620	-1,3348	-2,4931	-1,0063	-6,0310	-2,5227	-5,5240	-1,3728	-1,1782	-0,5591	1,0993

Максимальна різниця з початковим зображенням склала для арифметичного середнього – 1,9816%, медіанного фільтру – 3,4510%, адаптивній фільтрації Вінера – 2.7064%, оптимізованій операції фільтрації – 1.0993% (табл. 2.4). Час виконання, відповідно: 0.016000 с, 0.187000 с, 0.047000 с, 0.172000 с.

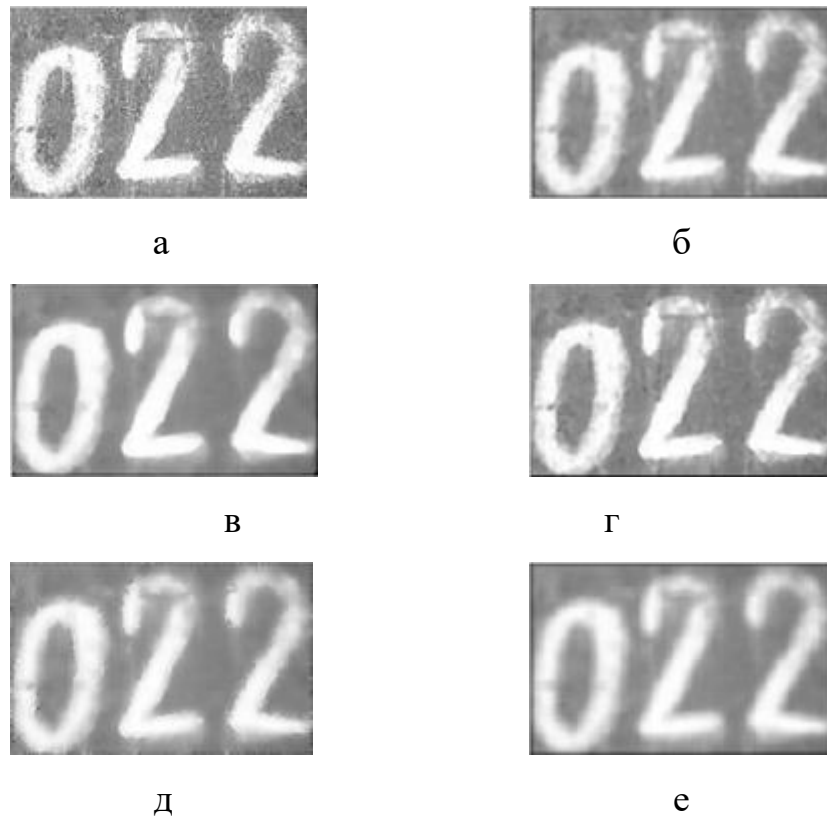


Рисунок 2.2 – Результати фільтрації сегментів зображень

- а) початкове зображення; б) лінійне усереднювання по сусідах; в) медіанна фільтрація; г) рангова фільтрація; д) адаптивна фільтрація Вінера; е) оптимізована операція фільтрації

Таким чином, для попередньої обробки був вибраний алгоритм медіанної фільтрації, оптимізований за швидкістю виконання за методом, що запропоновано в [54], адже він збільшує змістовність фотозображень.

2.1.2 Бінаризація

За допомогою подальших перетворень необхідно поліпшити відображення області інтересу і позбавитися від малих областей високої яскравості. Для вирішення цього завдання запропоновано провести бінаризацію зображення.

Існують різні підходи до бінаризації, які умовно можна розділити на порогові і адаптивні [55].

Алгоритми адаптивної бінаризації зображень базуються на використанні локальної або глобальної гістограми зображення. Підхід, заснований на використанні гістограми яскравостей пікселів, є одним з найвідоміших і, безумовно, найбільш простим. Оптимальна порогова сегментація заснована на наближенні гістограми зображення до деякої кривої, використовуючи вагові суми двох або більше за вірогідність інтенсивності з нормальним розподілом. Тоді поріг – це набір найближчих рівнів яскравості, що відповідають мінімуму вірогідності між максимумами двох або більше нормальних розподілів [56].

Порогова обробка зображення може проводитися різними способами: бінаризація з нижнім порогом; бінаризації з верхнім порогом; бінаризація з подвійним обмеженням; багаторівневе порогове перетворення; неповна порогова обробка; локальна порогова обробка (метод Отсу; визначення порогу на основі градієнта яскравості зображення; метод використання ентропії гістограми); глобальна порогова обробка (метод Бернсена; метод Ейквіла; метод Ніблека; метод Яновица та Брукштейна) та ін. [57, 59].

В методах глобальної порогової бінаризації порогове значення є постійним для всього зображення, а в локальних – розраховується для кожної точки окремо на основі деяких локальних ознак в її окрузі [58].

Оскільки методи локальної порогової обробки мають велику кількість розрахунків, немає сенсу застосовувати їх у вирішуваній задачі, щоб не збільшувати час виконання попередньої обробки. Тобто поріг повинен ґрунтуватися на одній з низькорівневих характеристик зображення.

Методи глобальної порогової обробки добре описані в літературі [54-59] і реалізовані у багатьох програмних пакетах. Так, обробка за методом Отсу в середовищі пакету Matlab виглядає таким чином:

```
>> imread  
>> imdata = imread('030.bmp');  
>> level = graythresh(imdata);  
>> BW = im2bw(imdata,level);  
>> imshow(BW)
```

Результуюче зображення показане на рис. 2.3.

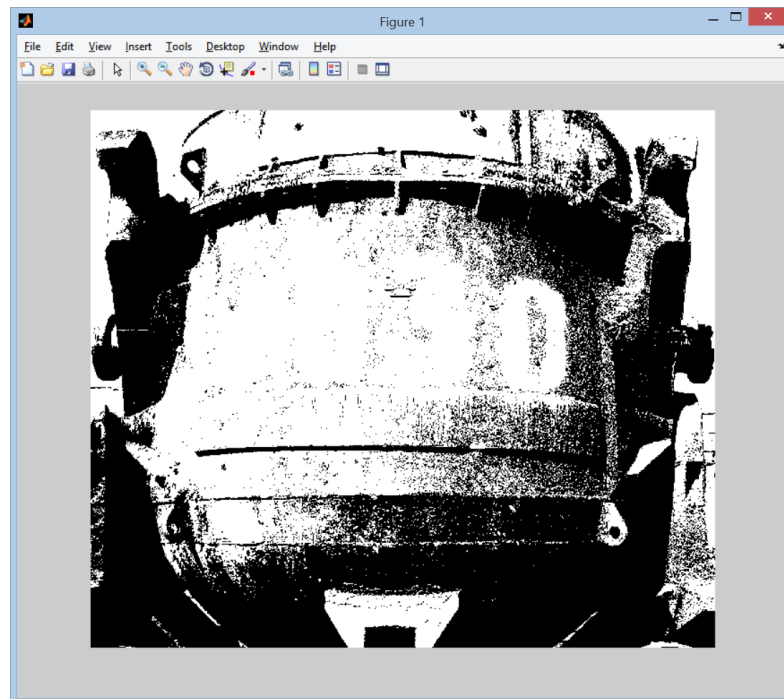


Рисунок 2.3 – Результати фільтрації сегментів зображень

Видно, що після обробки область інтересу зливається з яскравими областями фотографії, і, отже, подібна обробка для вирішення завдання локалізації неефективна.

Використання неповної порогової обробки глобальною бінаризацією виглядає перспективнішим. Розглянемо обробку зображення, що поетапно проводиться за цим методом.

На вхід системи поступає зображення в градаціях сірого кольору, ширина і висота якого $m \times n$. Зображення характеризується функцією яскравості:

$$I = \{ p_{x,y} \mid x \in \{0, \dots, m-1\}, y \in \{0, \dots, n-1\} \}, \quad (2.3)$$

де m – ширина зображення, n – висота зображення, кожен піксель $p_{x,y}$ характеризується функцією яскравості $f(p_{x,y}) \rightarrow [0,1]$.

Середня яскравість фотографії розраховується:

$$\bar{F} = \frac{\sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} f_{i,j}}{n \cdot m} \quad (2.4)$$

Для 20-ти зображень, отриманих при різних діях зовнішніх чинників (час доби, освітленість, дощ і ін.) була розрахована величина середньої яскравості (рис. 2.4).

Таким чином, середня яскравість зображення варіюється в діапазоні: $[0,14; 0,51]$.

Неповна порогова обробка глобальною бінарizaцією зображення виконується за формулою:

$$\varphi_{i,j} = \begin{cases} 0, & \text{если } f_{i,j} < T \\ f_{i,j}, & \text{если } f_{i,j} \geq T \end{cases} \quad (2.5)$$

де T – поріг.

Істотною є проблема вибору порогу, оскільки вибір занадто маленького порогу приведе до того, що на зображенні залишаться зайві області, що погіршуватимуть процес локалізації.

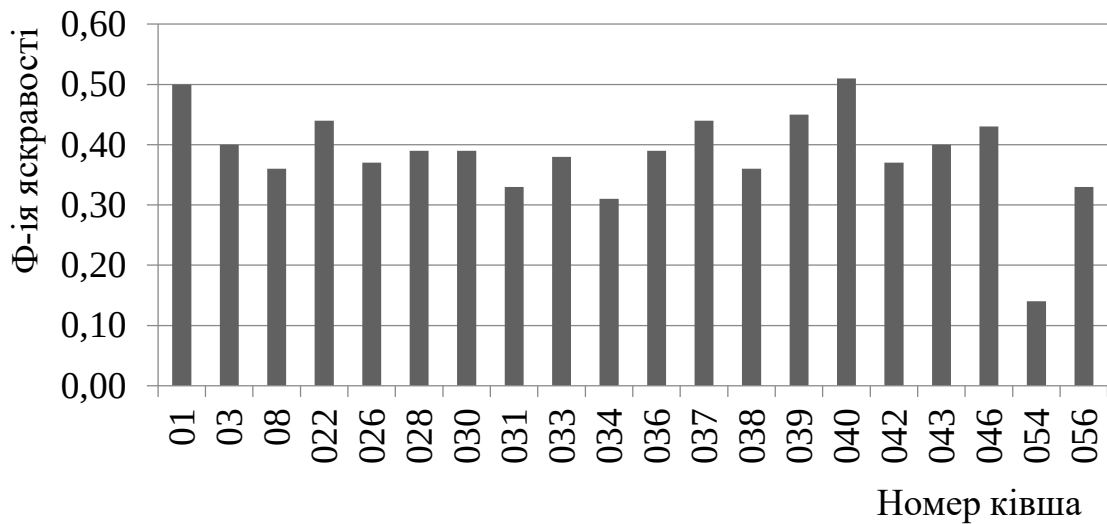


Рисунок 2.4 – Розмір середньої яскравості

Вибір занадто великого порогу може привести до часткової втрати шуканих інформативних областей. Експериментально було встановлено, що при збільшенні яскравості на 50% (значення функції яскравості в діапазоні від 0.2 до 0.8), зображення перетвориться кращим чином.

Покажемо дослідження за величиною порогу і формулою математичного розрахунку порогу.

Результат локалізації за пропонованою методикою залежить від порогу яскравості T , тому важливо вибрати його якнайкраще. Для експерименту було підібрано 20 фотографій різної якості, розрахована середня яскравість $\bar{F}$ і випробувалися формули для автоматичного розрахунку порогу відносно середньої яскравості. Для формули

$$T = k \cdot \bar{F}, \quad (2.6)$$

де k – коефіцієнт, що підбирався та змінювався k від 1 до 2, з кроком 0.1. Була отримана експертна оцінка: при $k=1.5$ відкидаються зайві для подальшої обробки області [60].

Середня яскравість фотографій, перетворених при такому порозі : $\bar{F} \in [0.21; 0.77]$. Для формули

$$T = 2 \cdot \bar{F} - \bar{F}^2. \quad (2.7)$$

Середня яскравість фотографій, перетворених при такому порозі: $\bar{F} \in [0.26; 0.76]$. Коефіцієнт кореляції між значеннями, отриманими за формулами (2.5) та (2.6) рівний 0.99. Графік середніх яскравостей бінаризованих зображень показаний на рис. 2.5.

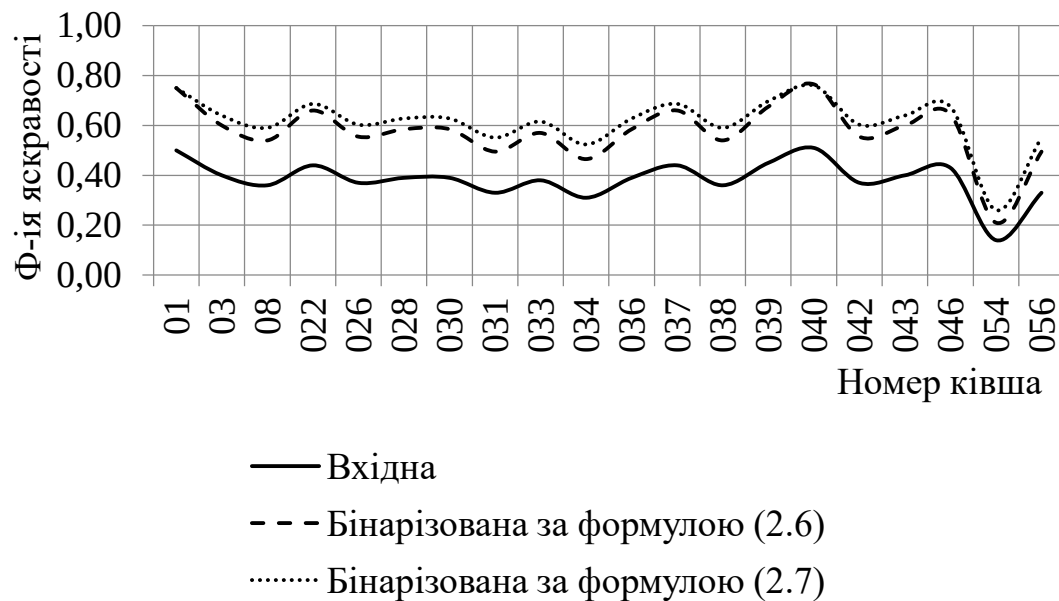


Рисунок 2.5 – Графік середніх яскравостей вихідних фотозображень

З графіку можна бачити, що функція яскравості, отримана за формулою (2.6), краще повторює поведінку початкової функції яскравості і знаходиться в діапазоні значень $[0.2; 0.8]$.

Таким чином, отримана експериментально формула підходить для досягнення необхідних значень, і розрахунок порогового значення відбувається автоматично на основі низькорівневої характеристики зображення – його середньої яскравості.

На рис. 2.6 показано зображення, що було отримано при обробці за формулою (2.7).



Рисунок 2.6 – Порогове перетворення вихідного зображення

Для вирішення завдання локалізації інформативної області проаналізуємо вже існуючі методи обробки.

2.2 Аналіз існуючих методів обробки статичних зображень для локалізації об'єктів

Аналіз літератури [61] показав, що ці методи обробки розрізняються в залежності від типу зображення об'єкту, що локалізується, технології пошуку, що використовується та його етапу.

Методи обробки можна розділити за двома основними групами ознак – це ознаки пікселя на зображенні, його колір чи яскравість, та ознаки об'єкту, що локалізується, множини пікселів, обраних за деякою характеристикою, наприклад, геометричною.

В роботі [62] описано схему класифікації вживаних методів цифрової обробки зображень для локалізації об'єктів, залежно від відомих апіорних відомостей про ознаки зображень, що представлено на рис. 2.7.

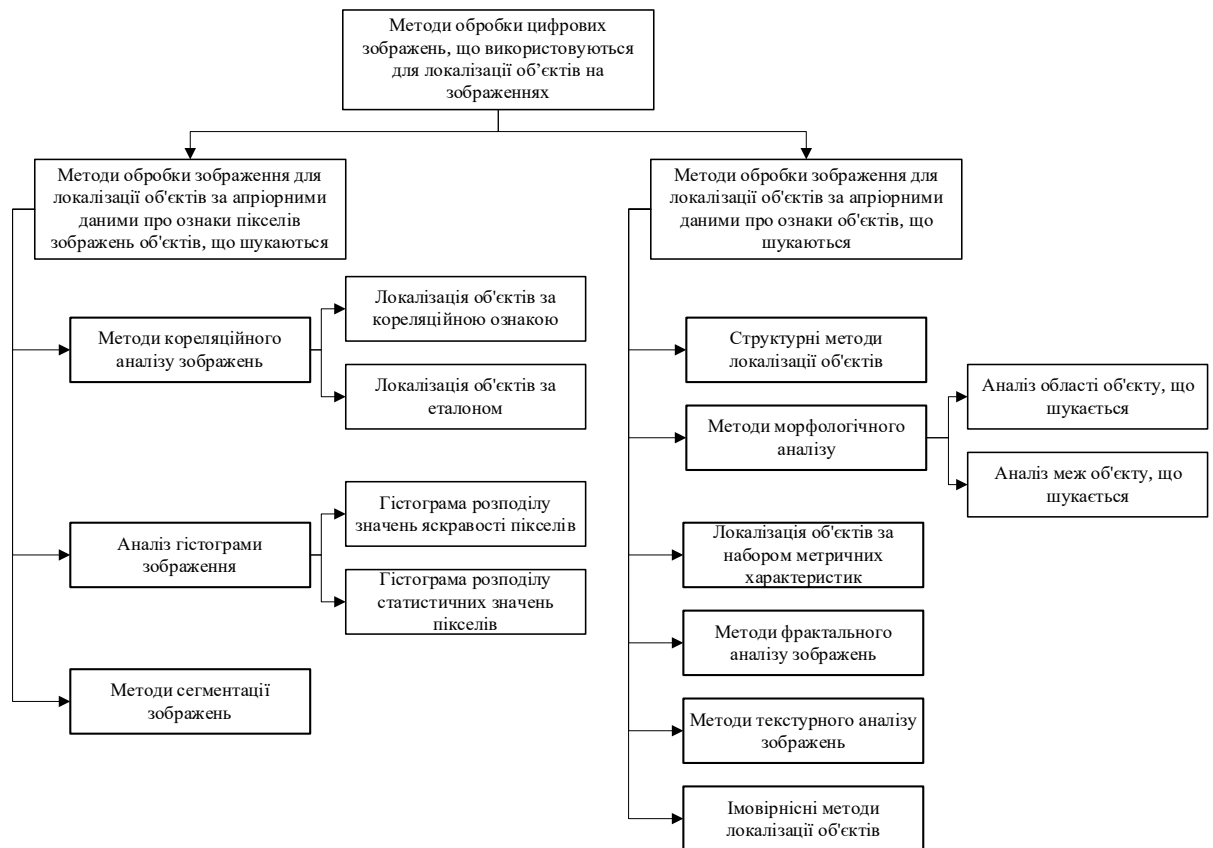


Рисунок 2.7 – Класифікація методів обробки зображень для локалізації об'єктів

Для локалізації об'єктів за апіорними даними про ознаки пікселів усього вхідного зображення (колір, яскравість, текстура), застосовують методи кореляційного аналізу зображення, методи аналізу гістограми зображення та методи сегментації [63].

Методи кореляційного аналізу описані в [64] та інших роботах. В основі цих методів покладено обрахування кореляції зображення, на якому локалізується об'єкт. Обираються ті пікселі зображення чи його фрагменту, між значеннями яскравості яких спостерігається стійкий кореляційний зв'язок.

В кореляційних методах локалізації, що базуються на порівнянні з еталоном виконується обробка ознак вхідного зображення та еталону за максимумом схожості чи за деяким визначеним порогом.

У найпростішій формі кореляція між початковим зображенням $f(x, y)$ розмірами $M \times N$ і еталоном $w(x, y)$ розмірами $J \times K$ задається формулою (2.8):

$$c(x, y) = \sum_s \sum_t f(s, t) w(x + s, y + t) \quad (2.8)$$

для $x=0,1,2,\dots,M-1$, $y=0,1,2,\dots,N-1$, де підсумовування ведеться по тій області зображення, де w та f перетинаються.

Такі методи не використовують у випадках, коли можливі масштабування чи повороти об'єкту, що локалізується. Це пов'язано із великою кількістю еталонів, що потрібні та пов'язаною з цим великою обчислювальною складністю.

Методи аналізу гістограми зображення базуються на яскравості пікселів чи їх статистичних показниках. Об'єкти на зображенні локалізуються в межах встановлених порогових значень яскравості.

Для локалізації об'єктів за статистичними характеристиками застосовується побудова гістограми простору статистичних характеристик пікселя, наприклад, відхилення кожної з кольірних компонент від середнього значення по околу, дисперсія кожної кольірної компоненти в околі пікселя і так далі [65].

Методи сегментації для локалізації об'єктів використовують при наявності достатнього контрасту між фоном та об'єктом. За цими методами зображення розбивається за певними характеристиками, такими як колір чи форма об'єкту, що локалізується. В літературі [66] описані приклади використання таких методів для вирішення вузькоспеціалізованих задач. Для локалізації об'єктів на зображенні, де яскравість значно відрізняється, рекомендується проводити попередню порогову обробку.

Виділяють наступні алгоритми сегментації [67]:

- 1) методи, засновані на локальних порогах;
- 2) алгоритм нарощування областей;
- 3) граничні алгоритми;
- 4) методи, засновані на кластеризації.

Цими методами добре сегментуються прості зображення, що не містять

нерівного освітлення та перешкод.

Якщо на зображенні має місце стійка зв'язність усередині окремих сегментів, то рекомендується використати алгоритми нарощування областей, за яким відбувається угруповання сусідніх елементів з однаковими або близькими рівнями яскравості, що в результаті об'єднуються в однорідні області. Найбільш поширені алгоритми знаходження областей включають такі алгоритми, як злиття-розщеплювання областей, алгоритм вододілів і алгоритм центроїдного зв'язку.

Прості способи нарощування областей використовують тільки сукупності властивостей окремих груп точок для визначення примітивних областей. Складніші алгоритми побудовані на об'єднанні примітивних областей [68].

При центроїдному зв'язування, ґрунтуючись на інформації про об'єкт, що локалізується, обираються стартові точки, яким привласнюються різні мітки. За цими мітками точки утворюють окремі множини. Такий алгоритм найбільш придатний для сегментації простих зображень. Для більш складних зображень використовують хвильові методи, за якими вибір точок проводиться ітераціями. На кожній з ітерацій аналізується належність сусідів до набору точок. Не розглядаються точки, які вже були включені в множину на попередніх ітераціях. Фронтом називають точки, що додані до множини на цій ітерації, а хвилею – об'єднання фронтів.

За алгоритмом злиття-розщеплювання розділяє зображення на квадрати і перевіряються на однорідність. Квадрат розбивається на 4 квадрати у випадку невідповідності умовам однорідності, чи навпаки, коли 4 квадрати відповідають умовам однорідності, вони об'єднуються в один.

До недоліків алгоритмів знаходження областей в першу чергу відносять те, що вони виділяють загальні фрагменти, часто не показуючи інформації про зміну яскравості усередині області і можливих внутрішніх межах. Проте ці алгоритми зарекомендували себе ефективнішими при роботі із зашумленими зображеннями.

Інший спосіб сегментації полягає в знаходженні точок, що знаходяться на

межах областей [69]. Загалом, існуючі алгоритми діляться на алгоритми порівняння з еталоном і диференціально-градієнтні алгоритми. Обидва підходи визначають, коли коливання градієнта яскравості стає досить великим, щоб стверджувати, що тут знаходиться межа об'єкту. Принципова різниця алгоритмів полягає в способі локальної оцінки градієнтного значення і визначенні локальної спрямованості меж, що важливо в деяких схемах розпізнавання об'єктів.

В цілому, виділення меж дає дуже непогані результати для інтерпретації зображення. Карти меж можуть бути побудовані в різних масштабах, що дозволяє отримувати результати, що корелюються. Також алгоритми виділення меж вимагають менше ресурсів для обчислень, і результуюча інформація займає значно менше місця для зберігання. Алгоритм виділення меж рекомендується використати тоді, коли межі досить чіткі і стабільні.

До недоліків можна віднести те, що багато схем мають велику обчислювальну складність, що не виправдано для багатьох застосувань і не дозволяє використати алгоритми в системах реального часу. Необхідно враховувати також, що для точної оцінки значення і спрямованості меж необхідно використати різні маски; отримання маски шляхом перестановки коефіцієнтів циклічно по сусідах «по квадрату» не завжди гарантуватиме достовірний результат; оптимізація в цілях усунення шумів накладає на маски додаткові умови.

Окремою гілкою виділяються алгоритми сегментації, засновані на кластеризації [70]. Їх перевага – вони автоматичні і можуть бути використані для будь-якої кількості ознак і класів. Існуючі алгоритми кластеризації, такі як ієрархічні, k-середніх, мінімальне покриваюче дерево, метод найближчого сусіда, алгоритм нечіткої кластеризації, застосування нейронних мереж, створені для знаходження кластерів, що відповідають якій-небудь статичній моделі. Ці алгоритми можуть дати збій, якщо параметри моделі були вибрані некоректно по відношенню до даних, що класифікуються, або якщо модель не охоплює в належній мірі характеристики кластерів. Також багато алгоритмів

припускаються похибки, якщо дані складаються з кластерів різної форми, щільності і розмірів. У літературі описаний алгоритм, що вимірює схожість двох кластерів за допомогою динамічної моделі. В процесі кластеризації злиття двох кластерів відбувається тільки, якщо внутрішня зв'язність і схожість двох кластерів тісно пов'язана із зовнішньою зв'язністю кластерів між собою і близькістю елементів усередині кластера. Також існує безліч різних алгоритмів з використанням жорсткої кластеризації і кластеризації, заснованої на нечіткій логіці, статистики появи ознак, гістограм, релаксації, ієрархічної кластеризації, суміжних графів, Гаусової моделі і аналізу основних компонентів та ін.

За другою групою методів обробки статичних зображень, що працюють з апіорними даними про властивості шуканого об'єкту на зображенні, можна визначити наступні:

- структурні методи локалізації об'єктів;
- методи морфологічного аналізу: аналіз області шуканого об'єкту, аналіз меж шуканого об'єкту;
- методи локалізації за набором метричних характеристик об'єкту;
- методи фрактального аналізу зображень;
- методи текстурного аналізу зображень;
- імовірнісні методи.

В основі структурних методів формування складових структурних елементів об'єкту на основі непохідних елементів зображення. Це можуть бути паралельні лінії, прямокутники і паралелограми чи складені з відрізків прямих ліній, як проекції прямокутних паралелепіпедів на площину тощо. Ці методи прийшли на зміну кореляційним алгоритмам, описаним вище, і використовуються у бортових системах технічного зору літальних апаратів [71].

Прикладом структурного методу локалізації об'єктів є класичне перетворення Хафа. Класичне перетворення Хафа призначене для виділення на зображенні прямих ліній, заданих параметричними рівняннями. Воно ґрунтується на використанні простору параметрів, в якому здійснюється пошук прямих. Точки зображення голосують за усі можливі гіпотези (прямі лінії, що

проходять через них), і параметри знайдених прямих відповідають локальним максимумам в просторі параметрів. Тому класичне перетворення Хафа можна використати для знаходження будь-яких контурних об'єктів, заданих в параметричному виді.

Розвитком структурних методів є метод геометричних шаблонів через просторові зв'язки, який полягає в наступному: складні об'єкти розбиваються на частини, що мають просту структуру, далі ці частини розпізнаються вищеописаними методами, а потім зв'язуються в єдине ціле [61].

Методи морфологічного аналізу, вживані для локалізації областей інтересу на зображеннях, діляться на методи аналізу області зображення об'єкту і аналізу меж області об'єкту. Характеристиками області є площа, компактність, число Ейлера і так далі. Характеристиками меж є периметр, ексцентриситет, кривизна, напрямки осей [72]. Для аналізу меж застосовуються методи контурного аналізу, які використовуються для отримання зовнішнього контуру зображених об'єктів і запису координат точок цього контуру.

Найчастіше для виявлення потрібно отримати зовнішній контур у вигляді замкнутої кривої або сукупності відрізків дуг. Потім за допомогою заданих характеристик здійснюється пошук областей інтересу. Загальна схема роботи методів виявлення меж така:

- а) виявлення меж об'єктів;
- б) виявлення об'єктів, виходячи зі знайдених меж.

Одним з інструментів морфологічного аналізу для визначення місця розташування об'єкту (локалізації) є перетворення «успіх/невдача» або в англійському варіанті hit-or-miss transform.

Морфологічні методи за видами завдань, для яких використовуються, можуть бути розділені на два великі класи. Перший клас включає завдання виділення невідомих об'єктів на зображеннях однієї сцени, отриманих за невідомих умов. Наприклад, за наявності зображення місцевості і об'єктів на ній, отриманих в літній день в гарну погоду, і зображення цієї ж місцевості в дощовий осінній день (можливо, в іншій ділянці електромагнітного спектру),

необхідно при аналізі цих зображень виділити об'єкт, відсутній на «літньому» зображенні, але помітний на «осінньому». Складність, з якою традиційно стикаються при рішенні цієї задачі, полягає в тому, що зміна умов реєстрації приводить до змін в зображенні, часто істотніших, ніж поява/зникнення об'єктів на місцевості.

Другий клас завдань пов'язаний з пошуком відомих об'єктів на невідомій сцені. Наприклад, є знімок місцевості, зроблений з відомої точки зору, причому деяка ділянка місцевості освітлена краще за інших. На іншому зображенні, отриманому за інших умов і, можливо, в іншому спектральному діапазоні, необхідно упізнати виділену ділянку і оцінити ракурс, з якого був зроблений цей знімок. Добре відомо, що так звані «кореляційні методи», використовувані досить широко, не справляються із завданнями цього типу, оскільки розподіл яскравості на цільовій ділянці зазвичай буває сильно спотворений в порівнянні із зображенням-оригіналом, і це спотворення не може бути зведене до простої зміни яскравості і контрасту фрагмента зображення як цілого.

У основі аналізу метричних властивостей шуканого об'єкту лежить схема «гіпотеза – перевірка». Робиться припущення щодо відповідності між набором характерних елементів зображення і набором характерних елементів об'єкту.

Локалізація об'єктів за набором метричних характеристик застосовується для аналізу сегментованих областей, а також після виявлення меж шуканих областей, тобто після застосування методів сегментації і виявлення меж. Виділені області перевіряються за метричними характеристиками безлічі пікселів, з яких ці області складаються. Метричні характеристики зображення засновані на вимірі відстані між точками на його площині. Більшість метричних характеристик, що зустрічаються в завданнях аналізу зображень: відстань Евкліда, абсолютна відстань, максимальна відстань, число Ейлера, компактність, довжина периметра об'єкту, центр мас, орієнтація головної осі інерції, подовжена (ексцентриситет), радіуси вписаних і описаних кіл, моменти інерції, коефіцієнт форми і так далі [73].

Модель зображення шуканого об'єкту (2.9) є набором параметрів, які задаються користувачем або системою пошуку:

$$Obj = D_1 \cap D_2 \cap \dots \cap D_n \quad (2.9)$$

де $D_1 \dots D_n$ – набір метричних характеристик шуканого об'єкта.

Існують методи аналізу зображень з використанням поля фрактальної розмірності [73]. Вони дозволяють вирішити завдання обробки зображень, одним з яких є завдання виділення областей інтересу на зображенні, яка є первинним етапом локалізації.

Для ефективного вирішення завдання пошуку по зображеннях-зразках і каталогізації зображень розроблена система пошуку зображень по зображенню-зразку на основі фрактального розкладання зображень, а також алгоритми і формат фрактального кодування зображення методом квадродрева.

Текстурні методи засновані на аналізі текстури зображення об'єкту – сукупності впорядкованих однотипних візерунків (наборів пікселів). Різкі зміни (розриви яскравості) координат кольору або параметрів, що характеризують текстуру, є важливими простими ознаками, оскільки вони часто визначають контури зображених об'єктів. Локальні розриви значень яскравості називаються яскравісними перепадами, або яскравісними контурами. Для обробки текстури застосовують фільтри плям (виявлення візерунків), а потім фільтр смуг різного напрямку. Отримана відфільтрована інформація обробляється статистичними методами [74]. Такі методи найчастіше застосовуються в системах комп'ютерного зору.

Імовірнісні методи локалізації засновані на локалізації зображень об'єктів, погоджених з критерієм якості виявлення [75].

Нехай область локалізації (тобто область передбачуваного розміщення об'єкта j -го класу на зображенні) позначена $\tilde{D}_j$. Нехай $y = y(n_1, n_2)$ вектор ознак для фрагмента зображення з координатами n_1 та n_2 , l – обраний клас для

аналізованого фрагмента, R_l і R_j – значення ризиків для розташування передбачуваного об'єкта j -го і l -го класів. Загальний критерій виявлення та локалізації записується в наступному вигляді:

$$(n_1, n_2): R_l(y(n_1, n_2)) = \min_{(m_1, m_2) \in \tilde{D}} R_j(y(n_1 - m_1, n_2 - m_2)) \quad (2.10)$$

Залежно від використовуваного критерія якості імовірнісні методи діляться на локалізацію по мінімуму загального ризику, локалізацію об'єкту по максимуму правдоподібності, локалізацію об'єкту по мінімуму значення альтернативної функції правдоподібності, локалізацію об'єкту за допомогою класифікаторів-виявлятелів. Ці методи добре зарекомендували себе в зоні пошуку осіб на зображеннях. До числа таких методів входять: пошук шаблонів (наприклад, овал, три темні смужки і одна світла – особа) за допомогою класифікаторів (набору зразків), розпізнавання через зв'язок з об'єктами (в цьому випадку замість пошуку за фіксованим шаблоном особи можна шукати очі, рот і ніс з прийнятним взаємним розташуванням).

Проведений аналіз літературних джерел дозволив зробити висновок про те, що існуючі методи обробки статичних зображень для локалізації об'єктів діляться на дві групи :

- методи першої групи працюють з даними, отриманими тільки з початкового зображення, тобто його низькорівневими характеристиками, і не вимагають якої-небудь додаткової інформації про зображення;
- методи другої групи працюють з апіорними даними про властивості шуканого об'єкту на зображенні.

Методи локалізації об'єктів на зображеннях повинні відповідати деякому комплексу вимог, а саме повинні враховувати характеристики об'єкту, що виявляється, характеристики усього зображення, а також відповідати вимогам отримання зображень. Вибір методу обробки статичних зображень для

локалізації об'єктів залежить від конкретного поставленого завдання і предметної області, для якої він застосовується.

На необхідність розробки нових методів локалізації областей об'єктів вказують наступні проблеми, що виникають при використанні існуючих методів:

- недостатність апріорної інформації про можливі значення оцінюваних ознак, зокрема, яскравості (кольори) залежно від забарвлення об'єкту і фону можуть мінятися в широких межах;
- апріорна невизначеність інформації про типи об'єктів, що виявляються, які можуть відрізнятися один від одного розмірами і формою;
- наявність тіней на об'єктах і зображеннях, які можуть мати різну конфігурацію і спотворювати істинні розміри і форму об'єкту, ускладнює процеси пошуку і локалізації та ін.

Вказані проблеми ускладнюють використання описаних методів локалізації і вимагають модифікації існуючих і розробки нових методів. Отже, розробки методів, в яких враховані усі апріорні відомості про об'єкт, тобто уся відома про нього інформація, і таким чином максимально виконані вимоги до швидкості і достовірності пошуку об'єктів на зображенні, є актуальним завданням.

Найбільш перспективними для вирішення завдання ідентифікації об'єкту на фотозображенні виглядають методи обробки зображення за апріорними даними про ознаки пікселів зображень шуканих об'єктів – аналіз гістограм розподілу яскравісних значень пікселів, морфологічні методи, методи сегментації та кластеризації. Щоб обрати метод для задачі локалізації області інтересу на фотозображенні чавуновізного ковша, випробуємо та проаналізуємо методи сегментації із використанням:

- гістограми зображення;
- кластеризація;
- виділення контурів.

2.3 Локалізація об'єкту на зображенні

2.3.1 Локалізація через сегментацію із використанням гістограми зображення

Відомий метод аналізу гістограм зображення [76], який полягає в наступному: для початкового зображення формується гістограма, що відбиває долю кожної підмножини кольорів в загальній колірній гаммі зображення, теж саме повторюється для зображення – еталону. Для порівняння гістограм вводиться поняття відстані між ними – сума модулів різниці відповідних елементів гістограм.

Використання такого методу в чистому вигляді неможливе, оскільки еталонні зображення області інтересу відсутні і, навпаки, мають бути отримані в результаті локалізації для подальшої обробки за запропонованою інформаційною технологією.

Таким чином, треба удосконалити метод аналізу гістограм розподілу яскравісних значень пікселів зображення.

Опишемо поетапно пропонований метод локалізації [77]:

- 1) сприйняття бінаризованого зображення;
- 2) побудова гістограм розподілу яскравостей (побудова гістограми по висоті, побудова гістограми по ширині);
- 3) обрізання зображення (обрізання зліва направо, справа наліво, обрізання від низу до верху, зверху вниз);
- 4) побудова гістограм обрізаного зображення;
- 5) аналіз отриманих гістограм (розбиття гістограм на блоки, фіксацію початкових координат);
- 6) локалізація;
- 7) аналіз результатів локалізації (видалення неінформативних областей, об'єднання інформативних областей);
- 8) виділення інформативних областей.

Інформативні області, що цікавлять нас, на зображенні характеризуються пікселями з досить великим значенням функції яскравості I . Тому з метою виділення високояскравісних областей на першому етапі обробки зображення відбувається його перетворення в двоколірне. Кожен піксель початкового зображення набуває нового значення яскравості за наступним правилом:

$$I'(p_{x,y})_k = \begin{cases} 255, & \text{if } I(p_{x,y})_k \geq T, \\ 0, & \text{else} \end{cases}, \quad (2.11)$$

де $I(p_{x,y})_k$ – значення функції яскравості k -го пікселя початкового зображення, $0 \leq k \leq m \times n - 1$; $I'(p_{x,y})_k$ – значення функції яскравості k -го пікселя отриманого двоколірного зображення; T – поріг монохромності, відносно якого відбувається перетворення.

Після бінаризації усі пікселі, для яких виконується перша умова правила (2.11) будуть пікселями об'єктів на зображенні, а інші – фоновими пікселями.

Далі будуються гістограми розподілу яскравісних значень пікселів зображення по ширині й по висоті. На основі гістограм первинної обробки важко провести локалізацію необхідних інформативних областей. Це пов'язано з тим, що на початковому зображенні можуть бути присутні сторонні об'єкти.

Тому на наступному етапі методу відбувається обрізання зображення по горизонталі (зліва направо і справа наліво) і по вертикалі (знизу вгору і зверху вниз). Зображення аналізується по рядках і по стовпцях, починаючи з країв, і віддаляються ті з них, для яких виконується умова:

$$\begin{aligned} S_{row} &= \sum_{i=0}^{m-1} p_{x_i,y} \geq m \cdot \delta \quad \forall p_{x_i,y} \in F, \quad \varphi'(p_{x_i,y}) = 1 - \text{ для рядка} \\ S_{col} &= \sum_{j=0}^{n-1} p_{x,y_j} \geq n \cdot \delta \quad \forall p_{x,y_j} \in F, \quad \varphi'(p_{x,y_j}) = 1 - \text{ для стовпця} \end{aligned} \quad (2.12)$$

де S_{row} – сума білих пікселів рядка y , S_{col} – сума білих пікселів стовпця; x, δ – відсоток обрізання, визначається залежно від характеристик зображення.

Область обрізання по висоті KH визначається по формулі:

$$KH = \sum_{t=0}^{g_1^n} (S_{row})_t + \sum_{t=g_2^n}^n (S_{row})_t \quad (2.13)$$

де g_1^n – нижня межа обрізання, g_2^n – верхня межа обрізання.

Визначення області обрізання по ширині KW проводиться по формулі:

$$KW = \sum_{t=0}^{g_1^m} (S_{col})_t + \sum_{t=g_2^m}^m (S_{col})_t, \quad (2.14)$$

де g_1^m – права межа обрізання, g_2^m – ліва межа обрізання.

В результаті обрізання отримуємо нове зображення $I' = \{p_{x',y'} \mid x' \in \{0, \dots, k_1\}, y' \in \{0, \dots, k_2\}\}$, де k_1 – ширина нового обрізаного зображення, $k_1 = g_2^m - g_1^m$, k_2 – його висота, $k_2 = g_2^n - g_1^n$, кожен піксель $p_{x',y'}$ характеризується функцією яскравості $\varphi'(p_{x',y'})$.

Потім повторно будуються гістограми розподілу яскравостей по ширині по висоті для обрізаного зображення I' .

Для поліпшення результатів локалізації здійснюється аналіз отриманих гістограм. Гістограми по висоті і по ширині розбиваються на блоки, що є безперервними послідовностями білих пікселів, для яких фіксуються їх відповідні початкові координати.

В результаті отримуємо дві підмножини $LX \subset I'$ і $LY \subset I'$ пікселів: $LX = \{p_{x',y'} \mid A(p_{x',y'})\}$ і $LY = \{p_{x',y'} \mid B(p_{x',y'})\}$. Для локалізації окремих

високояскравісних областей знаходимо перетин цих підмножин – множина C , яка має вигляд:

$$C = LX \cap LY = \{p_{x',y'} \mid p_{x',y'} \in LX, p_{x',y'} \in LY\}. \quad (2.15)$$

Множина B – множина блоків, кожен з яких має розміри $h \times w$:

$$B = \left\{ b_{h,w} \mid h = (p_{x',y'})_{ry} - (p_{x',y'})_{ry-1}, w = (p_{x',y'})_{rx} - (p_{x',y'})_{rx-1}, \right. \\ \left. rx \in \{0, \dots, k_1\}, ry \in \{0, \dots, k_2\}, p_{x',y'} \in C \right\}. \quad (2.16)$$

Аналізуємо отримані блоки: виходячи з характеристик зображення, доцільно виключити з розгляду блоки, розміри яких менше параметра σ , тобто отримуємо підмножину $B' \{b_{h,w}\} \subset B$, для елементів якого виконується умова:

$$B' = \{b_{h,w} \mid h > \sigma, w > \sigma, p_{x',y'} \in C\}. \quad (2.17)$$

Після того, як знайдені блоки, що задовольняють умові (2.17), їх необхідно локалізувати – візуально обмежити прямокутником знайдені області. Опорними точками побудови координат будуть елементи великої кількості C .

Недолік приведенного методу в тому, що на зображеннях, які мають малу яскравість або великі неінформативні високояскравісні ділянки погрішність локалізації висока і складає 8.6 %. Дослідження з локалізації цим методом наведені далі в параграфі 2.4.

2.3.2 Локалізація методом сегментації на основі кластеризації зображення

2.3.2.1 Аналіз методів кластеризації зображення

У літературі [77-79] описуються відомі алгоритми кластеризації: Кластеризація виконує схожі з класифікацією завдання і дозволяє створити певні правила, за допомогою яких надалі можна відносити об'єкти до різних кластерів або груп. Проте, на відміну від класифікації, кластеризація ці групи ще і виявляє, об'єднуючи об'єкти різними способами. Об'єкти групуються, виходячи з їх схожості, або близькості.

Загальний алгоритм кластеризації виглядає так:

- приведення початкових даних до потрібного виду(підготовка даних);
- вибір міри близькості;
- вибір алгоритму (метаалгоритма) кластеризації;
- виконання алгоритму;
- представлення отриманих результатів;
- інтерпретація отриманих результатів.

На першому етапі відбувається підготовка даних до кластеризації. Дані для кластеризації найчастіше представляють у вигляді таблиць, де кожен стовпець – це один з атрибутів, рядок – об'єкт даних.

На другому етапі вибирають, як охарактеризувати схожість об'єктів. Для цього використовуються різні заходи близькості, тобто, фактично, оцінки близькості двох об'єктів один до одного. Заходи близькості вибирають, виходячи з властивостей об'єктів. Так, популярною мірою близькості є декартова відстань(у двовимірному випадку) : $d^2 = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2}$ або метрика Мінковського у багатовимірному випадку: $d^n = || X, Y ||$. Це досить хороші заходи близькості для уявних на координатній площині значень. Для нечисленних атрибутів підбирають такі заходи близькості, які дозволяють звести їх до чисельних і порівняти. Так, основною відстанню для рядків є

метрика Левенштейна, яка встановлює відстань між двома рядками рівним кількості перестановок, які необхідно вчинити, щоб перетворити один рядок на іншу. Міра близькості підбирається індивідуально для конкретних типів даних. Іноді адекватної міри близькості підібрати не вдається, і доводиться її придумувати самим.

На третьому етапі вибирають алгоритм, по якому ми будуватимемо модель даних, тобто групувати об'єкти. Вибір алгоритму складений, і частенько доводиться використати декілька алгоритмів перш, ніж буде отриманий потрібний (що інтерпретується) результат. Іноді алгоритми кластеризації комбінують, щоб отримати метаалгоритм, результат виконання одного коли служить проміжним результатом виконання іншого.

На четвертому етапі алгоритм реалізується, і його результатом є побудована модель даних, тобто угруповання об'єктів по кластерах.

На п'ятому етапі отримане угруповання намагаються представити в найбільш зручному для інтерпретації виді. Алгоритми кластеризації на виході видають тільки групи і об'єкти, до що них належать. Але для людини найцікавішим є не це найчастіше, а то, виходячи з чого - яких властивостей об'єкту - ці об'єкти були віднесені до певної групи. Представлення результатів кластеризації покликане допомогти найточніше інтерпретувати результати виконання алгоритму.

І, нарешті, на останньому етапі кластеризації результати виконання алгоритму інтерпретуються, з них виходить знання, тобто корисні правила, які можна використати надалі для віднесення нових об'єктів до тієї або іншої групи – кластера

Прийнято ділити усі алгоритми кластеризації на ієрархічні і неієрархічні. Ділення це відбувається за видаваними на виході даними. Ієрархічні алгоритми на виході видають деяку ієрархію кластерів, і ми вільні вибрати будь-який рівень цієї ієрархії для того, щоб інтерпретувати результати алгоритму. Неієрархічні – це, фактично, усі алгоритми, які на виході ієрархію не видають (чи вибір інтерпретації відбувається не по рівню ієрархії).

Відом

а наступна класифікація методів кластеризації :

- ієрархічні алгоритми;
 - агломеративні алгоритми;
 - дивизимні алгоритми;
- неієрархічні алгоритми (за методом):
 - ітеративні;
 - плотностні;
 - модельні;
 - концептуальні;
 - мережеві.

До недоліку ієрархічних алгоритмів можна віднести систему повного розбиття, яка може являтися зайвою в контексті вирішуваної задачі.

До недоліків алгоритмів квадратичної помилки можна віднести необхідність задавати кількість кластерів для розбиття.

Нечіткі алгоритми важко використати, якщо заздалегідь невідоме число кластерів, або необхідно однозначно віднести кожен об'єкт до одного кластера.

Окрім перерахованих методів існують також методи, засновані на теорії графів. Основними алгоритмам тут являються алгоритм виділення зв'язних компонент, алгоритм побудови мінімального покриваючого дерева і алгоритм пошарової кластеризації

Оскільки перераховані методи мають ряд недоліків, актуальна розробка комбінованого методу, заснованого на одному або декількох відомих алгоритмах. Пропонується узяти за основу ієрархічний алгоритм поодинокого зв'язку за правилом найближчого сусіда та модифікувати початковий метод, застосувавши ковзне вікно, як показано на рис. 2.9 [82].

2.2.3.2 Локалізація модифікованим методом кластеризації за правилом найближчого сусіда

Обробку, що проводиться, можна розділити на етапи:

- 1) розбиття зображення;
- 2) кластеризація зображення;
- 3) отримання локалізованої області.

Розглянемо обробку поетапно.

Для подальшої обробки зображення, отриманого після порогового перетворення, розбиваємо на рівні осередки як показано на рис. 2.8. Кількість розбиття по ширині – kx , по висоті – ky . Вибору значень kx та ky присвячена низка експериментів, що наведені в параграфі 2.4.2.2. В результаті експериментів були обрані значення $kx = 16$ та $ky = 16$.

Ширина осередку – $px = \frac{m}{kx}$ пікселів, висота – $py = \frac{n}{ky}$. Для кожного осередку розраховують середню яскравість $M_{i,j}$:

$$M_{i,j} = \frac{\sum_{l=0}^{px-1} \sum_{k=0}^{py-1} \varphi_{l,k}}{px \cdot py}. \quad (2.18)$$

де $i \in [0, kx - 1]$, $j \in [0, ky - 1]$, $l \in [0, px - 1]$, $k \in [0, py - 1]$.

Для проведення локалізації за запропонованим методом виконуємо кластеризацію зображення за яскравістю осередків, тобто за значеннями матриці M .

Відповідно до масиву M утворюється масив K , що містить імена кластерів. Перед обробкою усі елементи належать до нульового кластера. Якщо аналізоване значення $M_{i,j}$ має яскравість більше порогу σ – то відповідному значенню $K_{i,j}$ призначається ім'я кластера, яке вже присвоєне одному з



Рисунок 2.10 – Приклади виділених областей інтересу

2.3.3 Локалізація через контурну сегментацію

Інший метод локалізації, придатність якого до застосування потрібно дослідити – локалізація, заснована на аналізі контурів образів об'єктів [83].

У більшості методів виділення контурів і заснованих на цих методах алгоритмів використовуються лінійні оператори з подальшою пороговою обробкою. Деякі із цих операторів здійснюють обчислення першої похідної, як, наприклад, оператори Робертса, Собеля, або другої похідної (оператор Лапласа). Але ці методи не задовольняють вимогам безперервності і мінімальної товщини контурних ліній. У огляді, приведенному в [84] показано, що градієнтні методи з простою пороговою обробкою поступаються за якістю виділення контурів методу, запропонованому Кенні [85].

Детектор меж Кенні включає наступну послідовність дій. Після фільтрації перешкод на зображенні фільтром Гауса із заданим параметром згладжування a в кожній точці зображення обчислюється градієнт, який характеризується значенням модуля

$$g(x, y) = \left[G_x^2 + G_y^2 \right]^{\frac{1}{2}},$$

і напрямом

$$\alpha(x, y) = \arctg\left(\frac{G_x}{G_y}\right).$$

У отриманому масиві градієнтів проводиться аналіз і відстежування областей з максимальними градієнтами, які утворюють гребні. В процесі цього аналізу точкам, що не лежать на гребнях, привласнюється нульове значення. Особливістю цієї процедури є те, що привласнення значення нуля виконується тільки у тому випадку, якщо значення градієнта в цій точці не перевищує величини стрибка інтенсивності в двох сусідніх точках по однаковому напрямку градієнта. В результаті виконання цієї процедури, яка називається немаксимальним пригніченням, виходить тонка лінія, що лежить на гребні перепадів інтенсивності зображення.

Отримане зображення піддається пороговій обробці з використанням двох порогів T_1 і T_2 , причому $T_1 < T_2$. Пікселі гребня, значення інтенсивності в яких більше T_2 , називаються сильними, а пікселі, значення яких потрапляють в інтервал $[T_1, T_2]$, називаються слабкими. Алгоритм формування контуру завершується морфологічною операцією, в процесі якої до сильних пікселів додаються слабкі, які зв'язані з сильним пікселями.

Пропонується для аналізу застосовності описаних методів виділення контурів та сегментації для поставленого завдання використати відкриту бібліотеку комп'ютерного зору OpenCV та взяти за основу функції, що в ній є [86].

Пропонується для цього використати наступні функції [87]:

- 1) фільтрація зображення для зменшення рівня шуму (наприклад, фільтр Гауса – функція *cv2.GaussianBlur*);
- 2) бінаризація зображення для відсікання шуму (наприклад, функція *cv2.threshold*);
- 3) виділення контрастних меж на зображенні (наприклад, детектор Кенні – функція *cv2.Canny*);
- 4) фільтрація для зменшення впливу неоднорідностей зображення (наприклад, медіанний фільтр – функція *cv2.medianBlur*);
- 6) морфологічне перетворення (дилатація – функція *cv2.dilate*);

7) виділення контурів та їх сортування (за допомогою функції `cv2.findContours`);

8) сегментація зображення (функція `cv2.boundingRect`).

Формування прямокутної області по контурах навколо двійкового зображення в бібліотеці відкритого зору OpenCV виконується функцією `cv2.boundingRect()`, де пропонується два типи обмежуючих прямокутників:

1) прямокутний прямокутник – прорисовується простий прямокутник навколо контуру (*roi*); відповідні координати прямокутника виходять так, що прямокутник повністю перекриває контур.

2) прямокутник, що обертається – в цьому випадку `cv2.minAreaRect()` використовується для виділення мінімальної прямокутної області, що містить контур; `cv2.boxPoints()` отримує 4 кутових точки отриманого прямокутника; `np.int0()` виконується для перетворення *coordinates* з float в integer формат.

Ці точки потім використовуються для малювання прямокутника [88].

2.4 Дослідження з попередньої обробки і локалізації

2.4.1 Дослідження з бінаризації

Першим з етапів обробки зображення є його перетворення в монохромне зображення за формулою (2.2) з порогом монохромності T .

Необхідно зробити так, щоб вибір значення порогу T відбувався автоматично на основі низькорівневих характеристик початкового зображення.

Проблема вибору порогу є істотною, оскільки вибір занадто маленького порогу приведе до того, що на зображенні залишаться зайві області та погіршить процес локалізації. Вибір занадто великого порогу може привести до часткової втрати шуканих інформативних областей.

З цією метою були проведені експерименти (таблиця. 2.3), які показують, в яких межах може варіюватися значення порогу T для зображення, що має пік гістограми P_h (рис. 2.11).

Якщо поріг T перевищує максимальне значення, то після перетворення зображення в монохромне цифри на зображенні частково або повністю не видні.

Коли значення T менше за мінімальне, на монохромному зображенні з'являються зайві високояскравісні області (патьоки фарби та ін.).

Таблиця 2.3 – Значення піку гістограми і порогу монохромності

№ з/п	Зображення	Значення піку гістограми, P_h	Значення порогу монохромності, T	
			мінімальне	максимальне
1	2	3	4	5
1	IMG_0001	255	200	220
2	IMG_0003	255	190	215
3	IMG_0005	255	210	215
4	IMG_0006	255	210	220
5	IMG_0008	122	175	195
6	IMG_0013	240	215	220
7	IMG_0014	230	180	210
8	IMG_0017	204	175	220
9	IMG_0018	255	210	225
10	IMG_0020	112	170	190
11	IMG_0021	255	205	215
12	IMG_0023	101	175	190
13	IMG_0024	255	210	220
14	IMG_0031	255	210	215
15	IMG_0032	255	205	215
16	IMG_0033	255	210	220
17	IMG_0035	255	180	215
18	IMG_0037	255	190	215
19	IMG_0040	21	175	200
20	IMG_0041	255	215	220
21	IMG_0043	255	210	220
22	IMG_6300	255	215	220
min max			170	225

Згідно з отриманими результатами, поріг монохромності може набувати значень з діапазону [170; 225].

Для зображень з найбільшим значенням піку на гістограмі, $P_h = 240 \div 250$ найбільш оптимальне значення порогу монохромності дорівнює 215 – воно є максимальним серед мінімальних значень і мінімальним серед максимальних. Для зображень з $P_h < 220$ за тим самим принципом значення порогу складає $T = 175$.

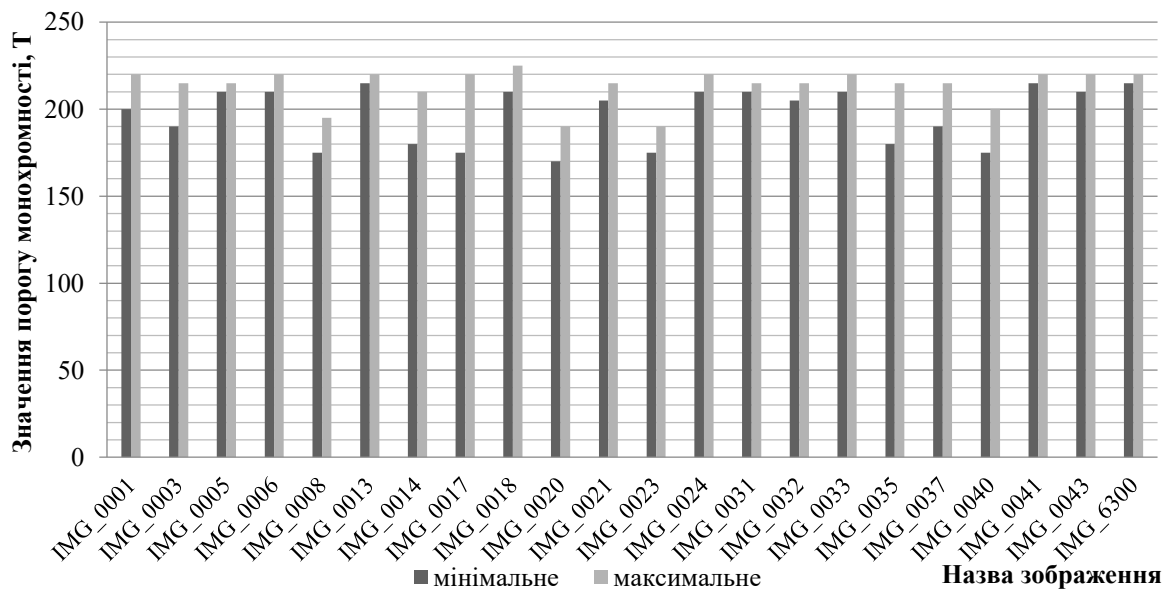


Рисунок 2.11 – Значення порогу монохромності на зображеннях

Величину порогу T для зображень зі значення піку гістограми $220 \leq P_h < 240$ визначаємо як середнє арифметичне між встановленими раніше значеннями, тобто 195.

2.4.2 Дослідження методу локалізації інформативної області

2.4.2.1 Дослідження ефективності, впливу зовнішнього шуму й часу обробки методу локалізації на основі гістограми зображення

1) Визначення оптимального відсотка обрізання бінаризованого зображення.

Мета проведення експерименту – визначення оптимального проценту обрізки монохромного зображення по горизонталі (δ_g) і по вертикалі (δ_v).

Для цього визначимо мінімально допустимі значення параметрів δ_g і δ_v , при яких в процесі обрізання не відбувається втрата інформативних областей зображення (не обрізаються цифри на ківші).

Щоб результати обрізання були прийнятними для усіх зображень, знайдемо максимальні значення параметрів обрізання в третьому і четвертому стовпцях таблиці 2.4. Тоді відсотки обрізання монохромного зображення по горизонталі і по вертикалі будуть рівні $\delta_g = 30\%$, $\delta_v = 10\%$.

Таблиця 2.4 – Результати експерименту

№ з/п	Зображення	Мінімальне допустиме значення % обрізання	
		по горизонталі δ_g (%)	по вертикалі δ_v (%)
1	2	3	4
1	IMG_0001	26	5
2	IMG_0003	26	5
3	IMG_0005	10	5
4	IMG_0006	28	5
5	IMG_0008	28	5
6	IMG_0013	30	5
7	IMG_0014	30	5
8	IMG_0017	29	10
9	IMG_0018	10	5
10	IMG_0020	25	5
11	IMG_0021	10	5
12	IMG_0023	13	5
13	IMG_0024	15	5
14	IMG_0031	13	5
15	IMG_0032	11	5
16	IMG_0033	10	5
17	IMG_0035	20	10
18	IMG_0037	10	10
19	IMG_0040	5	5
20	IMG_0041	16	5
21	IMG_0043	8	5
22	IMG_6300	30	5
max		30	10

2) Дослідження ефективності локалізації через сегментацію із використанням гістограми

Експеримент показує, як працює запропонований метод локалізації для різних зображень – яка кількість областей виділяється на зображенні і скільки з них є інформативними для цієї предметної області.

Чисельні результати експериментів показані в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Результати експерименту № 3

№ з/п	Зображення	Кількість усіх знайдених областей	Кількість областей, що є частиною інформативної області	Погрішність %
1	2	3	4	5
1	IMG_0001	2	2	0,0
2	IMG_0003	2	2	0,0
3	IMG_0005	5	3	40,0
4	IMG_0006	3	3	0,0
5	IMG_0008	3	3	0,0
6	IMG_0013	3	3	0,0
7	IMG_0014	3	3	0,0
8	IMG_0017	3	3	0,0
9	IMG_0018	3	3	0,0
10	IMG_0020	3	3	0,0
11	IMG_0021	4	3	25,0
12	IMG_0023	4	3	25,0
13	IMG_0024	4	3	25,0
14	IMG_0031	3	3	0,0
15	IMG_0032	4	3	25,0
16	IMG_0033	3	3	0,0
17	IMG_0035	3	3	0,0
18	IMG_0037	3	3	0,0
19	IMG_0040	4	3	25,0
20	IMG_0041	3	3	0,0
21	IMG_0043	4	3	25,0
22	IMG_6300	3	3	0,0

З існуючого набору фотозображень, для 70 % відсотків з них погрішність при локалізації інформативних областей складає 0 (рис. 2.12). У іншій групі

зображень погрішність складає 25 %, тобто з усіх 4-х знайдених областей лише одна не є частиною інформативної області. Це є достатнім, і подальшу обробку зображень робити не потрібно. Аналіз неінформативних областей розглядається в роботі [60].



а)

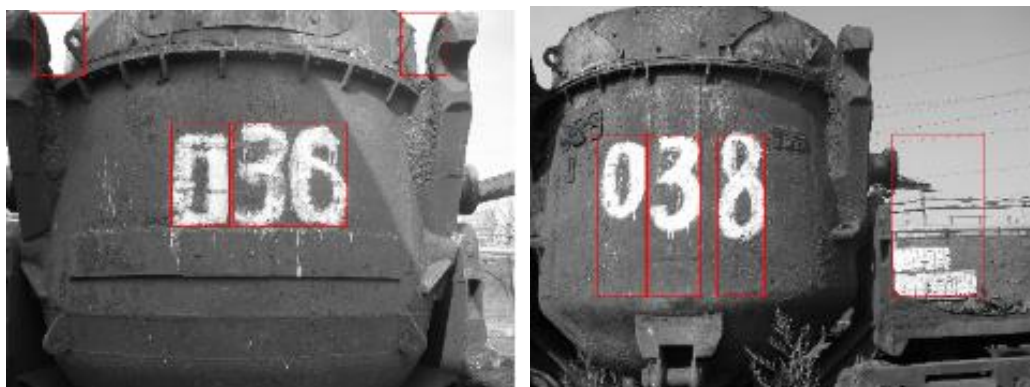
б)

Рисунок 2.12 – Виділення областей при локалізації

Загальний відсоток погрішності при роботі запропонованого методу складає 8,6 %.

Висновок: виділення додаткових неінформативних областей на зображенні в процесі локалізації може бути викликане наступними чинниками:

- високояскраві ділянки неба в проміжках між елементами ковша (рис. 2.13 а);
- на зображенні є об'єкти такої ж яскравості і схожих розмірів, що і номер на ківші (рис. 2.13 б).



а)

б)

Рисунок 2.13 – Виділення неінформативних областей при локалізації

3) Дослідження впливу шуму на фотозображення для локалізації через сегментацію із використанням гістограми

Процес локалізації номера на вхідних зображеннях ківшів може бути ускладнено при впливі на якість зображення погодних умов.

Найбільш типовими чинниками, що викликають погіршення якості зображення, являються туман, опади (дощ, сніг), яскраве освітлення.

На рис. 2.14 представлений результат локалізації інформативних областей на початковому зображенні



Рисунок 2.14 – Локалізація на початковому зображенні

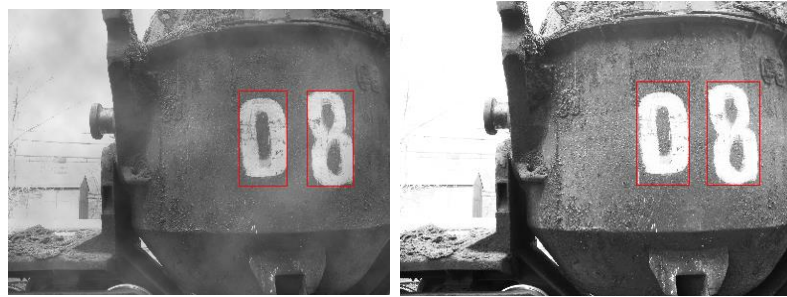
Накладемо на початкове зображення шум, що імітує умови зйомки при різній погоді. Результати роботи програми представлені на рис. 2.15.



а) дощ

б) сніг

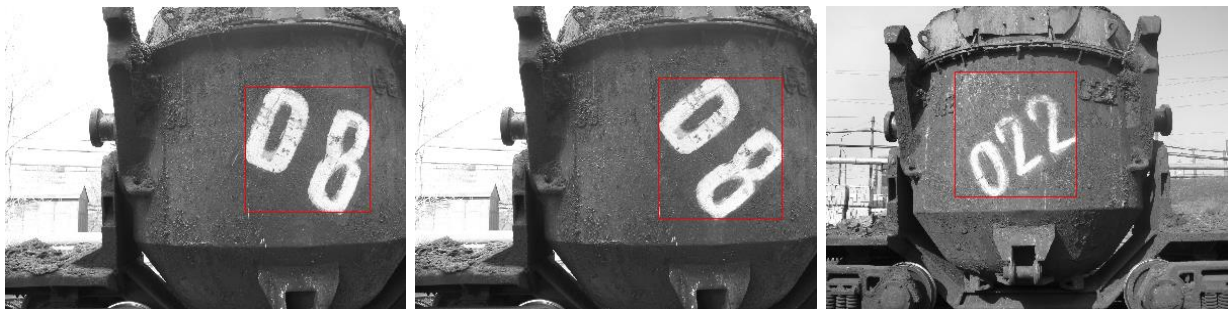
Рисунок 2.15 – Результати локалізації за різних погодних умов



в) туман

г) яскраве сонце

Рисунок 2.15 – Результати локалізації за різних погодних умов



а)

б)

в)

Рисунок 2.16 – Локалізація при повороті цифр на зображенні

Висновок: проведені експерименти показали, що зміна погодних умов не впливає на результати роботи запропонованого методу локалізації інформативних областей на зображенні на основі його низькорівневих характеристик.

Також проведена серія експериментів, які показали, що на результат локалізації не впливає поворот (кут нахилу) цифр на зображенні (рис. 2.16).

4) Дослідження часу локалізації через сегментацію із використанням гістограм

Цей експеримент показує, скільки часу потрібно для виконання локалізації інформативних областей на початкових зображеннях без візуалізації проміжних результатів обробки. У таблиці 2.6 представлені зображення, які подаються на вхід програми і час (у мілісекундах) виконання основних етапів запропонованого методу локалізації, що відповідає їм :

- завантаження зображення;

- визначення порогу монохромності;
- перетворення зображення в монохромне;
- обрізки по горизонталі/вертикалі;
- пошук інформативних областей.

Таблиця 2.6 – Результати експерименту

№ з/п	Зображення	Час виконання (мс)						
		завантаження зображення	визначення порогу монохромності	перетворення в монохромне	обрізка по горизонталі	обрізка по вертикалі	пошук інформативних областей	ВСЬОГО
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	IMG_0001	500	437	703	47	0	537	2234
2	IMG_0003	500	422	703	47	0	532	2204
3	IMG_0005	500	438	703	16	0	640	2297
4	IMG_0006	500	438	718	47	0	610	2313
5	IMG_0008	500	438	719	62	16	265	2000
6	IMG_0013	500	437	703	78	47	141	1906
7	IMG_0014	500	438	719	63	62	313	2095
8	IMG_0017	500	437	734	78	31	312	2092
9	IMG_0018	500	422	704	62	0	234	1922
10	IMG_0020	500	437	719	47	16	656	2375
11	IMG_0021	500	437	688	0	0	719	2344
12	IMG_0023	500	421	719	62	0	563	2265
13	IMG_0024	500	437	688	0	0	1234	2859
14	IMG_0031	500	438	719	63	0	250	2001
15	IMG_0032	500	437	703	47	0	203	1890
16	IMG_0033	500	438	703	63	0	250	1954
17	IMG_0035	500	438	718	94	47	141	1938
18	IMG_0037	500	438	734	94	47	188	2001
19	IMG_0040	500	438	703	0	16	937	2594
20	IMG_0041	500	437	719	16	0	281	1953
21	IMG_0043	500	438	703	31	0	1328	3000
22	IMG_6300	500	453	687	78	32	140	1890
Середнє значення		500	436	710	50	14	476	2188

Процентне співвідношення кожного з перерахованих етапів від загального часу обробки зображення представлено на рис. 2.17.



Рисунок 2.17 – Діаграма використання процесорного часу для експерименту

Висновок: Результати показали, що час виконання локалізації інформативних областей на зображенні в середньому складає 2,2 секунди (при характеристиках ПК: Intel Core i5-650, ASUS LGA1156 P7P55-M, DDR3 2048MBx3 1333MHz, MSI GeForce GTX 470), тому цей метод може використовуватися в системі обліку переміщення чавуновізних ківшів, працюючих в режимі реального часу.

2.4.2.2 Дослідження локалізації через сегментацію на основі кластеризації зображення

1) Визначення діапазону середньої яскравості вхідного зображення, при якому виконується локалізація

Для експерименту було підібрано 20 фотографій різної якості, на яких зображення ковша знаходиться в центрі, і визначена їх середня яскравість, як показано в таблиці. 2.7: $\bar{F} \in [0.14; 0.51]$. Для перевірки даного методу локалізації зображення було максимально зрушене управо так, щоб номер залишився на зображенні. Простір, що звільнився, на фотографії був заповнений переважаючим кольором фону. В середньому зображення було зрушене на 27%.

Таблиця 2.7 – Визначення діапазону середньої яскравості вхідного зображення

Фото	Ширина, рх	Здвинуто на, рх	% здвигу	Яскравість фото	
				Оригінала $\bar{F}$	Із здвигом $\bar{F}^*$
1	2	3	4	5	6
IMG_0001	471	137	29%	0,5	0,56
IMG_0003	628	219	35%	0,4	0,54
IMG_0008	570	159	28%	0,36	0,47
IMG_0022	572	200	35%	0,44	0,57
IMG_0026	527	171	32%	0,37	0,38
IMG_0028	577	112	19%	0,39	0,46
IMG_0030	598	141	24%	0,39	0,5
IMG_0030_	773	185	24%	0,33	0,51
IMG_0033	613	127	21%	0,38	0,49
IMG_0034	375	133	35%	0,31	0,52
IMG_0036	740	190	26%	0,39	0,53
IMG_0037	624	130	21%	0,44	0,55
IMG_0038	618	153	25%	0,36	0,49
IMG_0039	612	150	25%	0,45	0,61
IMG_0034	375	133	35%	0,31	0,52
IMG_0036	740	190	26%	0,39	0,53
IMG_0037	624	130	21%	0,44	0,55
IMG_0038	618	153	25%	0,36	0,49
IMG_0039	612	150	25%	0,45	0,61
IMG_0040	634	120	19%	0,51	0,58
IMG_0042	800	224	28%	0,37	0,54
IMG_0043	594	126	21%	0,4	0,53
IMG_0046	800	188	24%	0,43	0,52
IMG_0054	800	257	32%	0,14	0,16
IMG_0056	491	142	29%	0,33	0,5

Внаслідок зрушення величина середньої яскравості зросла: $\bar{F}^* \in [0.16; 0.61]$.

Для усіх зображень, для яких було виконано штучне зрушення, область інтересу була локалізована. Таким чином, середня яскравість зображень, для яких може бути проведена локалізація, складає $[0.16; 0.61]$.

2) Вплив кількості розбиття зображення k_x та k_y на якість локалізації.

Для вибірки з 20 фотографій підбиралася оптимальна кількість розбиття зображення по ширині і по висоті – $k_x \times k_y$. Для кожної фотографії вручну були

підготовлені еталонні сегменти і автоматично локалізовані за допомогою програми. Кількість розбиття $kx \times ky$ змінювалася від 10×10 до 18×18 з кроком в 3 пікселі. Розраховувалися помилки першого і другого роду. α -помилкою (першого роду) вважалася зайва захоплена інформація, β -помилкою (другого роду) – незахоплена в порівнянні з еталоном інформація. З отриманих даних були знайдені середні значення α - і β -помилки по усіх фотографіях і побудована діаграма, приведена на рис. 2.18.

Як видно з графіку, найменшу помилку локалізації дає розбиття 16×16 – в середньому це 4 %. Таким чином, були вибрані оптимальні параметри: $kx=16$ та $ky=16$.

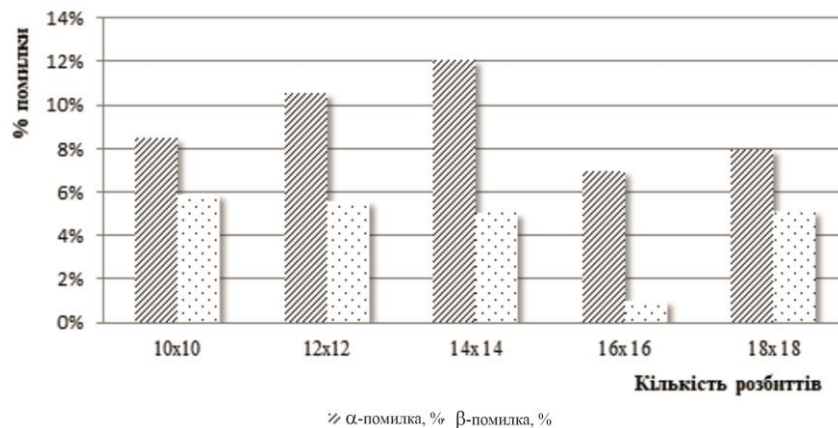


Рисунок 2.18 – Залежність відсотка помилки від кількості розбиття зображення при сегментації

2.4.2.3 Дослідження локалізації через контурну сегментацію

У основі автоматичного розпізнавання номерів ківшів лежать наступні процедури, описані в [86, 102]:

- 1) фільтрація зображення для зменшення рівня шуму (використовувався фільтр Гауса – функція `cv2.GaussianBlur`);
- 2) бінаризація зображення для відсікання шуму (використовувалася функція `cv2.threshold`, параметри якої підбиралися для надійного виділення контурів цифр);
- 3) виділення контрастних меж на зображенні (використовувався

детектор Кенні – функція `cv2.Canny`, для якої заздалегідь підбиралися значення максимального і мінімального значення градієнта);

4) фільтрація для зменшення впливу неоднорідностей зображення (використовувався медіанний фільтр – функція `cv2.medianBlur`);

5) бінаризація зображення (також використовувалася функція `cv2.threshold`);

6) морфологічне перетворення (дилатація – функція `cv2.dilate`);

7) виділення контурів і їх сортування (виділення контурів проводилося за допомогою функції `cv2.findContours`);

8) сегментація зображення, тобто виділення областей розпізнавання у вигляді набору прямокутників, що містять раніше виділені контури цифр (була використана функція `cv2.boundingRect`).

Усі операції виконувалися в програмі на мові Python з використанням функцій бібліотеки OpenCV.

Ілюстрація процесу виділення інформативних областей представлена на рис. 2.19, 2.20.

При виділенні елементів номера добре видно, що внаслідок спотворення номера слідами попередніх номерів на зображенні ковша № 26 область розпізнавання дещо збільшена. При використанні цього методу розпізнавання результуюча область (повне зображення номера) виходила вимальовкою прямокутника, що охоплює усі області з цифрами.

Висновки. Виконана поетапна обробка вхідного зображення з ілюстрацією отримуваних результатів. Представлена обробка зображень ківшів з номерами 026 і 030. Для елементів номера ковша перед розпізнаванням виконувалися операції бінаризації і морфологічного «закриття» (`MORPH_CLOSE` в термінах бібліотеки OpenCV). Комп'ютерні експерименти показали, що запропонований метод локалізації інформативних ефективний і має достовірність локалізації 97,6 %.



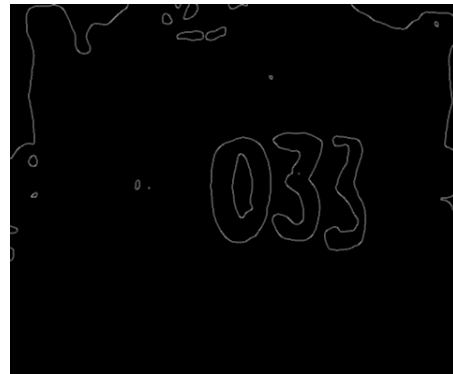
а) початкове зображення



б) після фільтрації



в) після бінаризації



г) виділення меж на зображенні



д) після бінаризації і дилатації



е) початкове зображення з виділеними частинами інформативної області

Рисунок 2.19 – Послідовність роботи алгоритму виділення інформативних областей



Рисунок 2.20 – Початкові зображення з виділеною інформативною областю

2.5 Висновки до другого розділу

Запропонована інформаційна технологія ідентифікації номера чавуновізного ковша, що передбачає наступні етапи обробки графічних даних: попередня обробка (фільтрація та бінаризація) та локалізація номера.

На першому етапі, попередній обробці, для першої її частини – фільтрації, обґрунтовано використовувати метод медіанної фільтрації, що оптимізований за швидкістю, так як при дослідженні він показав кількісне збільшення змістовності, та його використання призводить до чіткого окреслювання області інтересу, зменшення кількості дрібного шуму і великих областей з високою яскравістю.

Для другої частини попередньої обробки – бінаризації, обґрунтовано застосовувати метод неповної порогової бінаризації глобальною бінаризацією із автоматичним розрахунком порогового значення на основі низькорівневої характеристики зображення – його середньої яскравості. Значення яскравості бінаризованих зображень, що отримується обраним методом, дозволяє з достовірністю не менш ніж 96% виконувати локалізацію області, де знаходяться цифри номера ковша для реальних зображень із різними завадами.

Для другого етапу, локалізації, обґрунтовано її виконання через сегментацію на основі кластеризації зображення: модифікованим використанням ковзного вікна методом кластеризації за правилом найближчого сусіда. Достовірність локалізації за цим методом була найвищою з розглянутих.

РОЗДІЛ 3

ІДЕНТИФІКАЦІЯ НОМЕРА ЧАВУНОВІЗНОГО КОВША

3.1 Ідентифікація номера на чавуновізному ківші за сегментом зображення порівнянням його з еталонним сегментом

Модель основана на порівнянні зображення з еталонним сегментом. У базі даних зберігаються еталони сегментів із зображенням усіх номерів ківшів. Еталон номеру сегменту представлений нечіткою моделлю зображення локалізованої області, де нанесено номер ковша (рис. 3.1).

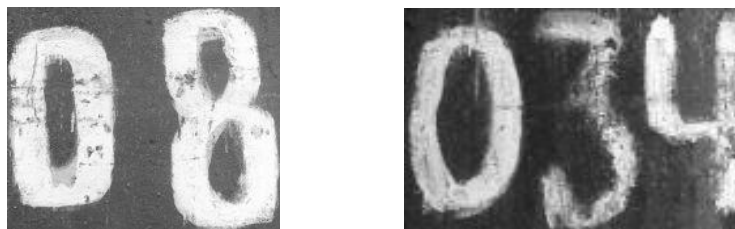


Рисунок 3.1 – Приклади фотозображення номерів на ківшах № 8 і № 34

Номер ковша може бути як двозначний, так і тризначний; завжди розпочинається з нуля. Розміри сегментів-еталонів можуть коливатися.

Сегмент – прямокутна область зображення з розмірами: ширина $200 \div 300$ пікселів, висота – $130 \div 170$ пікселів, тобто сегменти різні за розміром. Варіації сегментів обумовлені технологічними причинами [90].

Ставиться завдання порівняти зображення на сегменті з еталонами, що зберігаються у БД. Шляхом нечіткого зіставлення упорядкувати еталони по мірі схожості аналізованого сегменту з еталоном.

Ідея методу полягає в наступному: спочатку необхідно знайти загальну область двох різних за розміром сегментів, що зіставляються, яка названа *ядром*. З цим ядром зв'язати систему координат і перерахувати піксельне представлення обох зображень в одну систему координат. Початок системи координат ядра помістити в характеристичну точку представлення зображення цифр номера. Потім фазифікувати зображення і нечітко їх порівняти.

Фазифікація зводиться до розбиття бінаризованих піксельних представлень на блоки і побудови нечітких великих кількостей [91].

Завдання розбивається на підзадачі:

- 1) обчислення координат характеристичної точки і формування ядра сегменту;
- 2) фазифікація і обчислення відносної відстані Хеммінга.

Розглянемо пропонований метод поетапно.

3.1.1 Обчислення координат характерної точки і формування ядра сегменту

Як характерна точка прийнята точка, що розташована в центрі цифр на сегменті зображення, яка знаходиться як *центр тяжіння зображення* [41] і обчислюється за формулою (3.2). На рис. 3.3 показані результати визначення центру тяжіння зображень.

$$\hat{x} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M j \cdot f_{i,j}}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M f_{i,j}} \quad \hat{y} = \frac{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M i \cdot f_{i,j}}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M f_{i,j}} \quad (3.2)$$

де $f_{i,j} \in [0,1]$ – функція яскравості зображення.

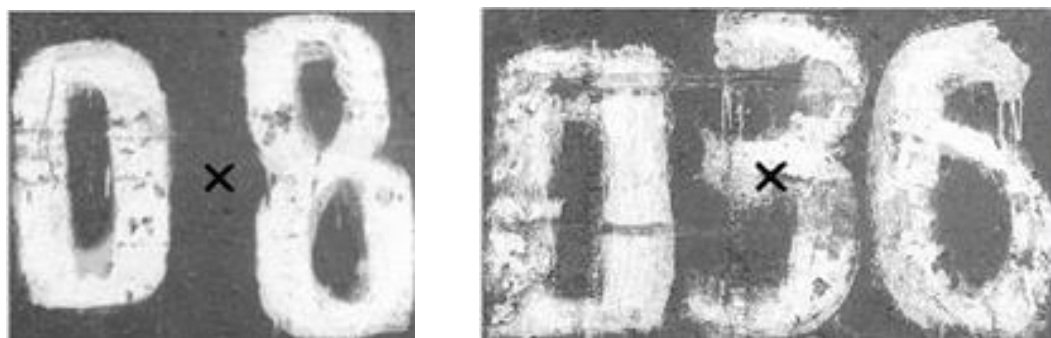


Рисунок 3.2 – Приклад проаналізованих зображень

× – центр тяжіння зображення

Видно, що він знаходиться в центрі цифр на сегменті зображення, і, отже, висунене припущення вірне.

Аналізований сегмент і еталон задаються двома характеристиками: множиною координат

$$A = \{(i, j) | i = \overline{1, N_1}; j = \overline{1, M_1}\}, B = \{(i, j) | i = \overline{1, N_2}; j = \overline{1, M_2}\}$$

і множиною функцій яскравості

$$f_A: A \rightarrow [0, 1], f_B: B \rightarrow [0, 1],$$

де N_1 і M_1 , N_2 і M_2 – ширина і висота аналізованого сегменту і еталону в пікселях, відповідно.

Сегменти A і B представлені на рис. 3.3.

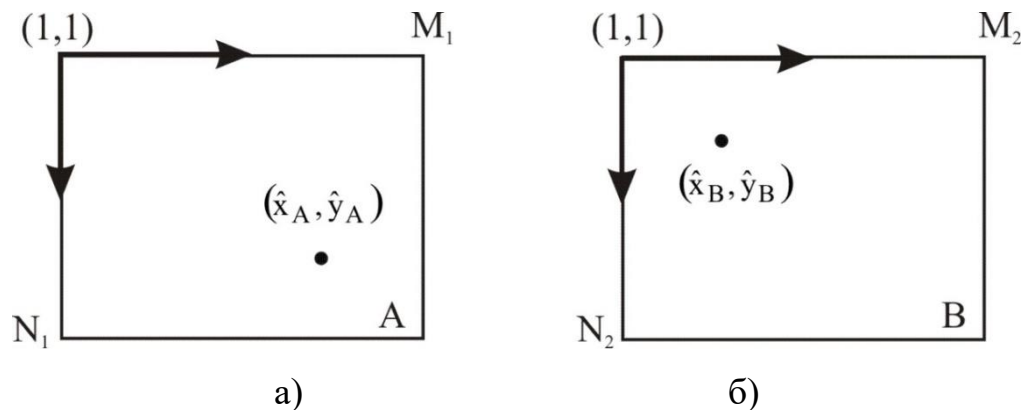


Рисунок 3.3 – Сегменти фотозображень а) вхідний сегмент; б) сегмент-еталон;

$(\hat{x}_A, \hat{y}_A), (\hat{x}_B, \hat{y}_B)$ – відповідні центри тяжіння зображень

Поєднаємо сегменти A і B в характерній точці як показано на рис. 3.4 і помістимо в ній новий початок координат. Межі сегментів A і B в такій системі координат перерахуємо за формулою (3.3) :

$$\begin{aligned} P_1 &= 1 - \hat{x}_A; P_2 = N_1 - \hat{x}_A; & K_1 &= 1 - \hat{x}_B; K_2 = N_2 - \hat{x}_B; \\ Q_1 &= \hat{y}_A - 1; Q_2 = \hat{y}_A - M_1; & L_1 &= \hat{y}_B - 1; L_2 = \hat{y}_B - M_2. \end{aligned} \quad (3.3)$$

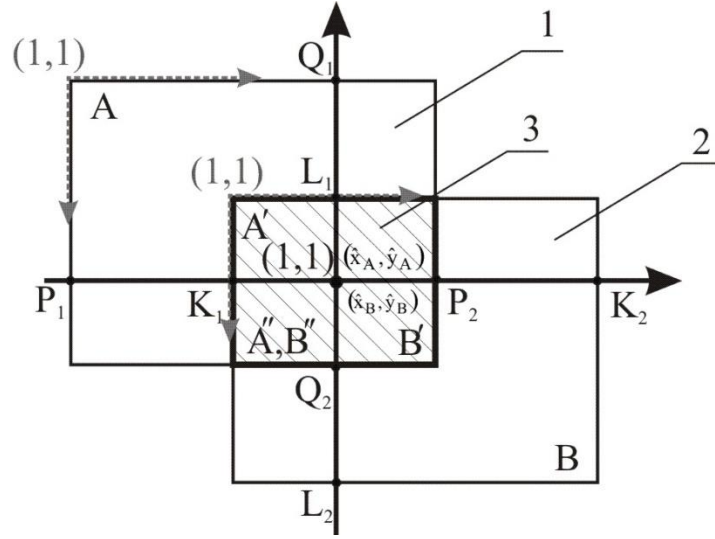


Рисунок 3.4 – Формування ядер сегментів

1 – вхідний сегмент; 2 – еталон; 3 – ядро;

$(\hat{x}_A, \hat{y}_A), (\hat{x}_B, \hat{y}_B)$ – відповідні центри тяжіння зображень

Нова множина координат пікселів для сегментів А і В визначається як:

$$A' = \{(p, q) | p = \overline{P_1, P_2}; q = \overline{Q_1, Q_2}\}, \quad B' = \{(k, l) | k = \overline{K_1, K_2}; l = \overline{L_1, L_2}\},$$

Функція яскравості сегментів A' і B' перераховується по функції яскравості сегментів А і В:

$$f_{A'}(p, q) = f_A(i, j); \quad f_{B'}(k, l) = f_B(i, j),$$

де координати (p, q) і (k, l) для сегментів А і В зіставляються з колишніми координатами (i, j) за формулою (3.4):

$$\begin{aligned} p &= \varphi_A(i); \quad q = \xi_A(j); \quad k = \varphi_B(i); \quad l = \xi_B(j); \\ \varphi_A(i) &= p = i - \hat{x}_A; & \varphi_B(i) &= k = i - \hat{x}_B; \\ \xi_A(j) &= q = \hat{y}_A - j; & \xi_B(j) &= l = \hat{y}_B - j. \end{aligned} \tag{3.4}$$

В результаті перетину координатних великих кількостей A' і B' формуються ядра сегментів: A'' і B'' , межі яких розраховуються за формулою (3.5):

$$\begin{aligned}
 W_1 &= \begin{cases} \hat{x}_A, & \hat{x}_A \leq \hat{x}_B \\ \hat{x}_B, & \hat{x}_A > \hat{x}_B \end{cases} & W_2 &= \begin{cases} N_1 - \hat{x}_A, & N_1 - \hat{x}_A \leq N_2 - \hat{x}_B \\ N_2 - \hat{x}_B, & N_1 - \hat{x}_A > N_2 - \hat{x}_B \end{cases} \\
 H_1 &= \begin{cases} \hat{y}_A, & \hat{y}_A \leq \hat{y}_B \\ \hat{y}_B, & \hat{y}_A > \hat{y}_B \end{cases} & H_2 &= \begin{cases} M_1 - \hat{y}_A, & M_1 - \hat{y}_A \leq M_2 - \hat{y}_B \\ M_2 - \hat{y}_B, & M_1 - \hat{y}_A > M_2 - \hat{y}_B \end{cases} \\
 W &= W_1 + W_2; \quad H = H_1 + H_2
 \end{aligned} \tag{3.5}$$

де W – ширина утворюваного ядра; H – висота утворюваного ядра.

Для ядра, виділеного з сегменту A' , характеристики задаються множиною координат:

$$A'' = \left\{ (p, q) \mid p = \overline{\hat{x}_A - W_1, \hat{x}_A + W_2}; q = \overline{\hat{y}_A - H_1, \hat{y}_A + H_2} \right\},$$

для ядра, виділеного з сегменту, B'' – множиною координат:

$$B'' = \left\{ (k, l) \mid k = \overline{\hat{x}_B - W_1, \hat{x}_B + W_2}; l = \overline{\hat{y}_B - H_1, \hat{y}_B + H_2} \right\}.$$

Функція яскравості сегментів A'' і B'' відповідає функції яскравості сегментів A' і B' :

$$f_{A'}(p, q) = f_{A''}(p, q), f_{B'}(k, l) = f_{B''}(k, l)$$

Бінаризуємо $\{f^{A''}\}, \{f^{B''}\}$:

$$g^A = \begin{cases} 0, & f^{A''} < T \\ 1, & f^{A''} \geq T \end{cases}, \quad g^B = \begin{cases} 0, & f^{B''} < T \\ 1, & f^{B''} \geq T \end{cases} \quad (3.6)$$

де $T \in [0,1]$ – поріг яскравості, визначуваний експериментально.

3.1.2 Фазифікація і обчислення відносної відстані Хеммінга

Розбиваємо $\{A''\}, \{B''\}$ на блоки $\Omega_{i,j}$ розміром $n \times n$, як показано на рис. 3.5.

Кількість блоків для множин $\{A''\}, \{B''\}$ розраховуємо:

$$C = \text{round}(W/n); D = \text{round}(H/n).$$

Множина блоків ядер зображення і еталону позначимо:

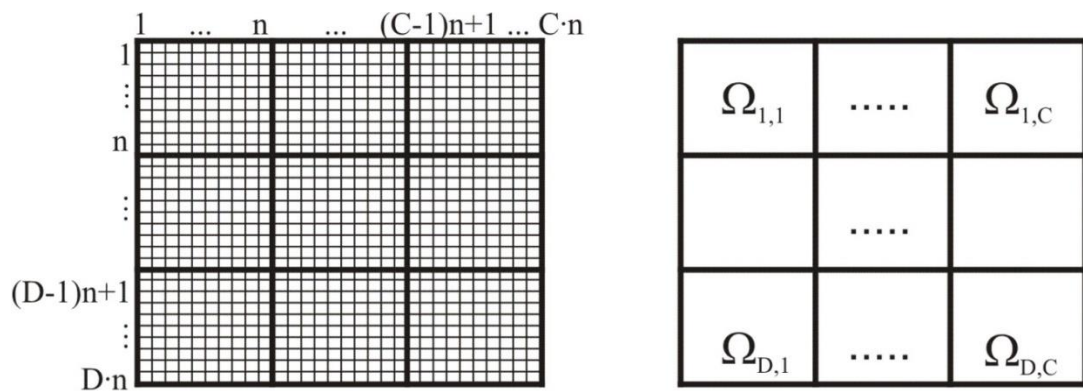


Рисунок 3.5 – Розбиття на блоки бінаризованої множини

$$\Omega^A = \left\{ \Omega_{r,s}^A \mid r = \overline{1, C}; s = \overline{1, D} \right\}, \quad \Omega^B = \left\{ \Omega_{r,s}^B \mid r = \overline{1, C}; s = \overline{1, D} \right\}.$$

Окремі блоки $\Omega_{r,s}^A$ і $\Omega_{r,s}^B$ множин Ω^A і Ω^B , відповідно, задаються двома характеристиками: множина координат пікселів, що входять у блок :

$$\Omega_{r,s}^A = \Omega_{r,s}^B = \left\{ (i, j) \mid i = \overline{(C-1) \cdot n + 1, C \cdot n}, j = \overline{(D-1) \cdot n + 1, D \cdot n} \right\},$$

та множина бінаризованих функцій яскравості :

$$g_A : \Omega_{r,s}^A \rightarrow [0,1], \quad g_B : \Omega_{r,s}^B \rightarrow [0,1].$$

Вводимо дві нечіткі множини $\tilde{\Omega}^A, \tilde{\Omega}^B$, які визначені на універсальних множинах Ω^A та Ω^B [91]. Функції приналежності [93]:

$$\mu_{\tilde{\Omega}^A}(r,s) = \frac{\sum_{i,j \in \Omega_{r,s}} g_A(i,j)}{|\Omega_{r,s}^A|}, \quad \mu_{\tilde{\Omega}^B}(r,s) = \frac{\sum_{i,j \in \Omega_{r,s}} g_B(i,j)}{|\Omega_{r,s}^B|}. \quad (3.7)$$

В результаті отримуємо нечіткі множини:

$$\tilde{\Omega}^A = \left\{ \Omega_{r,s}^A \mid \mu_{\tilde{\Omega}^A}(r,s) \right\}, \quad \tilde{\Omega}^B = \left\{ \Omega_{r,s}^B \mid \mu_{\tilde{\Omega}^B}(r,s) \right\}. \quad (3.8)$$

Потім згідно [92], знаходимо відносну відстань Хеммінга :

$$\rho(\tilde{\Omega}^A, \tilde{\Omega}^B) = \frac{\sum_{r=1}^C \sum_{s=1}^D \left| \mu_{\tilde{\Omega}^A}(r,s) - \mu_{\tilde{\Omega}^B}(r,s) \right|}{|\Omega^A|} \quad (3.9)$$

Для аналізованого сегменту і усіх еталонів, наявних у БД, розраховуємо значення відносної відстані Хеммінга $\rho(\tilde{\Omega}^A, \tilde{\Omega}^B)$ [94] і сортуємо їх за убутанням:

$$\rho(\tilde{\Omega}^{A_1}, \tilde{\Omega}^{B_1}) \leq \rho(\tilde{\Omega}^{A_2}, \tilde{\Omega}^{B_2}) < \dots < \rho(\tilde{\Omega}^{A_N}, \tilde{\Omega}^{B_N}).$$

3.2 Комп'ютерні експерименти

3.2.1 Вибірка фотозображень для досліджень

Для проведення експериментів по ідентифікації номера чавуновізного ковша за зашумленим фотозображенням було підібрано близько 80 графічних файлів формату BMP розмірів 800×600 пікселів, представлених в градаціях сірого кольору. Приклад фотографій показаний на рис. 3.6.

Фотографії могли бути отримані в різний час доби, з різною освітленістю. Залежно від пори року і погодних умов на фотографії також може бути різна зашумленість.



Рисунок 3.6 – Приклади вхідних фотозображень

Крім того, чавуновізні ківші, під час перевезення чавуну та проходження обробки, можуть отримувати додаткові завади у вигляді патьоків, наліпок і іншого. Середня яскравість фотографій приведена в таблиці. 3.1.

Таблиця 3.1 – Середня яскравість фотозображень вибірки

№ ковша	Середня яскравість	№ ковша	Середня яскравість	№ ковша	Середня яскравість	№ ковша	Середня яскравість
1	2	3	4	5	6	7	8
01	0,50	21	0,30	41	0,30	61	0,31
02	0,33	22	0,44	42	0,37	62	0,26
03	0,40	23	0,38	43	0,40	63	0,30
04	0,42	24	0,36	44	0,48	64	0,42
05	0,22	25	0,43	45	0,34	65	0,43
06	0,50	26	0,37	46	0,43	66	0,48

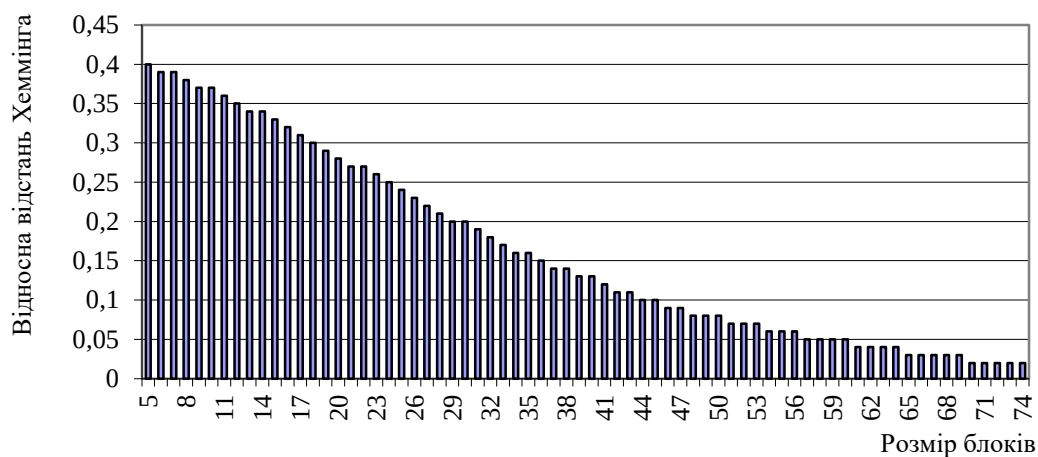
Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8
07	0,21	27	0,33	47	0,33	67	0,29
08	0,36	28	0,39	48	0,26	68	0,43
09	0,49	29	0,40	49	0,50	69	0,20
10	0,23	30	0,39	50	0,36	70	0,38
11	0,33	31	0,46	51	0,33	71	0,50
12	0,38	32	0,37	52	0,50	72	0,48
13	0,22	33	0,38	53	0,38	73	0,43
14	0,27	34	0,31	54	0,14	74	0,47
15	0,29	35	0,43	55	0,44	75	0,30
16	0,32	36	0,39	56	0,33	76	0,21
17	0,49	37	0,44	57	0,22	77	0,21
18	0,27	38	0,36	58	0,23	78	0,40
19	0,37	39	0,45	59	0,49	79	0,38
20	0,50	40	0,51	60	0,26	80	0,22

3.2.2 Визначення впливу розміру блоків при розбитті ядер на відносну відстань Хеммінга

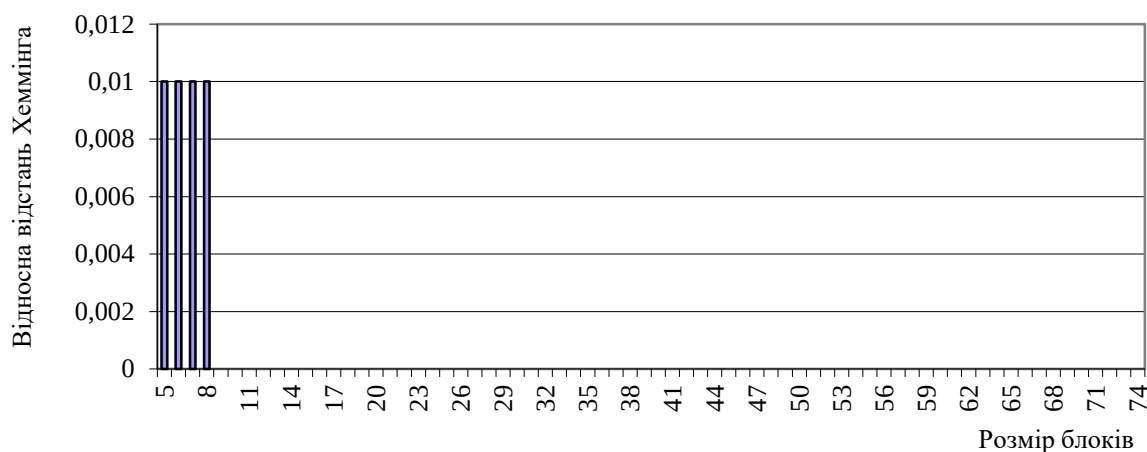
Розмір блоків варіювався в діапазоні від 5×5 до 75×75 пікселів. Приймаємо $T = 0.8$. Графік залежності величини відносної відстані Хеммінга від розмірів блоків при розбитті ядер показаний на рис. 3.7.

Еталон: ківш № 08, аналізоване фото: ківш № 034



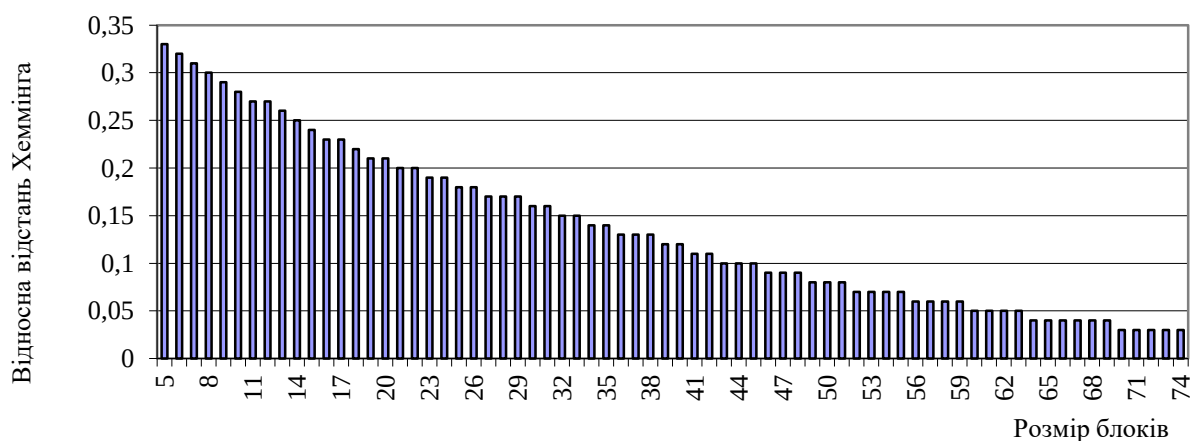
а)

Еталон: ківш № 08, аналізоване фото: ківш № 08



б)

Еталон: ківш № 022, аналізоване фото: ківш № 037



в)

Рисунок 3.7 – Графік залежності величини відносної відстані Хеммінга від розмірів блоків при розбитті ядер для сегментів ковшів з номерами: а) 08 і 034; б) 08 і 08; в) 022 і 037

Зі збільшенням розміру підмножини кількість розрахунків, а відповідно і час їх виконання, збільшується. Тому найбільш ефективним буде найменший розмір підмножини, при якій величина відносної міри схожості для сегментів зображень різних ківшів буде найбільшою, а для зображень одного і того ж ковша буде найменшою.

Найбільш оптимальним є розмір блоку 9×9 , оскільки при цьому значенні для сегментів одного і того ж ковша відносна відстань Хеммінга найбільша і найменша допустима для сегментів різних ківшів, що також видно з графіку.

3.2.3 Визначення величини порогу яскравості

Для сегментів зображень одного і того ж ковша при величині блоку розбиття 10×10 пікселів знаходимо залежність відносно відстані Хеммінга від порогу яскравості, що задається в діапазоні $T \in [0.01, 0.99]$ (рис. 3.8):

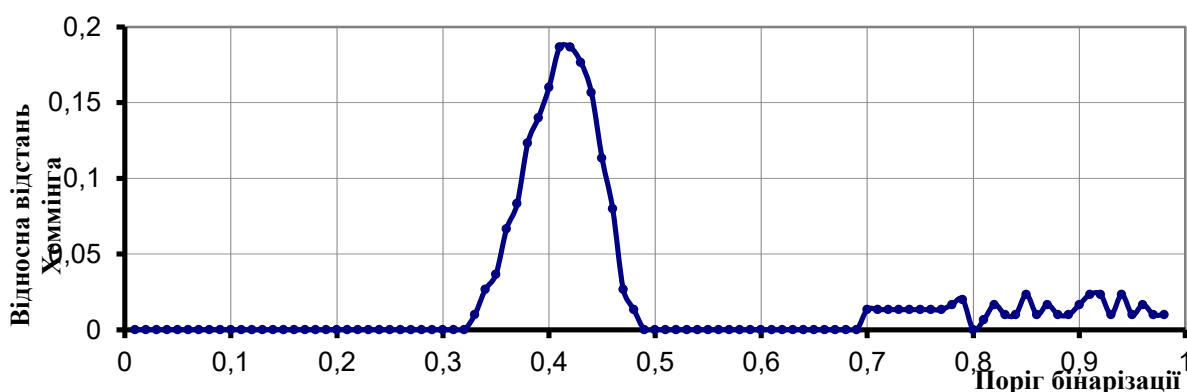


Рисунок 3.8 – Графік залежності відносної відстані Хеммінга від порогу яскравості T для еталону і сегменту зображень ковша № 08

Потім для сегментів зображень різних ківшів при величині блоку розбиття 10×10 пікселів знаходимо залежність відносно відстані Хеммінга від порогу яскравості, що задається в діапазоні $T \in [0.01, 0.99]$ (рис. 3.9):

З рис. 3.8 видно, що відносна відстань Хеммінга для сегментів одного й того ж ковша близька до нуля (стрибок при значенні порогу яскравості 0.3-0.4 на загальну картину не впливає, оскільки вказана яскравість не виділяє області інтересу). Для сегментів різних ківшів величина відносної відстані Хеммінга поводить себе стрибкоподібно.

При значенні порогу яскравості $T = 0.8$ спостерігається найбільш вигідний скачок: для сегментів одного і того ж ковша величина відносної відстані Хеммінга близька до мінімуму і, одночасно, для сегментів різних ківшів досить висока, щоб відкинути їх як еталонами, несхожі на аналізований сегмент ковша.

Висновок. Значенням порогу відсікання значень функції яскравості приймаємо рівне 0.8.

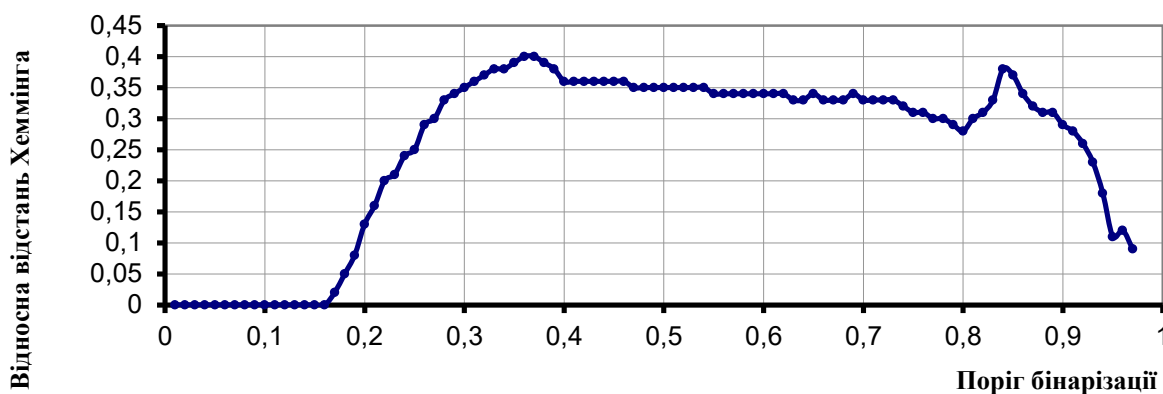


Рисунок 3.9 – Графік залежності відносної відстані Хеммінга від порогу яскравості T для еталону № 08 та сегменту зображення ковша № 034

3.2.4 Визначення відносної відстані Хеммінга

Було проведено порівняння сегментів ківшів з усіма сегментами-еталонами, що зберігаються у БД. На рис. 3.10 показані деякі результати проведеного порівняння.

Еталон: ківш № 026, аналізовані фото ківшів: № 01, 03, 08, 022, 026, 030, 033, 034, 036, 037, 038, 039, 040, 043, 056. Для ковша № 026 аналізується два сегменти, що отримані в різний час.

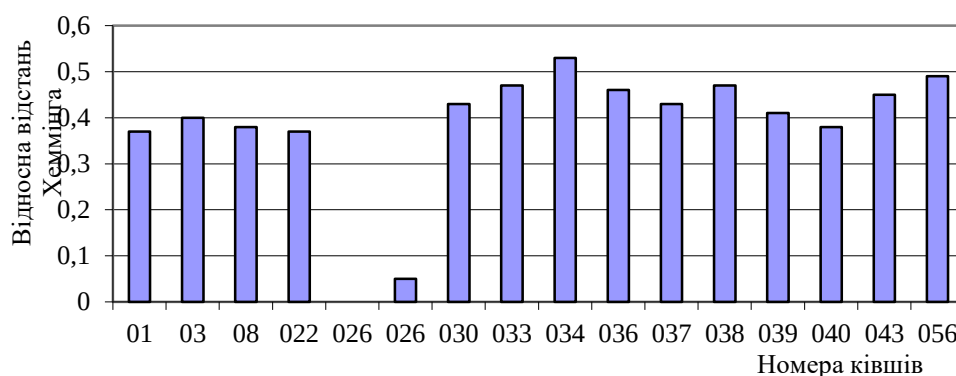


Рисунок 3.10 – Графік значень відносної відстані Хеммінга при порівнянні еталону № 26 і аналізованих фото

Еталон: ківш № 033, аналізовані фото ківшів : № 01, 03, 08, 022, 026, 030, 033, 034, 036, 037, 038, 039, 040, 043, 056. Для ковша № 033 аналізується два сегменти, що отримані в різний час.

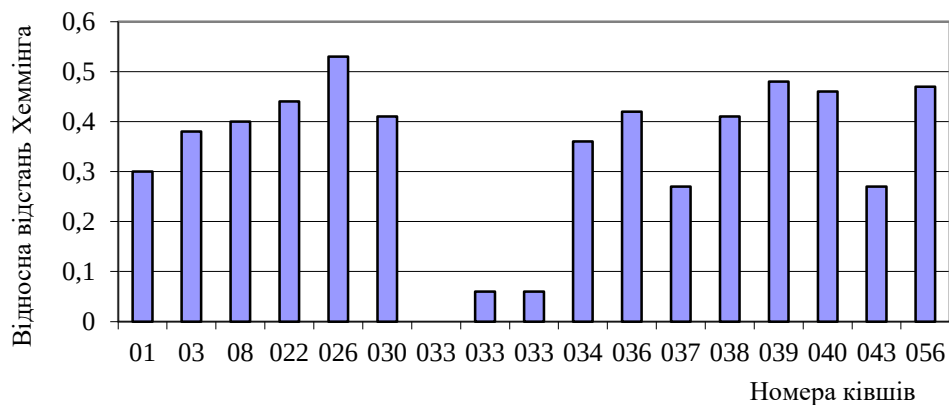


Рисунок 3.11 – Графік значень відносної відстані Хеммінга при порівнянні еталону № 033 і аналізованих фото

Еталон: ківш № 036, аналізовані фото ківшів : № 01, 03, 08, 022, 026, 030, 033, 034, 036, 036, 036, 037, 038, 039, 040, 043, 056. Для ковша № 036 аналізується три сегменти, що отримані в різний час.

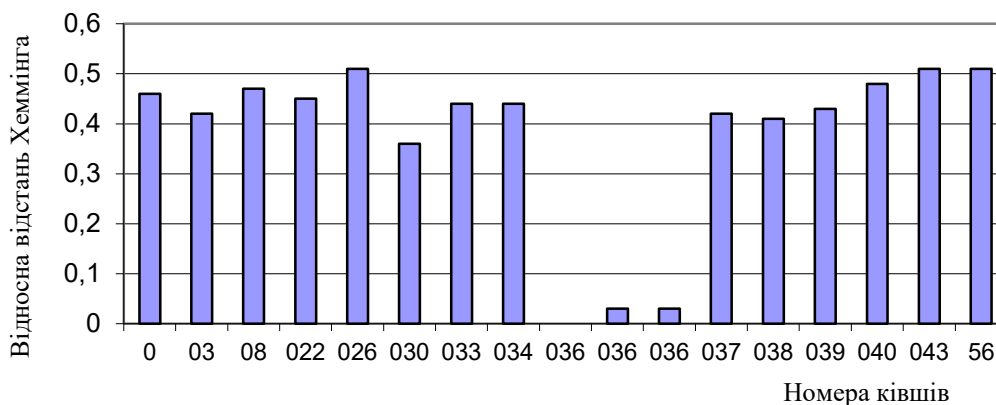


Рисунок 3.12 – Графік значень відносної відстані Хеммінга при порівнянні еталону № 036 і аналізованих фото

Відносна відстань Хеммінга для порівняння сегментів зображень різних сегментів фото одного і того ж ковша склала $0.01 \div 0.2$, різних ківшів – $0.26 \div 0.49$.

3.3 Висновки до третього розділу

В розділі запропоновано для використання метод ідентифікації на основі порівняння з еталонним сегментом. В якості еталона пропонується використовувати сегмент, що представлений нечіткою моделлю зображення локалізованої області, на якій нанесено номер ковша. Описана загальна ідея, а також детально наводяться етапи обробки за методом: етап обчислення координат характеристичної точки та формування ядер й етап фазифікації і обчислення відносної відстані Хеммінга.

Запропоновано та обґрунтовано використання в якості характеристичної точки центру тяжіння зображення. Математично викладений перерахунок координат та проілюстровано зіставлення сформованих ядер зображень. Викладено процес розбиття на блоки. Визначені функції належності, отримані нечіткі множини та наведено обрахування відносної відстані Хеммінга й ідентифікація за нею номера ківша, що зображено.

Проведені комп'ютерні експерименти, в яких визначені необхідні параметри для успішної обробки за запропонованим методом – розмір блоків, розмір порогу яскравості. А також експерименти з ідентифікації, за якими достовірність ідентифікації склала близько 98 %, що дозволяє підтвердити доцільність використання запропонованого методу.

РОЗДІЛ 4

ІНФОРМАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ НОМЕРА ЧАВУНОВІЗНОГО КОВША ЗА ЙОГО ЗАШУМЛЕНИМ ФОТОЗОБРАЖЕННЯМ

Четвертий розділ присвячений опису технології обробки зображення на основі методів кластерної локалізації і нечіткого зіставлення з еталоном, яка представлена (реалізована) у вигляді пакету прикладних програм. Також в цьому розділі описуються результати комп'ютерних експериментів застосування пропонованої технології.

4.1 Автоматизована система ідентифікації номера чавуновізного ковша за його зашумленим фотозображенням

Інформаційна технологія ідентифікації номера чавуновізного ковша за його зашумленим фотозображенням поєднує в собі моделі і алгоритми наступних процесів: попередня обробка вхідного фотозображення – фільтрація та бінаризація; локалізація області, що містить номер; підбір за обраними критеріями еталонів; розрахунок ступеня впевненості в ідентифікованому на локалізованій області номера чавуновізного ковша [96].

Запропонована інформаційна технологія включає в себе обрану модель поетапної обробки, нечітку модель зображення з локалізованого номера ковша, і реалізована у відповідній інформаційній системі [95]. Основними діями, які повинна забезпечувати інформаційна технологія, є збір, передача та обробка інформації, аналіз даних, моделювання процесів, відображення характеристик поточного стану, видача рекомендацій щодо прийняття рішення, аналіз і надання всієї інформації, яка запитується в зручному для користувача вигляді [95]. Було вирішено розробити інформаційну систему як пакет прикладних програм, кожна з яких представляє собою відповідний етап

обробки за інформаційною технологією. Можливо працювати із кожною програмою пакету окремо та проводити необхідні експерименти й підбирати параметри алгоритмів, що використовуються. А також можливо працювати із системою в комплексі, коли результат обробки передається до входу кожної з програм пакету відповідно за етапом роботи. Всю необхідну вихідну інформацію виводити для користувачів в додаток для інтерактивності і наочності процесу перегляду. Всі дані зберігати в БД, для подальших маніпуляцій [97].

На рис. 4.1 зображено структурну схему заводської локальної мережі відносно залізничного полотна та відділів, через які проходять чавуновізні ківші.

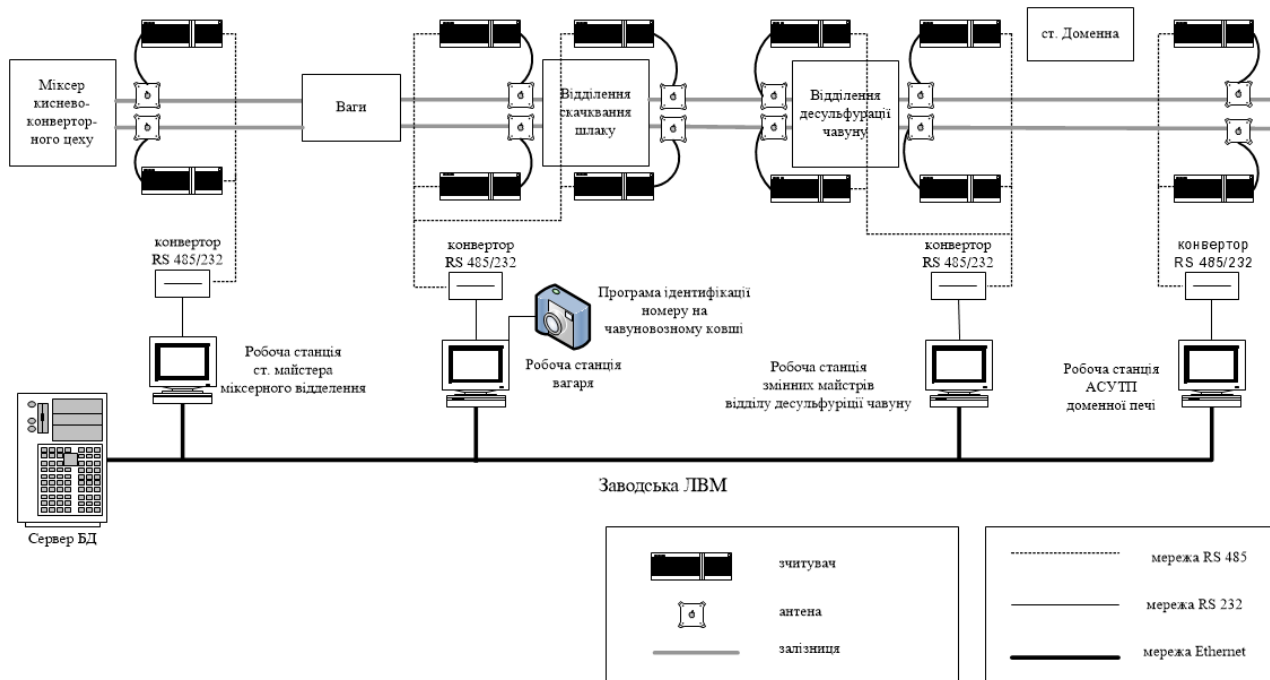


Рисунок 4.1 – Структурна схема заводської локальної мережі

На схемі показані антени та зчитувачі автоматизованої системи, що визначають та ідентифікують номер на платформі, а також показана оптична точка, що додається.

Місце розташування фотокамери та пакету прикладних програм ідентифікації номеру на чавуновозі за його фотозображенням – це робоче

місце вагаря вагон-вагів, через яке проїжджають ківші в обох напрямках. Ззовні, під стріхою встановлено відеокамеру, AXIS M2025-LE. Це IP-відеокамера із максимальним дозволом відео 1920x1080, роздільною здатністю матриці 2 Мп, кутом огляду по горизонталі 115, вбудованим ІЧ-підсвічуванням, локальним зберіганням відеозаписі та підтримкою цілодобового відеоспостереження. Такі відеокамери використовуються для відеоспостереження на виробництві. Відстань від місця встановлення камери до ківшів становить 6 м.

Пакет прикладних програм виконує на комп'ютері вагаря попередню обробку фотозображення, локалізацію сегменту, порівняння його з еталоном за обраховано нечіткою характеристикою. Схематично технологія обробки зображена на рис. 4.2. Система «Tiris» встановлена на комп'ютері вагаря. Робота з ідентифікації номеру ковша базується на даних, отриманих цією системою.

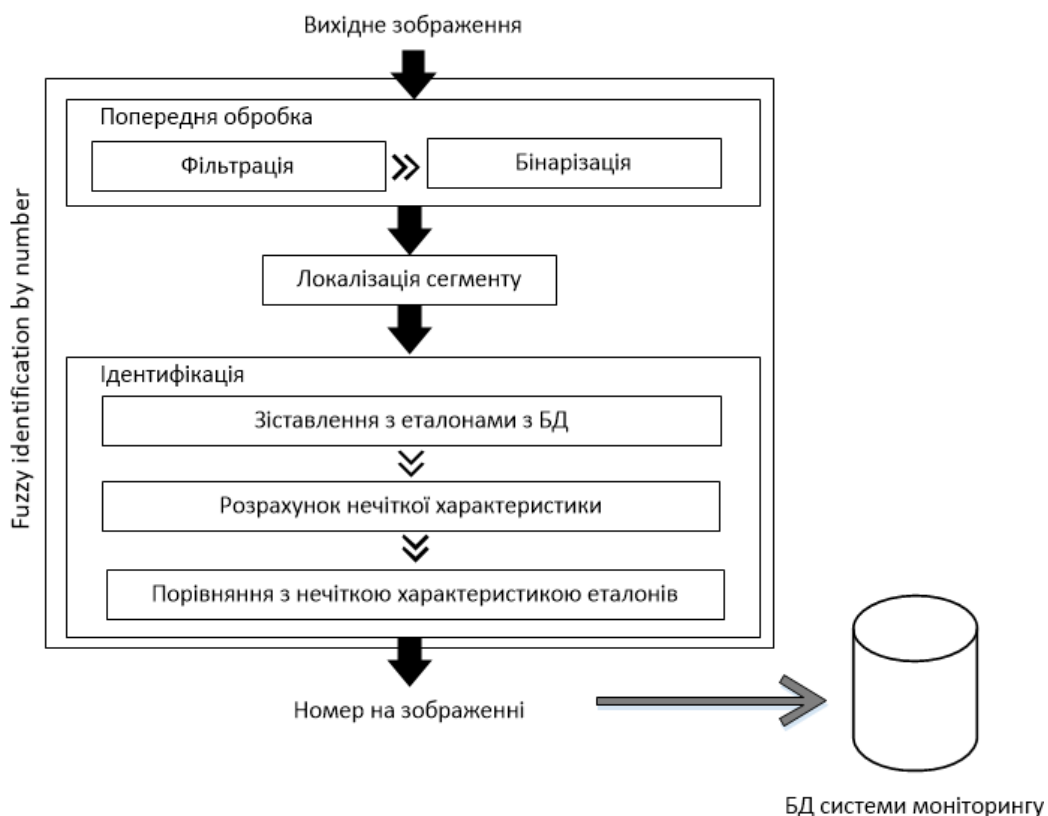
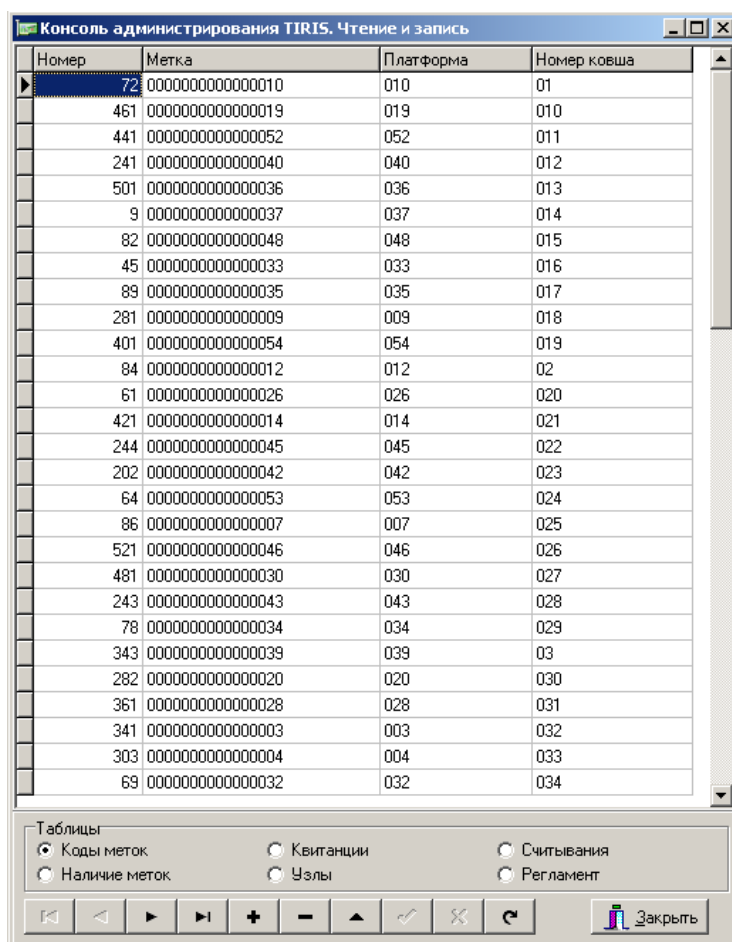
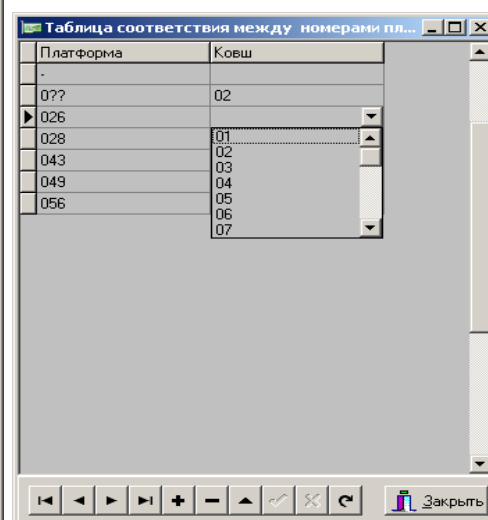


Рисунок 4.2 – Схема обробки інформації розробленим пакетом прикладних програм

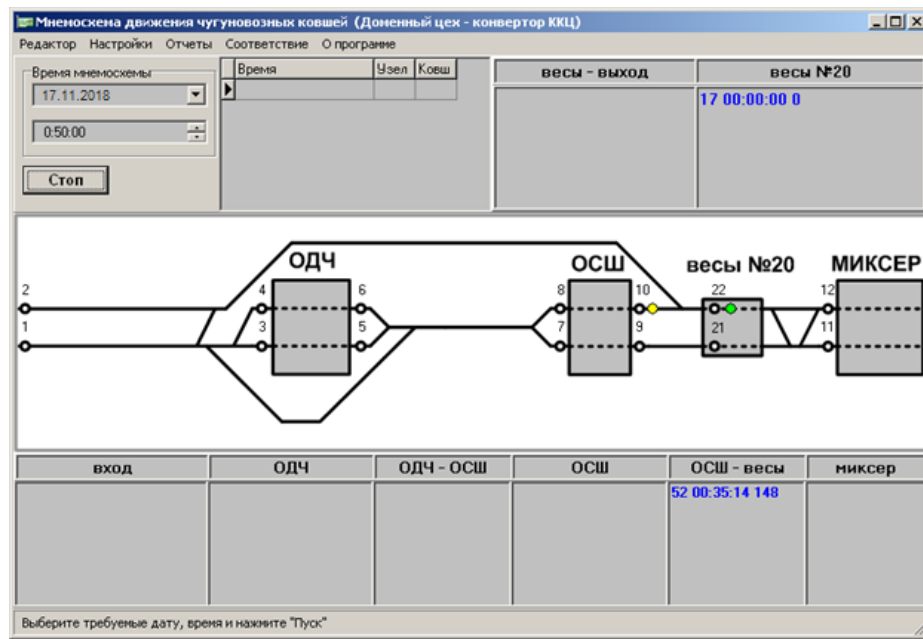
Консоль адміністрування системи визначення номерів на платформах «Tiris» (рис. 4.3) складається з шести основних екранів: «Коди міток», «Наявність міток», «Квитанції», «Вузли», «Зчитування» і «Регламент». Екран «Коди міток» призначений для підтримки в актуальному стані інформації про відповідність між номерами міток, встановленими на платформах, номерами платформ і номерами ківшів. Для виконання цієї процедури відповідальна особа повинна вибрати з випадаючого списку номер ковша, що відповідає вказаній платформі. При необхідності також можлива зміна номера мітки, встановленої на платформі.



а)



б)



в)

Рисунок 4.3 – Элементы системы «Tiris» (а – консоль адміністрування, б – таблиця відповідності між номером платформи і ковша, в – мнемосхема руху чавуновізних ківшів

Розроблений пакет програм підключається до тієї ж самої бази даних, що й система «Tiris». БД розташована на сервері Oracle. Автентифікація також здійснюється за тими ж самими обліковими даними, що наведені на рис. 4.4.

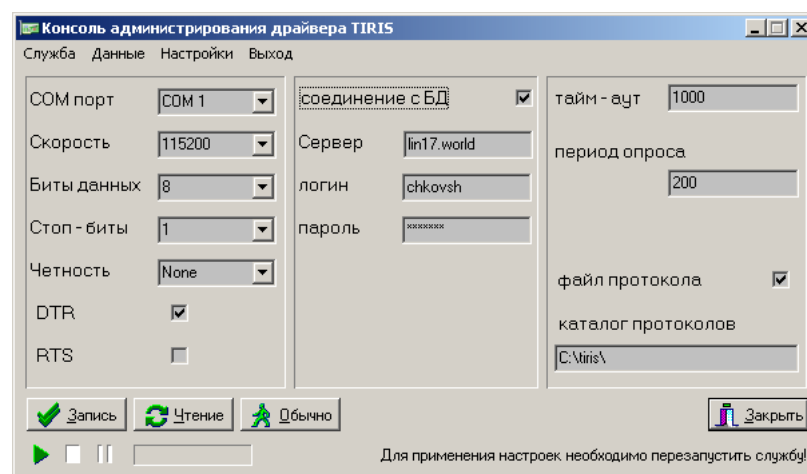


Рисунок 4.4 – Вікно налаштувань підключення до сервера БД системи визначення номерів на платформах

Робота системи моніторингу стану чавуну та транспортування чавуновізних ківшів відображена на діаграмі потоків даних, що представлена на рис. 4.5.

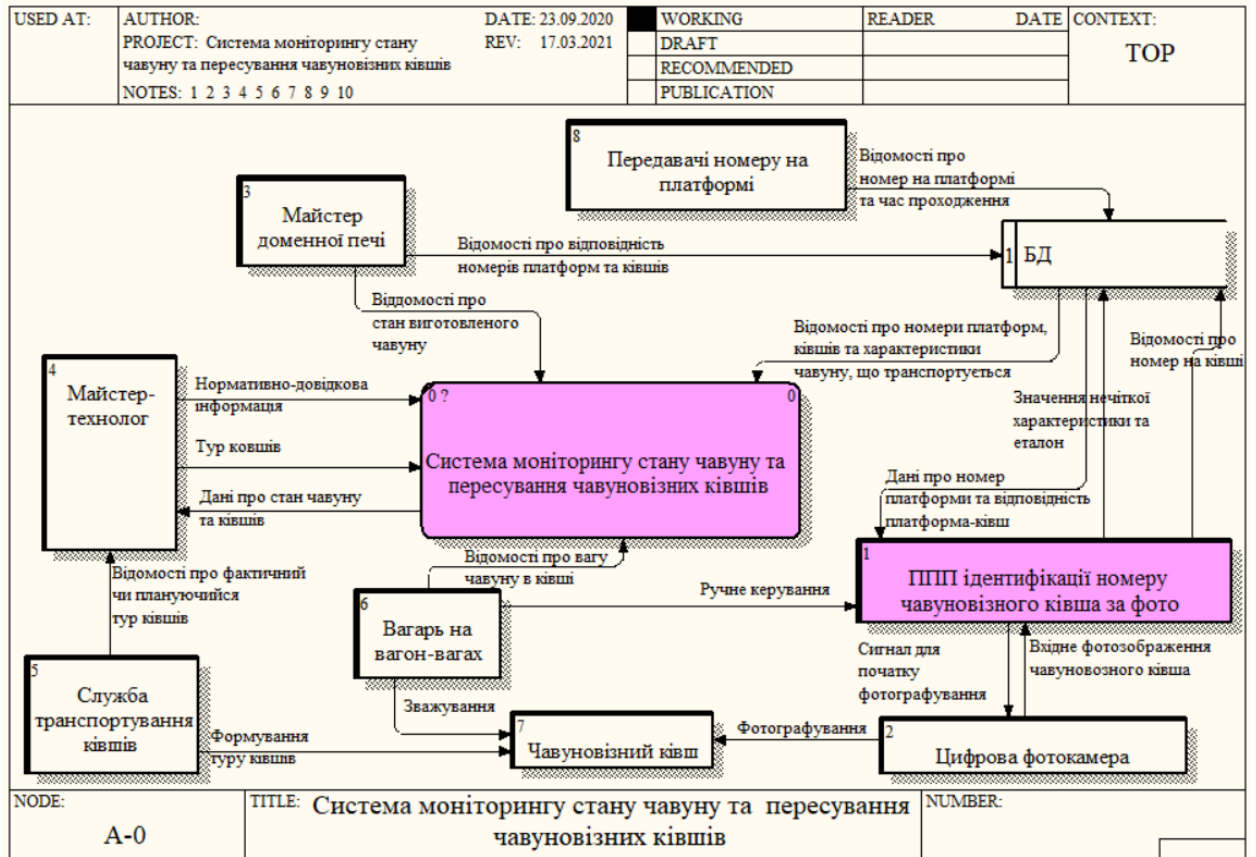


Рисунок 4.5 – Інформаційні потоки в системі моніторингу стану чавуну та пересування чавуновізних ківшів

Вона включає роботу системи визначення номеру на платформі «Tiris» та роботу із пакетом прикладних програм ідентифікації номера ківша за фотозображенням, за якою виконуються такі дії:

- 1) диспетчер доменної печі заповнює таблицю відповідності «Платформа-ківш» в системі «Tiris»;
- 2) зчитувачі визначають час зчитування, номер платформи та передають дані до БД;

3) ППП ідентифікації номера ковша за фото отримує фотографії з камери, коли різниця в часі зчитування датчиків № 11, 12, 20, 21 з часом на ПК АРМ вагаря дорівнює не більше ніж 3 хвилини;

4) обробка вхідних фотозображень ППП ідентифікації номера ковша за фото та отримання нечіткої характеристики;

5) вивід повідомлення в ППП про необхідність ручного втручання якщо мінімальне значення еталонної нечіткої характеристики більше за значенням від 0,26;

6) порівняння даних таблиці «Зчитування» та «Відповідність платформа-ківш» та корегування значення номеру ківша в таблиці «Відповідність платформа-ківш»;

7) заміна в базі нечіткої характеристики та еталонного сегменту після обертання туру (кожні 3 години 50 хвилин).

Таким чином можливо виправити помилкову інформацію в базі даних. Ефективна робота цієї програми в одній точці доведе доцільність використання запропонованої інформаційної технології ідентифікації, а також можливе впровадження інших точок для ідентифікації, наприклад: на стіні або даху будівлі п/ст 22 доменного цеху, на даху будівлі осушення повітря ВДЧ доменного цеху, у виготовлений віконний отвір в приміщенні апаратного зв'язку ВДЧ, на металоконструкції на в'їзді у ВСШ, на робочому майданчику на виїзді ВСШ, на робочому майданчику в приміщенні ВСШ з боку виїзду, на робочому майданчику над в'їзними воротами міксерного відділення ККЦ тощо.

4.2 Пакет прикладних програм ідентифікації номера чавуновізного ковша

4.2.1 Структура пакету

На підставі описаних в розділах 2 і 3 методів локалізації інформативної області і ідентифікації номера на зображенні, в середовищі MS Visual

Studio 2019, мов програмування C++ та Python, бібліотеки QT, а також бібліотеки комп'ютерного зору OpenCV, розроблений пакет прикладних програм для підтримки інформаційної технології. Пакет складається з окремих модулів: PrImage, LocArea, IdNum, що мають наступні функціональні можливості.

Модуль PrImage реалізує попередню обробку. На вхід для обробки подається зображення в градаціях сірого кольору, що має певну ширину і висоту. На виході отримуємо перетворене зображення такого ж розміру, яке подається на вхід модуля LocArea. В результаті роботи модуля локалізується інформативна область, що містить зображення номера ковша. По локалізованій області формується сегмент, що зраджується далі на вхід модуля LocArea, що реалізовує нечітке порівняння з еталонними сегментами, що зберігаються у базі.

На рис. 4.5 показана структурна схема пакету.



Рисунок 4.5 – Структурна схема пакету

Далі розглянемо опис кожного з модулів. При проектуванні і описі модулів пакету була використана уніфікована мова моделювання UML 2.0, яка за допомогою діаграм різних типів дозволяє візуалізувати етапи проектування і документування програмного забезпечення. Так структурна схема пакету за допомогою UML діаграми компонентів [98] і показана на рис. 4.6.

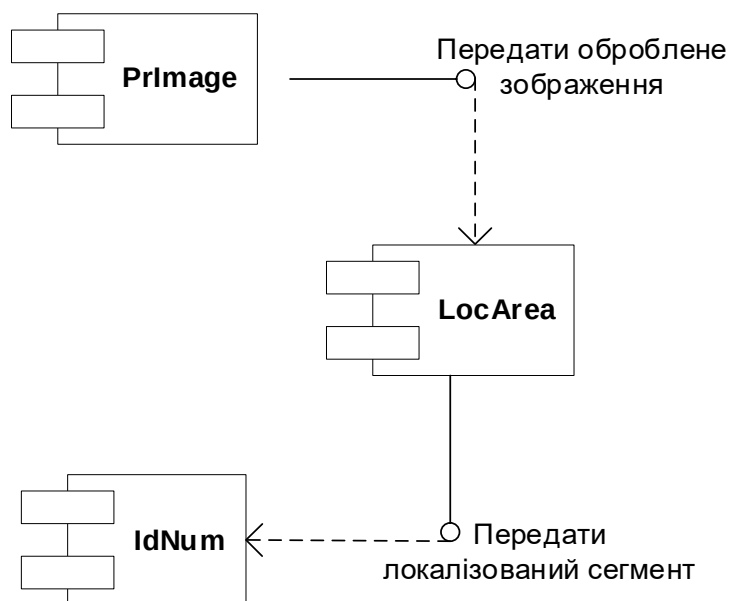


Рисунок 4.6 – Діаграма компонентів пакету

На діаграмі відображені операції, які можуть бути здійснені користувачем і іншими модулями пакету для локалізації сегменту.

4.2.2 Модуль попередньої обробки **PrImage**

У основі застосування **PrImage** лежать описані в розділі 2.1 попередня фільтрація і бінаризація початкового фотозображення. Як показано в описаних в цьому розділі експериментах, вибрані методи можуть бути застосовані для попередньої обробки. Обробка може здійснюватися як вручну, так і автоматично. На виході отримується перетворене фотозображення (рис. 2.5), яке передається на вхід модуля локалізації у вигляді збереженого файлу, якщо обробка здійснюється вручну, або у вигляді сформованого в пам'яті масиву яскравостей, коли обробка здійснюється автоматично за всіма етапами (рис. 4.7).

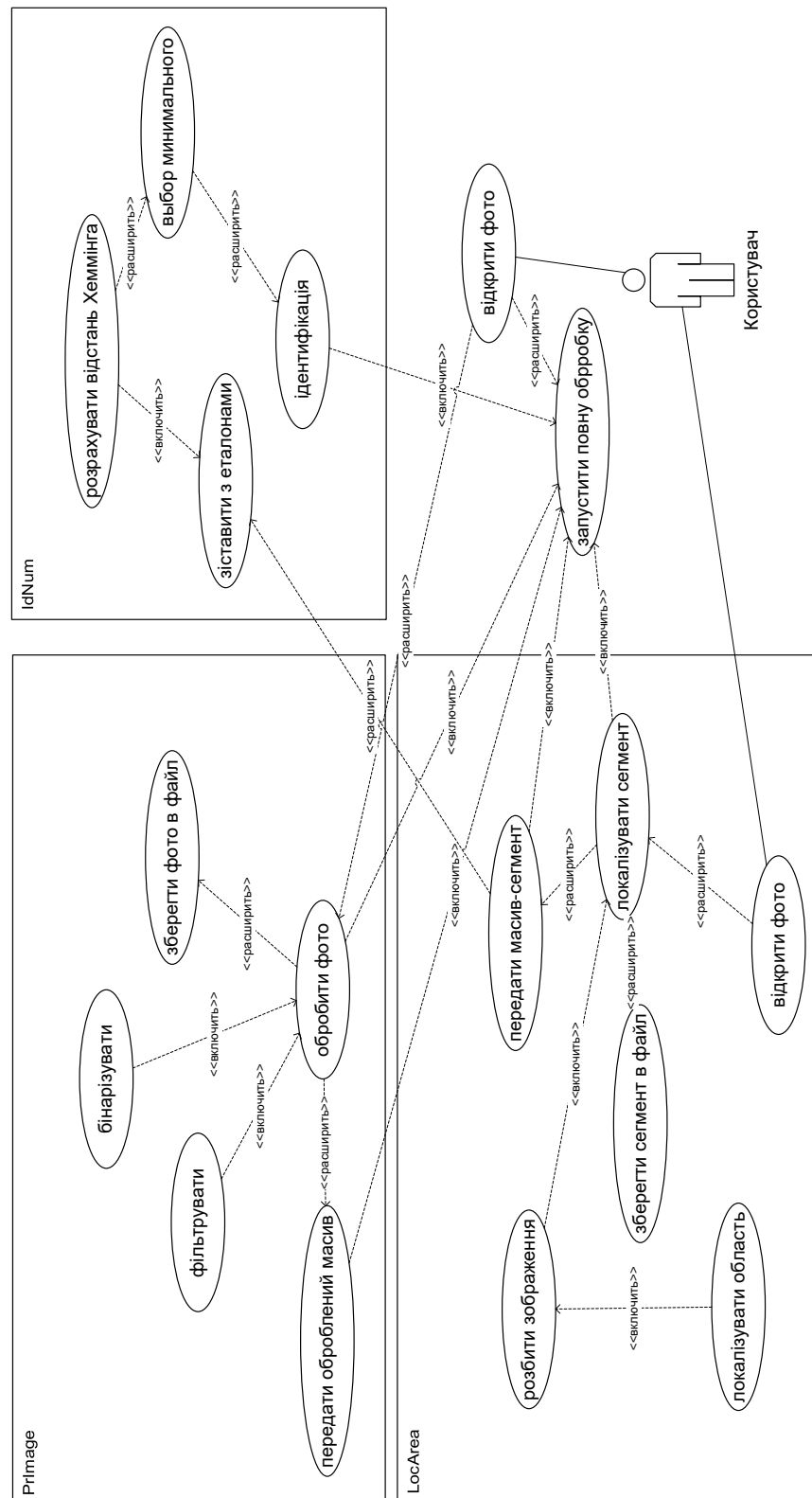


Рисунок 4.7 – Діаграма варіантів використання пакету

Динамічна модель модуля PrImage показана у вигляді діаграми діяльності на рис. 4.8.

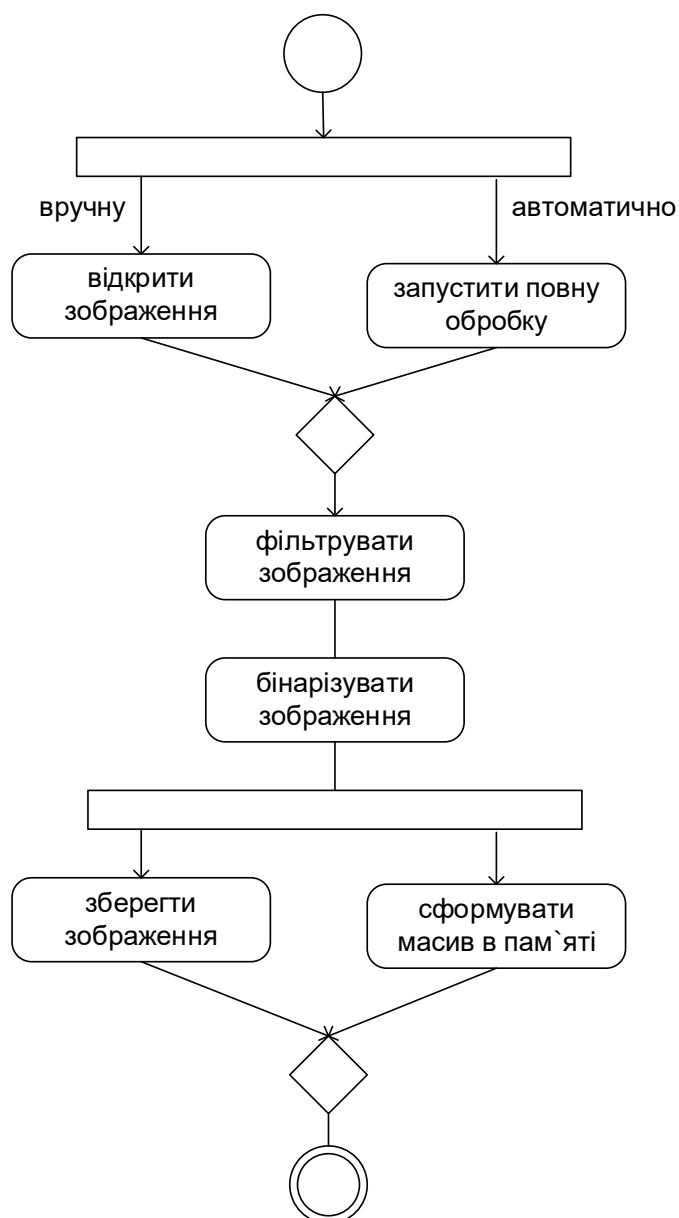


Рисунок 4.8 – Діаграма діяльності модуля PrImage

При проектуванні модуля PrImage були створені класи, показані на рис. 4.9, де

- класом Піксель є опис пікселя, тобто координати і яскравість пікселя;
- класи Вихідне_зображення, Фільтроване_зображення, Бінаризованное_зображення – є масивами пікселів зображення, його висотою і шириною.

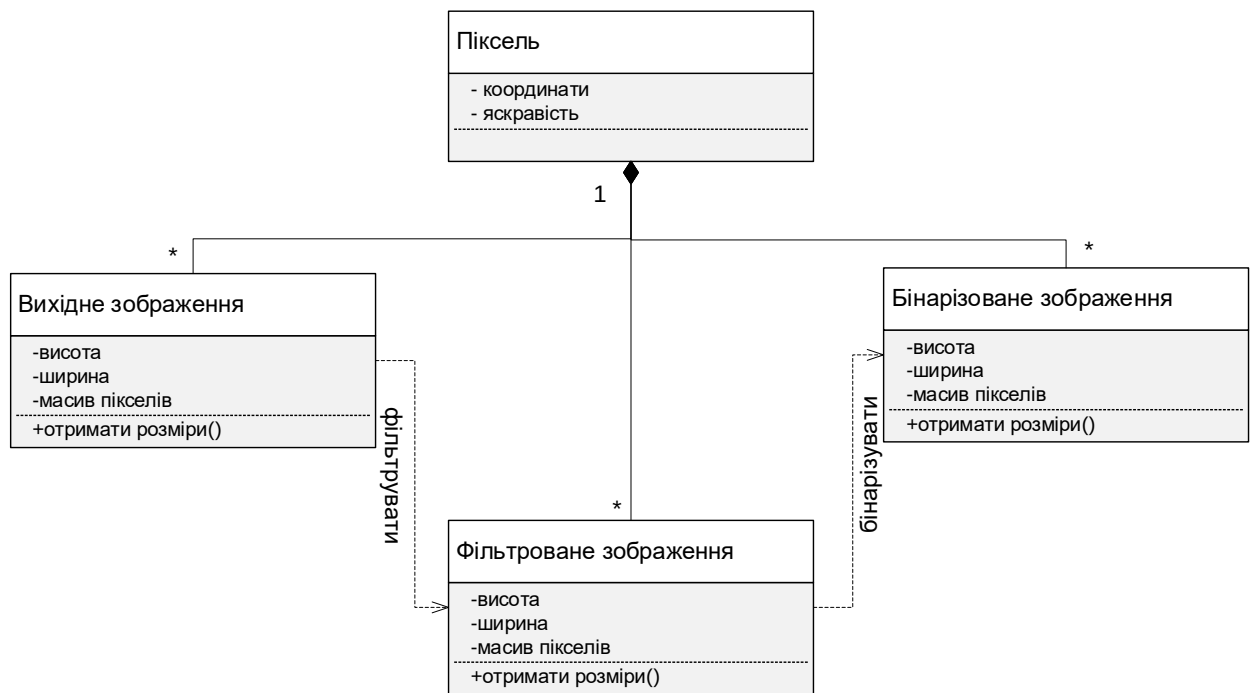


Рисунок 4.9 – Діаграма класів модуля PrImage

4.2.3 Модуль локалізації LocArea

У основі застосування LocArea лежить метод, описаний в параграфі 2.3.2.2. При проектуванні цього модуля були створені класи, показані на рис. 4.10, де клас Бінаризоване_фото представляє собою масив пікселів зображення, його висоту і ширину; класом Сітка_розбиття є масив розбиття, їх кількість по ширині і у висоті; клас Кластерами є масив пікселів і імена присвоєних їм кластерів, імена привласнюються за допомогою обробки з використанням класу Апертура, який також складається з масиву пікселів заданої ширини і висоти.

Динамічна модель модуля LocArea показана у вигляді діаграми діяльності на рис. 4.7. Кластеризація і локалізація проводиться за описаним в параграфі 2.3.2.2 методом.

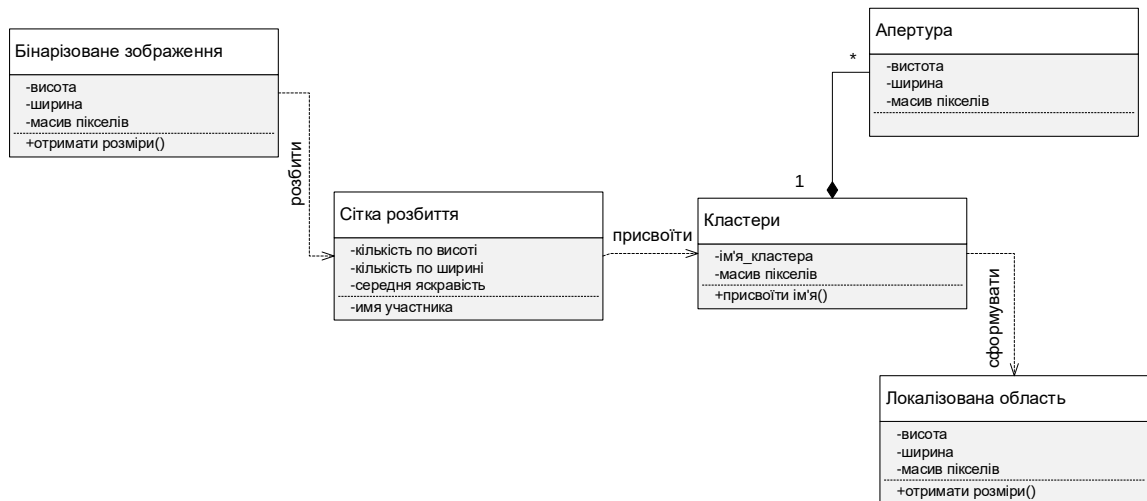


Рисунок 4.10 – Діаграма класів модуля LocArea

4.2.4 Модуль представлення ідентифікації IdNum

У основі модуля IdNum покладена нечітка модель блоків ядер зображення та еталону, описана в розділі 3.4, яка дозволяє знайти нечітку відстань Хеммінга між сформованими нечіткими множинами. Результати експериментів показані в розділі 3.4.

Опис можливого використання цього модуля показаний на рис. 4.11. На діаграмі показано, що робота цього модуля ґрунтується на результатах модуля LocArea, в якому локалізується область і формується сегмент зображення. При цьому результат роботи модуля IdNum безпосередньо залежить від якості знайденого сегменту. Якщо параметри: розміри апертури при кластеризації були вибрані невдало, отримувана автоматично локалізована область може містити надлишок або недолік необхідної інформації. У приведених в параграфі 3.5 експериментах показані оптимальні параметри.

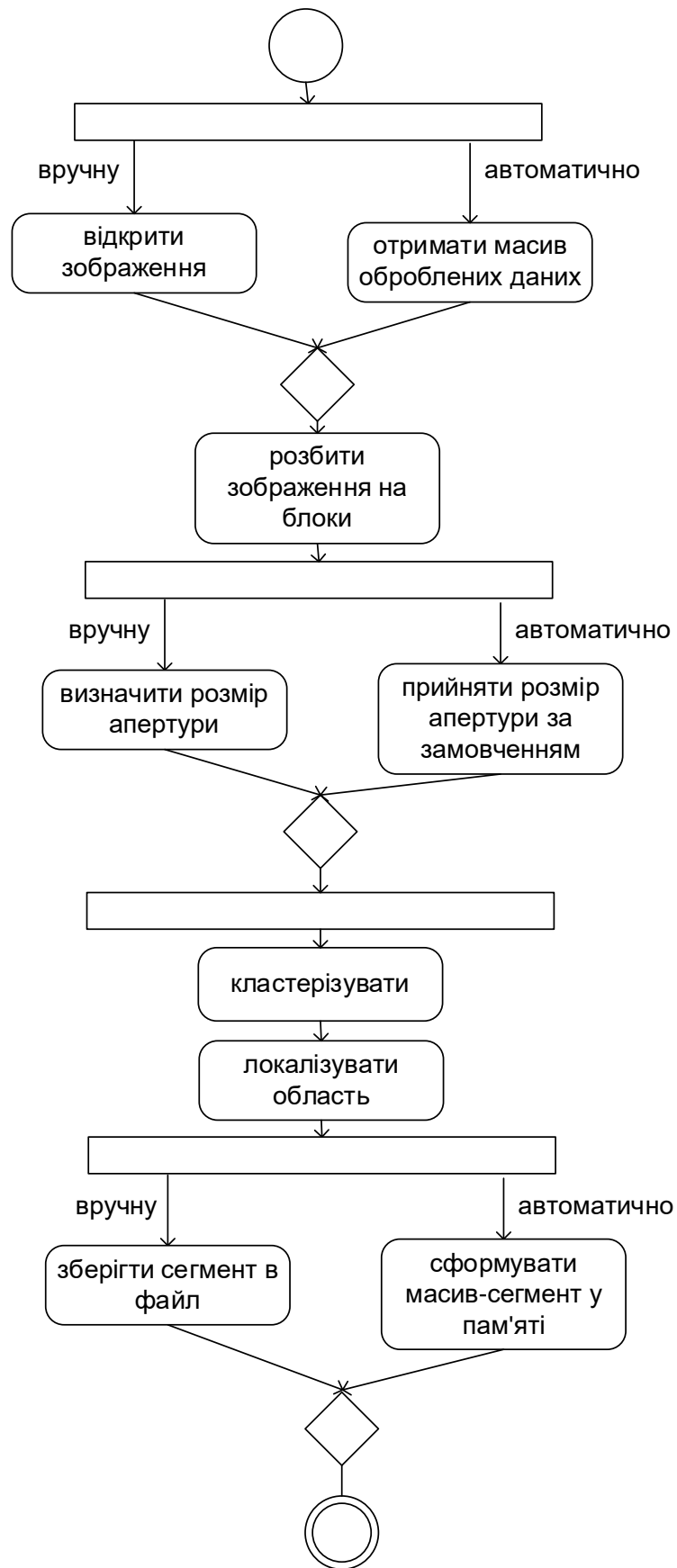


Рисунок 4.11 – Діаграма діяльності модуля LocArea

Оскільки в цьому модулі використовується модель ядра аналізованого зображення і еталонного, то окрім описаних раніше класів, статична структура модуля, показана на рис. 4.12, містить також наступні класи:

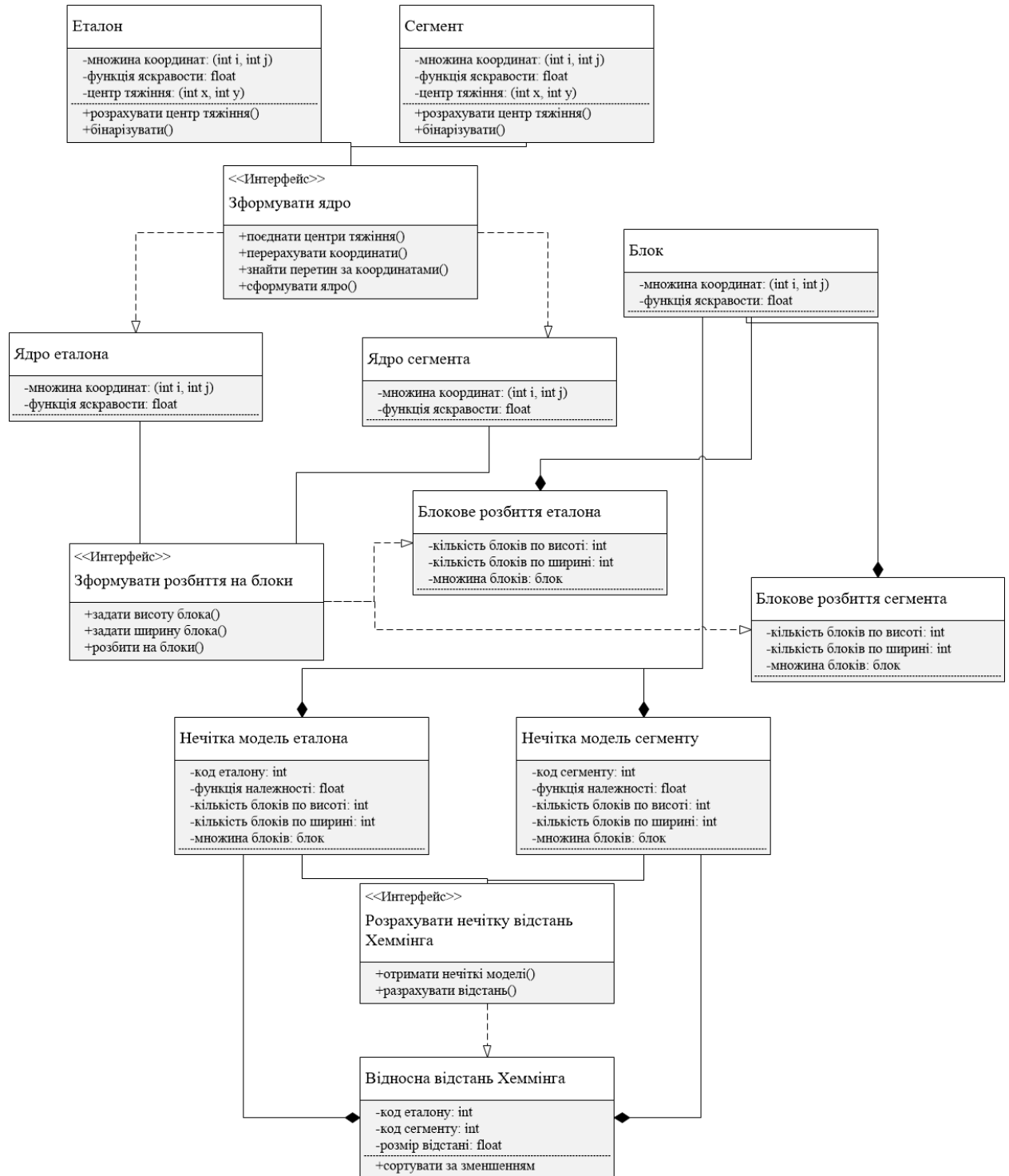


Рисунок 4.12 – Діаграма класів модуля IdNum

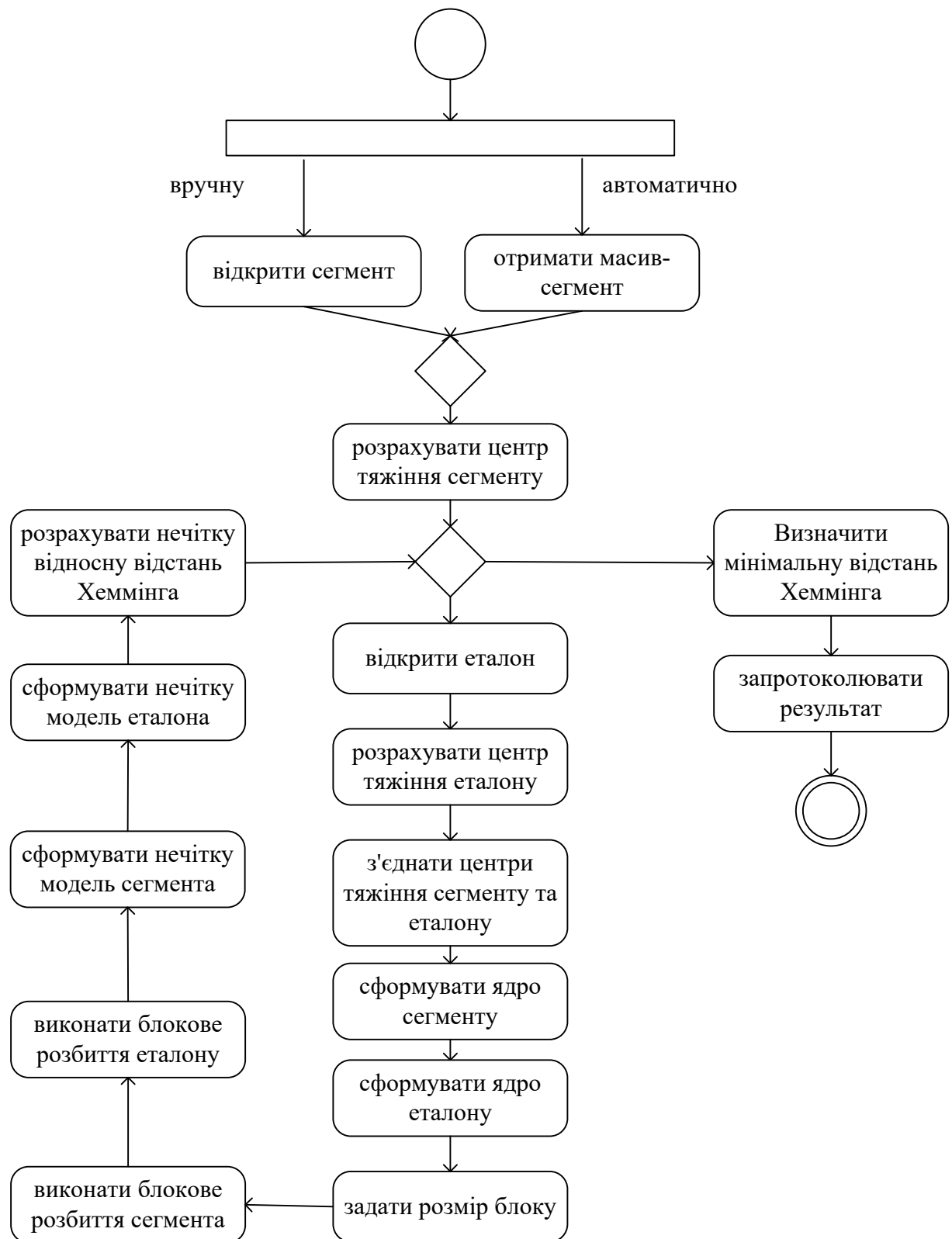


Рисунок 4.13 – Діаграма діяльності (активності) IdNum

– класами Еталон і Сегмент є масиви координат, функцій яскравості і центру тяжіння зображення;

- класами Ядро еталону і Ядро сегменту також є масиви координат і функцій яскравості;
- класами Блокове розбиття еталону і Блокове розбиття сегменту є масив об'єктів класу Блок і формується відповідно до методу, описаного в розділі 3.4;
- класом Блок є масиви координат і функцій яскравості;
- класи нечітка модель еталону і нечітка модель сегменту також формуються відповідно до описаного в розділі 3.4 методу відповідно до інтерфейсу «Формувати розбиття» і складається з безлічі об'єктів класу Блок і функції приналежності;
- клас Відносна відстань Хеммінга складається з безлічі розрахованих між еталоном і сегментом відстаней Хеммінга.

Загальний процес діяльності модуля відображений на рис. 4.13, де показана діаграма діяльності (активності) Діаграма класів модуля IdNum, а також відбитий зв'язок модулів PrImage і LocArea.

4.3 Комплексне тестування пакету прикладних програм

Оскільки кожна з програм пакету інформаційної системи ідентифікації є одним з етапів обробки за запропонованою в роботі інформаційною технологією, тестування проводилося поетапно. Для кожного з етапів обробки раніше були підібрані і приведені в експериментах оптимальні параметри. Також показана ефективність обробки за обраними методами. Для комплексного тестування необхідно ідентифікувати номер на фотозображенні ковша за допомогою деякого стандартного, загальнодоступного засобу. Описані в першій главі програмні продукти не дозволяють отримати скільки-небудь порівнянний результат. Проте його можна отримати, здійснивши подібну обробку, використовуючи одну з відкритих бібліотек комп'ютерного зору і наявні в ній засоби.

За запропонованою інформаційною технологією прикладними програмами пакету виконуються:

- попередня обробка (медіанна фільтрація, бінаризація за допомогою розробленого методу – неповна порогова бінаризація з порогом, що підбирається автоматично);
- локалізація області інтересу за допомогою сегментації кластеризацією модифікованим за допомогою ковзного вікна методом найближчого сусіда;
- ідентифікація за допомогою розробленого методу нечіткого зіставлення аналізованого сегменту і еталону.

Подібна обробка за допомогою бібліотеки OpenCV описана в [87]. Згідно описаній обробці:

- попередня обробка (фільтрація виконується за допомогою функції *cv2.medianBlur*, бінаризація – функції *cv2.threshold*, морфологічне перетворення, дилатація – функції *cv2.dilate*);
- локалізація області інтересу виконується за допомогою контурної сегментації (виділення контрастних меж на зображенні – функція *cv2.Canny*, виділення контурів – функція *cv2.findContours*, сегментація зображення – функція *cv2.boundingRect*);
- ідентифікація номера виконується із використанням нейронної мережі.

Такий підхід також описаний в літературних джерелах [99-106] добре зарекомендував себе і також має практичне застосування. Завдання тестування – з'ясувати наскільки краще запропонована інформаційна технологія, ніж ті, що знаходяться під рукою будь-якого розробника засобу.

4.3.1 Порівняння результатів попередньої обробки

Першою на етапі попередньої обробки за запропонованою технологією виконується фільтрація за допомогою медіанного фільтру.

Бібліотека OpenCV має в собі і інші фільтри, наприклад, фільтр Гауса – функція *cv2.GaussianBlur*. Результати з експериментів, наведені в другій главі. Зупинимо свою увагу на медіанному фільтрі (функція *cv2.medianBlur*). Результат, що отримується при фільтрації початкового фотозображення, приведений на рис. 4.14.



а) вхідне зображення



б) після фільтрації

Рисунок 4.14 – Результати фільтрації зображення засобами OpenCV

Як вказано в [107], функція *medianBlur* згладжує зображення за допомогою медіанного фільтру з апертурою $ksize \times ksize$. Кожен канал багатоканального зображення обробляється незалежно. Параметрами функції є:

- *src input* 1-, 3 - або 4-канальне зображення; коли *ksize* дорівнює 3 або 5, глибина зображення має бути CV_8U, CV_16U або CV_32F, для великих розмірів апертури вона може бути тільки CV_8U;
- *dst* цільовий масив того ж розміру і типу, що і *src*;
- *ksize* лінійний розмір апертури; він має бути непарним і більше одиниці, наприклад: 3, 5, 7 ...

Тобто описана функція працює стандартним чином і не оптимізована за швидкістю виконання застосуванням швидкого сортування значень яскравості в апертурі. А значить пропонований за інформаційною технологією, описаною в роботі, алгоритм працює швидше і, як наслідок, ефективніше. Про це також свідчать експерименти, описані в параграфі 2.1.1.

Другою на етапі попередньої обробки за запропонованою технологією являється бінаризація. Згідно з інформаційною технологією запропоновано використати неповний пороговий метод бінаризації з автоматичним підбором порога. Усі формули та експерименти відносно бінаризації і порога яскравості приведені в параграфі 2.1.2.

У відкритій бібліотеці комп'ютерного зору OpenCV для бінаризації зображення використовується функція `cv2.threshold(im, a, b, 0)`. Функція `threshold` повертає зображення, в якому всі пікселі, які темніше (менше) a замінені на 0, а всі, які яскравіше (більше) a , – на b [108]. Таким чином, значення порогу необхідно також підбирати як і при програмуванні функції бінаризації власноруч. Також така бінаризація не є адаптивною, оскільки жорстко прив'язана до прописаних в ній параметрів. Результат проведеної засобами OpenCV бінаризації показаний на рис.4.15.



Рисунок 4.15 – Результати бінаризації зображення

Оскільки функція `cv2.boundingRect`, за допомогою якої в OpenCV виконується сегментація, працює з контурами, до попередньої обробки за цією технологією можна віднести і виділення контурів.

Для виділення контрастних меж на зображенні використовувався детектор Кенні (функція *cv2.Canny*), для якої заздалегідь підбиралися значення максимального і мінімального значення градієнта. Результат виділення меж на зображенні засобами OpenCV показаний на рис. 4.16.



Рисунок 4.16 – Результати виділення меж на зображенні засобами OpenCV

У статті [102] одним з варіантів обробки було запропоновано використання перед виділенням контурів, після бінаризації такі морфологічні перетворення як ерозія і дилатація (*cv::erode()* і *cv::dilate()*). Отриманий результат показаний на рис. 4.17.



Рисунок 4.17 – Результат, отриманий після бінаризації і дилатації засобами OpenCV

4.3.2 Порівняння результатів локалізації

Сегментація, як було сказано, у бібліотеці OpenCV виконується функцією *cv2.boundingRect*. На рис. 4.18 видно виділені зеленими прямокутниками області, що містять цифри. Тут промальовувався простий прямокутник навколо контуру (*ROI*). Відповідні координати прямокутника виходять так, що прямокутник повністю перекриває контур. Коли контури були виділені вірно, отримувані сегменти ідеально викреслюють цифру. У разі, коли цифра написана змазано, має спотворення, сегмент виділяється з великою помилкою другого порядку, тобто сегментується зайва частина фотографії.



Рисунок 4.18 – Початкове зображення з виділеними частинами інформативної області засобами OpenCV

4.3.3 Порівняння результатів ідентифікації

Для побудови і навчання моделі була обрана добре відома і досить повна база рукописних цифр MNIST [105]. Ця база (MNIST – від англ. Modified NIST) є підмножиною більш об'ємною бази NIST, яка містить рукописні образи, сегментовані по зображеннях спеціально підготовлених шаблонів, заповнених респондентами бюро перепису і студентами навчальних закладів США. MNIST складається з тренувальної (60000

образів) і тестової (10000) частин, при цьому для підвищення унікальності в різні частини були поміщені образи, отримані від різних авторів.

Бібліотека Keras містить численні реалізації широко застосовуваних будівельних блоків нейронних мереж, таких як шари, цільові та передавальні функції, оптимізатори, і безліч інструментів для спрощення роботи з зображеннями і текстом.

Модель для розпізнавання цифр включала вхідний і вихідний шари, а також один або кілька прихованих шарів. Навчання моделі проводилося з використанням змінної кількості кроків (epoch). Зображення для розпізнавання масштабувати до розміру 28x28 (784 осередки в одновимірному поданні), тому кількість нейронів у вхідному і прихованих шарах приймалося рівним 784 [102].

Вихідний рівень – це шар з 10 вузлами *tf.nn.softmax*, який повертає масив з десяти імовірнісних оцінок, сума яких дорівнює 1. Кожен вузол містить оцінку, яка вказує ймовірність того, що поточне зображення належить одному з 10 класів.

Для розпізнавання кожне зображення цифри перетворювалося до розміру 28x28, а потім подавалося на вхід попередньо навченої нейронної мережі.

Під час налаштування моделі за тестовими даними MNIST або набору зображень для подальшого розпізнавання встановлено, що точність розпізнавання слабо росте в міру збільшення кількості прихованих шарів. Налаштування моделі куди більш чутливе до вибору типу і параметрів оптимізатора і числу epoch навчання.

Варіанти структур нейронної мережі глибокого навчання на базі фреймворка Keras, які були використані для розпізнавання елементів номера ковша:

а) послідовна нейронна мережа з трьома щільними внутрішніми шарами (FNN): `dense_1_input: InputLayer → dense_1: Dense → dense_2: Dense → dense_3: Dense → dense_4: Dense`;

б) згорткова нейронна мережа (CNN): dense_1_input: InputLayer → conv2D_1: Conv2D → max_pooling2d_1: MaxPooling2D → conv2D_2: Conv2D → max_pooling2d_2: MaxPooling2D → dropout_1: Dropout → flatten_1 : Flatten → dense_1: Dense → dense_2: Dense → dense_3: Dense.

Для елементів номера ковша перед розпізнаванням виконувалися операції бінаризації і морфологічного «закриття».

Простіший варіант повнозв'язної нейронної мережі на тестовій вибірці забезпечив рівень помилки розпізнавання 1,3-1,5 %, але на реальних прикладах точність розпізнавання не перевищувала 70% (див. рис. 4.19, а).

Точніше розпізнавання цифр в областях інтересу було досягнуто з використанням згорткової нейронної мережі . Недолік цього типу мереж – значно вища тривалість навчання. На усіх варіантах тестових фотографій ківшів з якісно нанесеним номером усі цифри були розпізнані точно. Виключенням став ківш з номером 026 (див. рис. 4.19, б), на якому внаслідок дефекту нанесення номера одна з цифр була розпізнана невірно.

Виділені цифри номера			
Розпізнане FNN	0	3	5
Розпізнано CNN	0	3	8

а) приклад розпізнавання номера ковша 038

Виділені цифри номера			
Розпізнане FNN	0	2	5
Розпізнано CNN	0	2	8

б) приклад розпізнавання номера ковша 026

Рисунок 4.19 – Приклади розпізнавання цифр номера ковша 026 різними нейронними мережами

На вибірці з 15 номерів ковшів, які включали сумарно 42 цифри (12 тризначних і 3 двозначних номера), з використанням згорткової нейронної мережі правильно розпізнано 41 цифра, так що точність розпізнавання склала 97,6%. Помилки розпізнавання пов'язані з неякісно нанесеними номерами.

Стадії побудови і навчання моделі і розпізнавання практичних зразків легко розділяються внаслідок можливості експорту моделей. Для цього був використаний метод *model.save(filepath)* для збереження моделі *Keras* в одному файлі *HDF5*, який містить:

- архітектура моделі, що дозволяє відновити модель.;
- ваги моделі;
- конфігурація навчання (функція розрахунку втрат, оптимізатор)
- стан оптимізатора, що дозволяє відновити навчання саме там, де воно було зупинено.

Для відновлення моделі в подальшому використовувалася функція *keras.models.load_model(filepath)*. Ця функція також дозволяє побудувати модель за допомогою збереженої конфігурації навчання (якщо модель ніколи не була скомпільована).

У параграфі 3.2.4 описаний експеримент, в якому визначалася відносна відстань Хеммінга між локалізованими сегментами та еталонами. В якості одного з приведених еталонів виступав саме еталон, виділений з фотозображення ковша з номером 026. На рис. 3.10 видно, що при порівнянні з сегментами, що містять інший номер, нечітка характеристика варіювалася в діапазоні $0,26 \div 0,49$, а що містять той же номер – $0,01 \div 0,2$. Саме базуючись на отриманих в цьому експерименті значеннях виносить підсумкове судження про те, який номер знаходиться на аналізованому сегменті.

Таким чином, метод запропонований в інформаційній технології, описаний в роботі, дозволяє ідентифікувати також ті номери, які нанесені погано, або ж мають які-небудь дефекти і спотворення, на відміну від методу ідентифікації за допомогою нейронної мережі, який помилково розпізнає цифри при неякісно нанесеному номері.

4.4 Організаційне забезпечення

За допомогою створеного пакету прикладних програм можна виконувати автоматичну обробку зображення та ручну. Робота в ручному режимі потрібна для отримання нового набору еталонів, проведення експериментів: налаштування та обрання методів фільтрації та бінаризації, локалізація за рідними методами та її налаштування, налаштування розмірів блоків для обрахунку нечіткої характеристики при ідентифікації тощо.

Ручна обробка починається з відкриття файлу з зображенням (рис. 4.20), з яким планується виконати якісь дії.

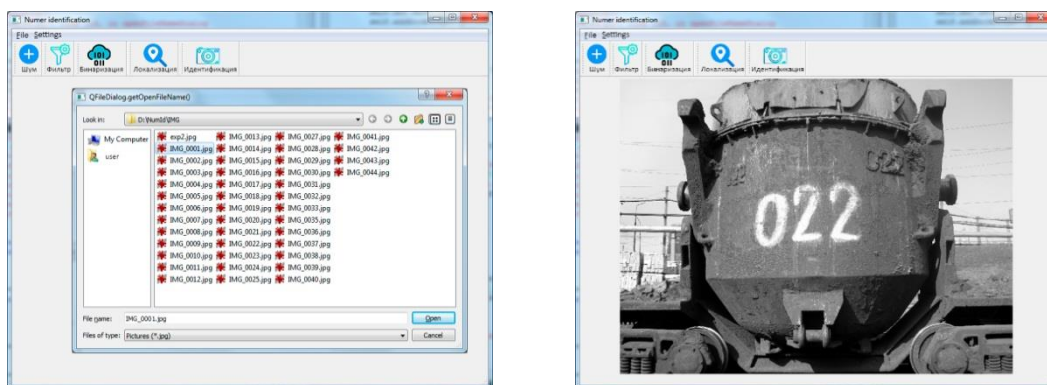


Рисунок 4.20 – Завантаження програми, відкриття та відображення обраного файлу

Автоматично обране зображення переробляється у відтінки сірого кольору. Подальша обробка відбуватиметься з вже перетвореним зображенням. Для проведення експериментів з фільтрацією можна створювати зашумлене зображення через додавання шуму – «сіль і перець», гаусів або рівномірний. Також можна окремо обирати іншу обробку – фільтрацію, бінаризацію, локалізацію чи ідентифікацію.

На рис. 4.21 показане зашумлене зображення, на прикладі був обраний шум типу «Гаусів шум».



Рисунок 4.21 – Вікно додавання шуму і виведення зображення

Під час проведення експериментів з третього етапу обробки, ідентифікації, на першому кроці виконується формування ядер з сегменту аналізованого зображення та еталону, для чого центри ядер необхідно зіставити в характеристичній точці – центрі тяжіння зображення. На рис. 4.22 наведений приклад розташування центру тяжіння на вхідному зображенні.

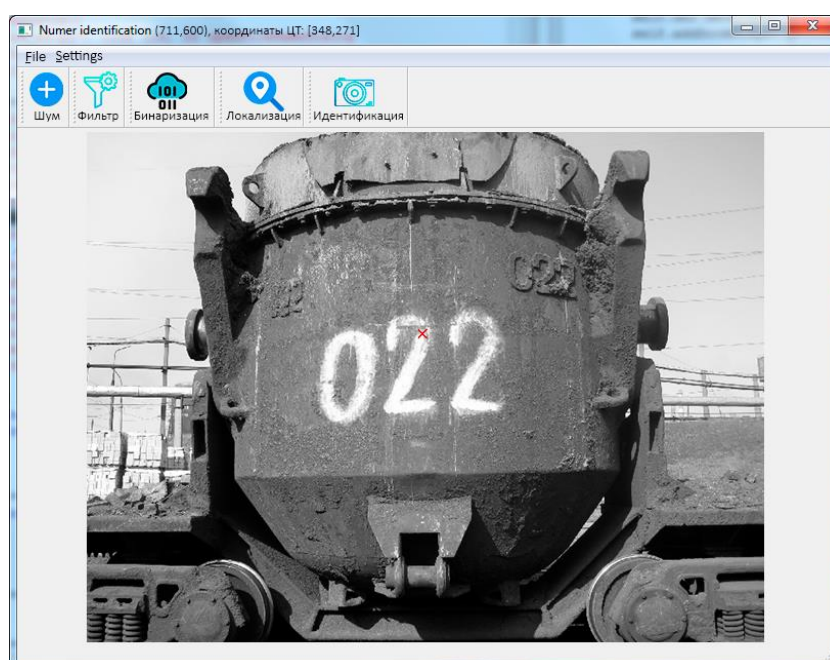


Рисунок 4.22 – Нанесення точки – центру тяжіння зображення

Натискаючи кнопку «Фільтрація», відчиняється вікно, де можна обрати один із варіантів фільтрації (рис. 4.23) та застосувати його. Результат застосування медіанної фільтрації можна побачити на рис. 4.24.

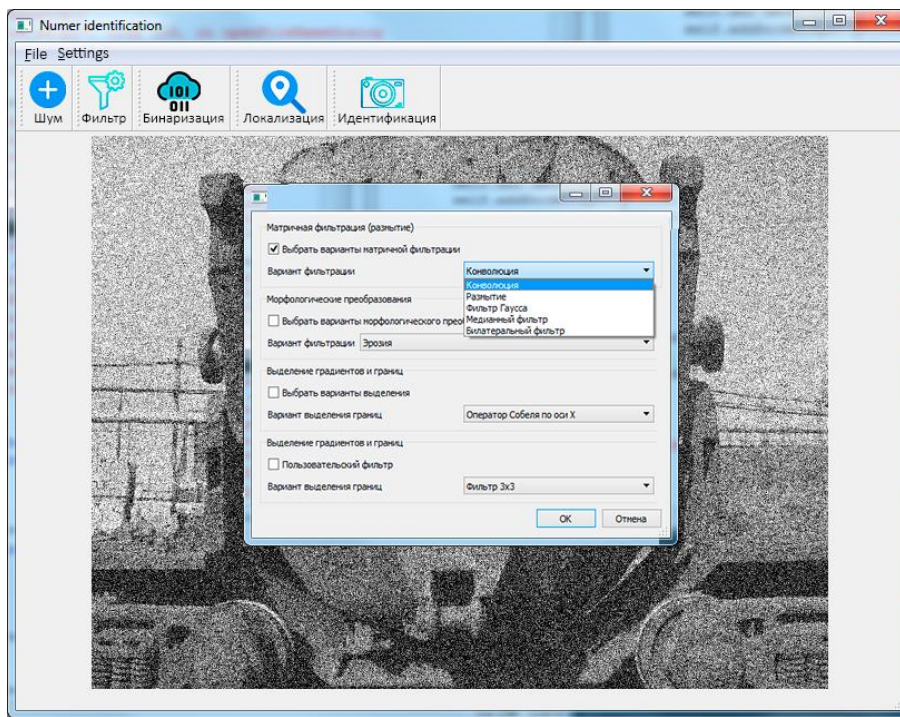


Рисунок 4.23 – Обрання методу фільтрації в налаштуваннях

При натисканні кнопки «Бінаризація» проводиться відсікання яскравостей за описаним раніше методом, що адаптується до яскравості зображення (рис.4.25).



Рисунок 4.24 – Виведення фільтрованого зображення (медіанний фільтр)

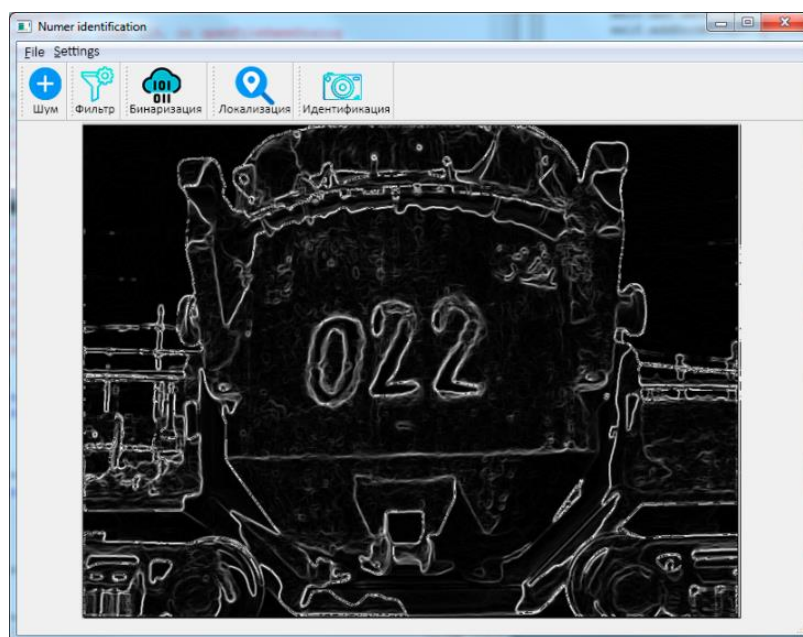


Рисунок 4.25 – Виведення фільтрованого зображення (виділення контурів методом Собеля)

Якщо натиснути кнопку «Локалізація» за стандартними налаштуваннями, проводиться локалізація чисел сегментацією, тобто виділяються області розпізнавання у вигляді набору прямокутників, що містять раніше виділені контури цифр, як наведено на рис. 4.26.



Рисунок 4.26 – Виведення бінаризованого зображення

Натискання кнопки «Ідентифікація» призводить до розпізнавання цифр у прямокутниках. Розпізнавання виконується згідно із встановленими параметрами в вікні налагоджень.



Рисунок 4.27 – Локалізація чисел на зображенні та їх ідентифікація

4.5 Використання пакету прикладних програм ідентифікації номера чавуновізного ковша в умовах ПрАТ «ММК ім. Ілліча»

Пакет прикладних програм для ідентифікації зображення складався з модулів: PrImage – для попередньої обробки зображення; LocArea – для локалізації інформативної області; IdNum – для нечіткого порівняння з еталонними сегментами та остаточного визначення номера ковша.

Для проведення експериментів з ідентифікації номера ковша за його зашумленим фотозображенням було підібрано близько 80 графічних файлів формату BMP розмірів 800x600 пікселів, представлених в градаціях сірого кольору. Номер ковша був двозначний або тризначний і завжди починався з нуля. База даних містила еталони різних за розміром сегментів із зображенням всіх номерів ківшів. Приблизні розміри сегментів-еталонів коливалися: ширина – 200x300 пікселів, висота – 130x170 пікселів.

Метою експерименту було порівняння зображення на сегменті з еталонами, що зберігаються в БД, а також подальше впорядкування еталонів за ступенями їх схожості з аналізованим сегментом із використанням запропонованого авторкою пакету прикладних програм. Основні етапи включали виділення ядра при поєднанні зображення і еталону за центром тяжіння; визначення розмірів розбиття для ядра для розрахунку нечіткої характеристики і відстані Хеммінга.

Було проаналізовано наступні еталони №№ 026, 033, 036 та фотографії ківшів №№ 01, 03, 08, 022, 030, 033, 034, 036, 037, 038, 039, 040, 043, 056.

За результатами експерименту з визначення порогу яскравості було встановлено, що при значенні порогу яскравості 0,8 для сегментів одного і того ж ковша величина відносної відстані Хеммінга близька до мінімуму і, одночасно, для сегментів різних ківшів досить висока, щоб відкинути їх як еталони, несхожі на аналізований сегмент ковша.

За результатами експерименту з визначення впливу розміру блоків при розбитті ядер на відносну відстань Хеммінга було встановлено, що найбільш оптимальним є розмір блоку 9х9, оскільки при цьому значенні для сегментів одного і того ж ковша відносна відстань Хеммінга найбільша, а для сегментів різних ківшів – найменша допустима.

За результатами експерименту з визначення відносної відстані Хеммінга встановлено, що відстань для порівняння сегментів зображень різних сегментів фото одного і того ж ковша склала 0,01 – 0,2, а для різних ківшів – 0,26 – 0,49.

У цілому можна зробити висновок, що комп'ютерні експерименти з повним набором номерів ківшів із використанням пакета прикладних програм Сергієнко А.В. показали, що запропонований метод ідентифікації номера чавуновізного ковша за сегментом зображення порівнянням його з еталонним сегментом дозволяє з похибкою близько 2 % вирішувати задачу ідентифікації та може бути рекомендований для використання в реальних виробничих умовах.

4.6 Висновки до четвертого розділу

1) На базі вдосконаленого методу бінаризації зображення, модифікованого методу локалізації інформативної області і розробленого методу порівняння локалізованого зображення з еталонним на основі нечіткої характеристики була розроблена інформаційна технологія ідентифікації номера за його зашумленим фотозображенням. Ця технологія була покладена в основу пакет прикладних програм, що включає модулі PrImage, LocArea, IdNum. Інформаційна технологія призначена для автоматизації моніторингу руху чавуновізних ківшів в якості підсистеми оптичного контролю. Технологія використана в умовах ПрАТ «ММК ім. Ілліча». Її застосування вирішило завдання ідентифікації номера з 2% погрішністю і вирішило виробниче завдання невідповідності номерів платформи і ковша впровадженням оптичної точки ідентифікації.

2) Встановлена сфера застосування методу і інформаційної технології і їх ефективність на серії комп'ютерних експериментів:

- експерименти з ідентифікації номера проводилися з метою дослідження: впливи зашумленості фону на результати ідентифікації; встановлення допустимого діапазону функції яскравості зображень;
- визначення діапазону порогу бінаризації, при якому покращується якість зображення для локалізації;
- якість локалізації на основі низькорівневих характеристик зображення;
- якість локалізації кластеризацією методом найближчих сусідів з модифікацією ковзним вікном;
- вплив бінаризації на визначення центру ваги зображення;
- якість ідентифікації розробленим методом;
- працездатність методу за різних атмосферних умов;
- працездатність методу в різний час доби, працездатність методу за наявності інших об'єктів відмінних номерів.

Встановлено, що метод є:

- завадостійким і також дозволяє ідентифікувати правильно номер із слабкими перепадами яскравості на зображенні;
- для перевірки методу порівняння з еталоном із застосуванням нечіткої характеристики зображення були проведені групи експериментів по: виділенню ядра при поєднанні зображення і еталону по центру тяжіння; розмірів розбиття для ядра для розрахунку нечіткої характеристики і відстані Хеммінга. Результати підтвердили можливість ідентифікації за допомогою запропонованого методу. Застосування цього методу дозволяє виконувати шрифтонезалежне розпізнавання, без виконання масштабування символів для зображень з шумним фоном.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз літературних джерел показав що проблема ідентифікації номера чавуновізного ковша за його фотозображенням не може бути вирішеною за допомогою існуючих інформаційних технологій. Існуючі системи і програмні продукти мають такі недоліки: нестійкість до поганої якості умов освітлення; програми використовують прив'язку до шаблонів номерних знаків транспортних засобів конкретних країн, для яких вони розроблені; номери на об'єктах нанесені за допомогою трафаретів і мають хорошу читаність, що полегшує процес їх локалізації. Визначено, що обробка зображення що досліджується у дисертації, повинна включати попередню обробку (фільтрацію, бінаризацію), локалізацію й ідентифікацію.

2. На першому етапі попередній обробці для першого кроку (фільтрації), обґрунтовано використовувати метод медіанної фільтрації, що оптимізований за швидкістю, так як при дослідженні він показав кількісне збільшення змістовності, та його використання призводить до чіткого окреслювання області інтересу, зменшення кількості дрібного шуму і великих областей з високою яскравістю.

3. Для другого кроку попередньої обробки – бінаризації, обґрунтовано застосовувати метод неповної порогової бінаризації глобальною бінаризацією із автоматичним розрахунком порогового значення на основі низькорівневої характеристики зображення – його середньої яскравості. Значення яскравості бінаризованих зображень, що отримується обраним методом, дозволяє з достовірністю не менш ніж 96% виконувати локалізацію області, де знаходяться цифри номера ковша для реальних зображень із різними завадами.

4. Для другого етапу обґрунтовано локалізацію реалізувати через сегментацію на основі кластеризації зображення: модифікованим використанням ковзного вікна методом кластеризації за правилом

найближчого сусіда. Достовірність локалізації за цим методом була найвищою з розглянутих.

5. Для третього етапу, запропоновано й доведено доцільність використання методу ідентифікації на основі порівняння з еталонним сегментом, за яким поетапно проводяться обчислення координат характеристичної точки та формування ядер й фазифікація і обчислення відносної відстані Хеммінга. Комп'ютерні експерименти з повним набором номерів ківшів показали, що запропонований метод ідентифікації дозволяє з погрешністю близько 2% вирішувати задачу ідентифікації.

6. Моделі та методи, що увійшли до інформаційної технології ідентифікації номера чавуновізного ковша за його зашумленим фотозображенням були використані в розробці пакету прикладних програм, кожний з трьох модулів якого є етапом обробки за запропонованою технологією. Показана загальна структура автоматизованої системи ідентифікації номера чавуновізного ківша в умовах виробництва та місце в ній розробленого пакету прикладних програм. Наводиться комплексне тестування пакету та робиться порівняння ідентифікації номера за допомогою розробленого пакету та за допомогою існуючих у відкритому доступі засобів. Показано використання пакету прикладних програм в умовах ПрАТ «ММК ім. Ілліча». Робиться висновок про доцільність використання запропонованої технології.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Система распознавания лиц [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://kristall-systems.net.ua/novosti/face_recognition_system/ (дата обращения 30.07.2020)
2. Видео-контроль промышленной безопасности при помощи компьютерного зрения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://digdes.ru/nlab/mashinnoe-zrenie-v-promyshlennosti> (дата обращения 30.07.2020)
3. Дудкин К. Н. Информационные системы для анализа биологических и медицинских изображений / К. Н. Дудкин, С. В. Миронов // Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности : сб. трудов 4-ой междунар. научно-практ. конф. (Санкт.-Петербург, 02–05 окт. 2007 г.). – СПб., 2007. – Т. 10 : Высокие технологии, фундаментальные и прикладные исследования, образование. – С. 183–186.
4. Система технического зрения робота [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sick.com/ru/ru/robot-vision-sensor-solutions-for-robotics/w/robotics-robot-vision/> (дата обращения 30.07.2020)
5. Воскресенский Е. Техническое зрение в пищевой промышленности: технологии и приложения [Электронный ресурс] / Е. Воскресенский // Control Engineering. – 2014. – № 4 (52). – С. 29–32. – Режим доступа: <https://controleng.ru/wp-content/uploads/28.pdf> (дата обращения 30.07.2020)
6. Потапов А. Системы компьютерного зрения: современные задачи и методы [Электронный ресурс] / А. Потапов // Control Engineering Россия. – 2014. № 1 (49). – С. 20–26. – Режим доступа: <https://controlengrussia.com/innovatsii/sistemy-komp-yuternogo-zreniya-sovremennyye-zadachi-metody/> (дата обращения 30.07.2020)
7. Биометрический контроль доступа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.techportal.ru/glossary/biomet-kontrol-dostupa.html> (дата обращения: 02.08.2020)

8. Биометрические системы контроля доступа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://delishes.com.ua/sistemyi_dostupa1.html (дата обращения: 02.08.2020)

9. Биометрическая система идентификации по радужной оболочке глаза Panasonic BM-ET200 в вопросах и ответах [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://secuteck.ru/articles2/sys_ogr_dost/biometrich-sistema-identifikac-po-raduzhnoy-obolochke-glaza-panasonic-bm-et200-v-voprosah-i-otvetah (дата обращения 28.07.2020)

10. Ерош И. Л. Обработка и распознавание изображений в системах превентивной безопасности : учеб. пособие / И. Л. Ерош, М. Б. Сергеев, Н. В. Соловьев; СПбГУАП. – СПб., 2005. – 154 с.

11. Физика визуализации изображений в медицине: в 2 т. : пер. с англ. / под ред. С. Узбба. – М. : Мир, 1991. – 408 с.

12. Геоинформационные системы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.geoguide.com.ua/survey/survey.php?part=gis> (дата обращения 30.07.2020).

13. Виртуальные модели технического зрения для адаптивных роботов / И. М. Макаров [и др.] // Сборник научных трудов МИФИ. – М., 2004. – С. 205–206.

14. Попов Е. Ю. Алгоритм распознавания дорожных знаков ограничения скорости [Электронный ресурс] / Е. Ю. Попов, Д. И. Крыжановский // Современные научные исследования и инновации : электронный научно-практический журнал. – 2012. – № 6. – Режим доступа: <http://web.snauka.ru/issues/2012/06/14717> (дата обращения: 28.07.2020).;

15. Распознавание номеров: от А до 9 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/company/recognitor/blog/221891/> (дата обращения: 28.07.2020)

16. ИСС Украина Интеллектуальные системы безопасности (видеонаблюдение: платформа SecurOS; системы распознавания: автомобильных номеров, ЖД-номеров, номеров контейнеров, распознавание и захват лиц; системы видеоанализа: кассовых операций, трафика и

фиксации нарушений, модули видеоаналитики) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.isscctv.com.ua/?page=Home> (дата обращения: 28.07.2020)

17. Василенко Г. Как построить алгоритм распознавания номеров с точностью более 95% / Г. Василенко // Системы контроля. – 2016. – Режим доступа: <http://www.security-news.today/kak-postroit-algoritm-raspoznavaniya-nomerov-s-tochnostyu-bolee-95/> (дата обращения: 28.07.2020)

18. Семин М. С. Обзор решения прикладных задач с помощью систем технического зрения [Электронный ресурс] / М. С. Семин // ВИДЕОСКАН. – 2003. – Режим доступа: <http://www.videoscan.ru/page/718> (дата обращения: 28.07.2020)

19. SecurOS™ Cargo - Распознавание номеров контейнеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://issivs.com.ua/ru/securostm-cargo-raspoznavanie-nomerov-konteynerov> (дата обращения: 30.07.2020)

20. Болотова Ю. А. Распознавание автомобильных номеров на основе метода связанных компонент и иерархической временной сети [Электронный ресурс] / Ю. А. Болотова, В. Г. Спицын, М. Н. Рудометкина // Компьютерная оптика. – 2015. – Т. 39, N 2. – С. 275–280. – Режим доступа: <http://www.computeroptics.smr.ru/KO/PDF/KO39-2/390218.pdf> (дата обращения: 30.07.2020)

21. Определение номеров автомобилей. Распознавание автомобильных номеров «CarGo Enterprise» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://intteks.com.ua/products/sistemy-kontrolya-transporta/sistema-raspoznavaniya-avtomobilnykh-nomerov-cargo-enterprise?gclid=CjwKEAjw5_vHBRCBtt2NqqCDjiESJABD5rCJ21jiRwBhI40M0C-x9VsxxXAUfEsu1gPIBjKb4Bm-ohoCDgju_wcB (дата обращения: 30.07.2020)

22. Система распознавания автомобильных номеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.mallenom.ru/products/videokontrol-i-uchet-avtotransporta/avtomarshall/?gclid=CjwKEAjw5_

vHBRCBtt2NqqCDjiESJABD5rCJURXy0JWCD6JJxQHtsXqQyC46q_XJLeOZBz55aZ7Q9hoCVtfw_wcB (дата обращения: 30.07.2020)

23. Hunter Trophy Модуль распознавания и регистрации автомобильных номеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.elvis.com.ua/ru/products-catalog/oborudovanie_dlya_sistem_videonablyudeniya/po_dlya_videoanaliza/Hunter_Trophy_modul_raspoznavaniya_i_registratsii_avtomobilnyih_nomerov_pid_1326-detail.html (дата обращения: 30.07.2020)

24. Система распознавания автомобильных номеров AutoTRASSIR [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.dssl.ru/products/autotrassir-1-kanal-do-200-km_ch/ (дата обращения: 30.07.2020)]

25. Распознавание автомобильных номеров [Электронный ресурс] / Внедренческо-производственное ООО «ВАТЕК». – Режим доступа: http://vatec.com.ua/page/car_numbers_identification (дата обращения: 30.07.2020)

26. About the technology Technology features. NumberOk [Electronic resource]. – Mode of access: <http://avtonomerok.com/product-line/> (дата обращения: 30.07.2020)

27. Система регистрации и распознавания номеров ЖД вагонов и цистерн «Интегра-видео-ЖД» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.integra-s.com/raspoznavanie-zhd-nomerov/> (дата обращения: 30.07.2020)

28. SecurOS – новая программная платформа [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://hardbroker.ru/catalog/producs/view/213/> (дата обращения: 01.08.2020)

29. SecurOS™ Transit - распознавание вагонов и номеров грузов / ISS Интеллектуальные системы безопасности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://issivs.com.ua/ru/securostm-transit-raspoznavanie-vagonov-i-nomerov-gruzov> (дата обращения: 01.08.2020)

30. Малленом Системс [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mallenom.ru/products/videokontrol-i-uchet-zhd-transporta/arscis/> (дата обращения: 01.08.2020)
31. Автоматизированная система контроля ж/д транспорта «CarGo Train» [Электронный ресурс] // INTTECS. интегрированные системы безопасности. – Режим доступа: <http://intteks.com.ua/component/content/article?id=549> (дата обращения: 01.08.2020)
32. INTLAB RECOGNITION ENGINES. Разработка и внедрение высокотехнологичных встраиваемых программных решений в области видеоаналитики для ITS и систем безопасности. INTLAB видеоаналитика [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.intlab.com/> (дата обращения: 01.08.2020)
33. Прэтт У. Цифровая обработка изображений : пер. с англ. Кн. 2 / У. Прэтт. – М. : Мир, 1982. – 480 с.
34. Путятин Е. П. Обработка изображений в робототехнике / Е. П. Путятин, С. И. Аверин. – М. : Машиностроение, 1990. – 320 с.
35. Горитов А. Н. Предварительная обработка изображений в системах технического зрения / А. Н. Горитов // Доклады ТУСУР. – 2018 – Т. 21, № 4-1. – С. 53–58.
36. Гришин М. В. Сжатие изображений на основе выделения локальных однородных областей [Электронный ресурс] / М. В. Гришин, А. А. Ожиганов, А. Ю. Тропченко // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2003. – Т. 3, № 4, ноябрь. – С. 50–54. – Режим доступа: https://ntv.ifmo.ru/ru/article/1408/szhatie_izobrazheniy_na_osnove_vydeleniya_lokalnyh_odnorodnyh_oblastey.htm (дата обращения: 01.08.2020)
37. Исрафилов Х. С. Исследование методов бинаризации изображения / Х. С. Исрафилов // Вестник науки и образования. – 2017. – Т. 2, N 6 (30). – С. 43–50.
38. Шапиро Л. / Компьютерное зрение : пер. с англ. / Л. Шапиро, Дж. Стокман. – М. : Бином. Лаборатория знаний, 2006. – 752 с.

39. Тынкович Т. П. Сегментация методом водораздела [Электронный ресурс] / Т. П. Тынкович, А. Я. Милютин // Телекоммуникационные системы и сети : материалы 53-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов (Минск, 2–6 мая 2017 г.) / БГУИР. – Минск, 2017. – С. 25–26. – Режим доступа: <https://libeldoc.bsuir.by/handle/123456789/13349> (дата обращения: 02.08.2020)

40. Бикетов М. Е. Сравнение библиотек компьютерного зрения для разработки систем охранного видеонаблюдения с возможностью видеоаналитики [Электронный ресурс] / М. Е. Бикетов // Решетневские чтения. – 2016. – № 20. – С. 185–187. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnenie-bibliotek-kompyuternogo-zreniya-dlya-razrabotki-sistem-ohrannogo-videonablyudeniya-s-vozmozhnostyu-videoanalitiki> (дата обращения: 02.06.2020)

41. Цифровая обработка изображений в информационных системах : учебное пособие / И. С. Грузман [и др.]. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 352 с.

42. Калинкина Д. Проблема подавления шума на изображениях и видео и различные подходы к ее решению / Д. Калинкина, Д. Ватолин // Компьютерная Графика и Мультимедиа : сетевой журнал. – 2005. – Т. 9, № 2.

43. Форсайт А. Д. Компьютерное зрение. Современный подход : пер. с англ. / А. Д. Форсайт, Ж. Понс. – М. : ИД Вильямс, 2004. – 928 с.

44. Сэлмон Д. Сжатие данных, изображений и звука / Д. Сэлмон – Москва: Техносфера, 2004. – 368 с.

45. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – 3-е изд., испр. и доп. – М. : Техносфера, 2012. – 1104 с.

46. Фильтрация бинарных изображений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://wiki.technicalvision.ru/index.php/Фильтрация_бинарных_изображений (дата обращения: 31.08.2020)

47. Московский С. Б. Очистка изображения от гауссовского шума с использованием дискретного вейвлет преобразования [Электронный ресурс] /

С. Б. Московский, А. Н. Сергеев, Е. И. Сидорова // *Universum: технические науки : электрон. научн. журн.* – 2017. – № 5 (38). – Режим доступа: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/4792> (дата обращения: 31.08.2020)

48. Гонзалес Р. Цифровая обработка изображений в среде Matlab / Р. Гонзалес, Р. Вудс, С. Эддинс; пер. с англ. В. В. Чепыжова. – М. : Техносфера, 2006. – 616 с.

49. Информационная энтропия. Формула Шеннона [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://freeport-outlet.ru/informacionnaya-entropiya-formula-shennona-formuly-hartli-i-shennona.html>

50. Список функций Image Processing Toolbox [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://hub.exponenta.ru/post/spisok-funktsiy-image-processing-toolbox152#entropy> (дата обращения: 02.08.2020)

51. Дьяконов В. MATLAB. Обработка сигналов и изображений : специальный справочник / В. Дьяконов, И. Абраменкова. – СПб. : Питер, 2002. – 608 с.

52. Методы компьютерной обработки изображений / Под ред. В.А. Сойфера. — 2-е изд., испр. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. — 784 с.

53. Бровко Р. С. Оптимизированный вариант реализации медианного фильтра / Р. С. Бровко, В. В. Мухин // *Вісник Запорізького національного університету*. – 2010. – № 2. – С. 18–23.

54. Pratikakis I. Document Image Binarization Contest (ICDAR 2013) / I. Pratikakis, B. Gatos, K. Ntirogiannis // *ICDAR 2013: 12th International Conference on Document Analysis and Recognition, USA, Washington, 25–28 August, 2013*. – Washington, 2013. – P. 1471–1476.

55. Федоров А. Бинаризация черно-белых изображений: состояние перспективы развития [Электронный ресурс] / А. Федоров // CLAIM – научно-образовательный кластер. – Режим доступа: <http://it-claim.ru/Library/Books/ITS/wwwbook/ist4b/its4/fyodorov.htm> (дата обращения: 03.08.2020)

56. Кручинин А. Бинаризация изображений [Электронный ресурс] / А. Кручинин // *Recog.ru – Распознавание образов для программистов*. –

Режим доступа: <https://docplayer.ru/37067755-Binarizaciya-izobrazheniy.html>
(дата обращения: 03.08.2020)

57. Мазманян Р. О. Бинаризация и идентификация объектов 2D-отображений параметрических полей электроэнергетических объектов [Электронный ресурс] / Р. О. Мазманян // Електротехніка і електромеханіка. – 2011. – № 6. – Режим доступа: https://www.kpi.kharkov.ua/archive/Наукова_періодика/eie/2011_6/15.pdf (дата обращения: 03.08.2020)

58. Singh O.I., Sinam T., James O., Singh T.R. Local contrast and mean thresholding in image binarization. International Journal of Computer Applications, 2012, vol. 51, no 6, pp. 4–10

59. Каргин А. А. Идентификация номера чугуновозного ковша по сегменту изображения сравнением его с эталонным сегментом / А.А. Каргин, А.В. Сергиенко // Проблеми інформаційних технологій. – 2010. – № 7. – С. 114–121.

60. Рубан И. В. Классификация методов обработки статических изображений для локализации объектов (областей «интереса») на них в системах технического зрения / И. В. Рубан, О. В. Шитова // Системи управління, навігації та зв'язку: збірник наукових праць / ЦНДІ НіУ. – 2009. – Вип. 3 (11). – С. 139–143.

61. Нестеров А. В. Анализ методов цифровой обработки информации в системах компьютерного зрения и обзор областей применения данных систем / А. В. Нестеров // Вестник РГРТУ. – Рязань, 2008. – № 4, вып. 26. – С. 121–125.

62. Васильева Н. Построение соответствий между низкоуровневыми характеристиками и семантикой статических изображений / Н. Васильева, Б. Новиков // Электронные библиотеки: перспективные методы и технологии, электронные коллекции: труды 7-ой Всерос. науч. конф. (Ярославль, октябрь 2005 г.). – Ярославль, 2005. – С. 236-240.

63. Корреляционное сопоставление изображений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://wiki.technicalvision.ru/index.php/Корреляционное_сопоставление_изображений (дата обращения: 04.08.2020)

64. Хрящев Д. А. Об одном методе анализа цифрового изображения с применением гистограмм [Электронный ресурс] / Д. А. Хрящев // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер. управление, вычисл. техн. информ. – 2010. – № 1. – С. 109–113. – Режим доступа: <http://www.mathnet.ru/links/0b7f92097e7b622cbc7dfef3400319df/vagtu167.pdf> (дата обращения: 04.08.2020).

65. Олгуздина Ю. А. Алгоритмы сегментации изображения [Электронный ресурс] / Ю. А. Олгуздина, О. В. Пескова // Молодежный научно-технический вестник : электронный журнал. – 2013. – Эл.№ ФС77-51038. – Режим доступа: http://ainsnt.ru/file/634628.html?__s=1 (дата обращения: 11.08.2020).

66. Романов С. А. Анализ методов сегментации изображений [Электронный ресурс] / С. А. Романов, О. М. Лепешкин, Ю. П. Стоянов // Молодой ученый. – 2010. – № 6 (17). – С. 26–28. – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/17/1534/> (дата обращения: 04.08.2020).

67. Паламарь И. Н. Метод сегментации изображений с применением выращивания областей и многомасштабного анализа [Электронный ресурс] / И. Н. Паламарь, П. В. Сизов // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М. Ф. Решетнева. – 2010. – № 3 (29). – С. 15–20. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-segmentatsii-izobrazheniy-s-primeneniem-vyraschivaniya-oblastey-i-mnogomasshtabnogo-analiza/viewer> (дата обращения: 04.08.2020).

68. Введение в контурный анализ; приложения к обработке изображений и сигналов / Я. А. Фурман [и др.]; под ред. Я. А. Фурмана. – 2-е изд., испр. – М. : Физматлит, 2003. – 592 с.

69. Венцов Н. Н. Обзор алгоритмов кластеризации, используемых в задачах поиска изображений по содержанию [Электронный ресурс] / Н. Н. Венцов, В. В. Долгов, Л. А. Подколзина // Инженерный вестник Дона. –

2016. – № 3. – С. 1–20. – Режим доступа: http://ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_40_Ventsov.pdf_5db4202e3b.pdf (дата обращения: 04.08.2020).

70. Гороховатский В. А. Структурный анализ и интеллектуальная обработка данных в компьютерном зрении : монография / В. А. Гороховатский. – Харьков : Компания СМІТ, 2014. – 316 с.

71. Пытьев Ю. П. Методы морфологического анализа изображений / Ю. П. Пытьев, А. И. Чуличков. – М. : Физматлит, 2010. – 336 с.

72. Новейшие методы обработки изображений / под ред. А. А. Потапова. М. : Физматлит, 2008. – 496 с.

73. Фисенко В. Т. Компьютерная обработка и распознавание изображений : учеб. пособие / В. Т. Фисенко, Т. Ю. Фисенко. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2008. – 192 с.

74. Ляхов А. Ф. Вероятностные методы оценки параметров изображения по существованию регулярных структур из пикселей / А. Ф. Ляхов // Компьютерные инструменты в образовании. – 2009. – № 5. – С. 17–26. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/veroyatnostnye-metody-otsenki-parametrov-izobrazheniya-po-suschestvovaniyu-regulyarnyh-struktur-iz-pikseley/viewer> (дата обращения: 04.08.2020).

75. Хрящев Д. А. Об одном методе анализа цифрового изображения с применением гистограмм [Электронный ресурс] / Д. А. Хрящев // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер. управление, вычисл. техн. информ. – 2010. – № 1. – С. 109–113. – Режим доступа: <http://www.mathnet.ru/links/0b7f92097e7b622cbc7dfef3400319df/vagtu167.pdf> (дата обращения: 04.08.2020).

76. Метод локализации информативных областей на основе низкоуровневых характеристик изображения / А. А. Каргин и [др.] // Системи обробки інформації : зб. наукових праць / Харк. нац. ун-т Повітр. Сил ім. Івана Кожедуба. – Харків, 2013. – Вип. 1 (108). – С. 61–65.

77. Методы и средства анализа данных. Кластеризация. Типы алгоритмов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bourabai.ru/tpoi/analysis6.htm> (дата обращения: 10.09.2020)

78. Кластерный анализ [Электронный ресурс]: учебник по статистике. – Режим доступа: <http://www.statsoft.ru/home/textbook/modules/stcluan.html> (дата обращения: 05.08.2020)

79. Обзор алгоритмов кластеризации данных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/101338/> (дата обращения: 05.08.2020)

80. OpenCV – (Open Computer Vision). RoboCraft [Electronic resource]. – Mode of access: <http://robocraft.ru/page/opencv/> (accessed date: 05.08.2020)

81. Сергиенко А. В. / Об использовании кластеризации методом ближайших соседей при локализации информативной области на зашумленном изображении // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2013. – N 4 (101). – С. 8–14.

82. Нгуен К М. Алгоритмы контурной сегментации и распознавания образов объектов систем технического зрения [Электронный ресурс] / К. М. Нгуен, В. Я. Колючкин // Наука и образование. – 2013. – N 4. – С. 187–200. – Режим доступа: <http://engineering-science.ru/doc/548084.html>

83. Стругайло В. В. Обзор методов фильтрации и сегментации цифровых изображений [Электронный ресурс] / В. В. Стругайло // Наука и образование. – 2012. – N 5. – С. 270–281. – Режим доступа: <http://technomag.edu.ru/doc/411847.html>

84. Canny J. A Computational Approach for Edge Detection / J. Canny // IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intel. – 1986. – Vol. 8, N 6. – P. 679–698.

85. Contour Features. OpenCV Open Source Computer Vision [Electronic resource]. – Mode of access: https://docs.opencv.org/3.1.0/dd/d49/tutorial_py_contour_features.html (accessed date: 05.08.2020)

86. Chychkarov Yevhen. Information Technology of Hot-metal Ladle Car Handwritten Numbers Recognition from Photo Image [Electronic resource] /

Yevhen Chychkarov, Anastasiia Serhiienko, Iryna Syrmamiikh // Computer Modeling and Intelligent Systems (CMIS-2020) : Proceedings of the Third International Workshop (Zaporizhzhia, April 27 – May 1, 2020 y.). – Zaporizhzhia, 2020. – Vol. I–2608. – P. 900–912. – ISSN: 1613-0073. – Mode of access: <http://ceur-ws.org/Vol-2608/paper67.pdf>

87. Сергієнко А. В. Алгоритм виділення області інтересу на фотозображенні чавуновізного ковша за допомогою функцій бібліотеки OpenCV [Електронний ресурс] // Університетська наука - 2020 : тези доп. Міжнар. науково-техн. конф. (Маріуполь, 20–21 травня 2020 р.) : / ДВНЗ «ПДТУ». – Маріуполь, 2020. – Т. 2. – С. 175–176. – Режим доступу: <http://eir.pstu.edu/handle/123456789/26628>

88. Sable A. Building Custom Deep Learning Based OCR models [Electronic resource] / A. Sable. – Mode of access: <https://nanonets.com/blog/attention-ocr-for-text-recognition/> (accessed date: 16.12.2019)

89. Ярославский Л. П. Введение в цифровую обработку изображений / Л. П. Ярославский. – М. : Сов. Радио, 1979. – 312 с., ил.

90. Прикладные нечеткие системы : пер. с яп. / К. Асаи [и др.]; под ред. Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сугэно. – М. : Мир, 1993. – 386 с., ил.

91. Wolkenhauer O. Fuzzy Mathematics: fuzzy sets, relations, logic, graphs, mappings and the extension principle / O. Wolkenhauer. Control Systems Center: Umist, 2003

92. Рубанов В. Г. Интеллектуальные системы автоматического управления. Нечеткое управление в технических системах [Электронный ресурс] / В. Г. Рубанов, А. Г. Филатов, И. А. Рыбин. – Режим доступа: <http://nrsu.bstu.ru/introduction.html> (дата обращения: 05.08.2020)

93. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А. В. Леоненков. – СПб. : БХВ-Петербург, 2005. – 736 с.

94. Исследовательская компьютерная система для проведения экспериментов по поиску неизвестного человека в базе / А. А. Каргин и [др.]

// Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля – Луганськ, ЛНПУ: – 2007. – №4 (110), Ч.2. – С. 78-86.

95. Михайлова Т. В. Анализ эффективности информационных систем / Т. В. Михайлова, С. В. Коваленко // Наукові праці Донецького нац. техн. ун-ту. Серія : Інформатика, кібернетика та обчислювальна техніка : всеукр. наук. зб. / ДВНЗ «Донец. нац. техн. ун-т». – Покровськ, 1998. – Вип. 9 (132). – С. 277–280.

96. Сергиенко А. В. Информационная технология определения номера на чугуновозном ковше / Сергиенко А. В., А. А. Каргин // Радіоелектроніка, інформатика, управління. – 2013. – № 2. – С. 140–144.

97. ГОСТ 34.602-89. Інформаційна технологія. Комплекс стандартів на автоматизовані системи. Технічне завдання на створення автоматизованої системи.

98. Леоненков А. В. Самоучитель UML 2 / А. В. Леоненков. – СПб : БХВ-Петербург, 2007. – 576 с.

99. Britssov R. A. Raking data based on user's marks and behavior / R. A. Britssov // T-Comm. – 2016. – Vol. 10, N 1. – P. 62–65.

100. Gradient-Based Learning Applied to Document Recognition [Electronic resource] / Y. LeCun, L. Bottou, Y. Bengio, P. Haffner // Proceedings of the IEEE. – 1998. – Vol. 86, N 11, November. – P. 2278–2324. – Mode of access: <http://yann.lecun.com/exdb/publis/pdf/lecun-98.pdf>

101. Теория и практика машинного обучения : учебное пособие / В. В. Воронина [и др.]. – Ульяновск : УлГТУ, 2017. – 290 с.

102. Чичкаръов Є. А. Побудова та налаштування моделей глибокого навчання для розпізнавання рукописних і друкованих цифр на зображеннях чавуновізних ківшів [Електронний ресурс] / Чичкаръов Є.А., Сергієнко А. В., Станішевський Л. М. // Наука та виробництво : міжвуз. те-мат. зб. наук. пр. / ДВНЗ «ПДТУ». – Маріуполь : ПДТУ, 2020. – Вип. 22. – С. 226–233. – Режим доступу: <http://eir.pstu.edu/handle/123456789/28135>.

103. Siddique, Fathma & Sakib, Shadman & Siddique, Md. (2019). Recognition of Handwritten Digit using Convolutional Neural Network in Python with Tensorflow and Comparison of Performance for Various Hidden Layers.

104. Arif, Rezoana & Siddique, Md. Abu & Khan, Mohammad & Oishe, Mahjabin. (2018). Study and Observation of the Variations of Accuracies for Handwritten Digits Recognition with Various Hidden Layers and Epochs using Convolutional Neural Network. 10.1109/ CEEICT.2018.8628078

105. LeCun Y. The MNIST database of handwritten digits // <http://yann.lecun.com/exdb/mnist>.

106. Николенко С. Глубокое обучение / С.Николенко, А. Кадурын, Е. Архангельская // СПб.: Питер, 2018. – 480 с.

107. Image Filtering. Open Source Computer Vision [Electronic resource]. – Mode of access: https://docs.opencv.org/3.1.0/d4/d86/group__imgproc__filter.html#ga564869aa33e58769b4469101aac458f9 (accessed date: 13.08.2020)

108. Brownlee J. Handwritten Digit Recognition using Convolutional Neural Networks in Python with Keras / Jason Brownlee. URL: <https://machinelearningmastery.com/handwritten-digit-recognition-using-convolutional-neural-networks-python-keras/> (дата звернення: 16.12.2019).

109. Isogawa, Kenzo & Ida, Takashi & Shiodera, Taichiro & Takeguchi, Tomoyuki. (2017). Deep Shrinkage Convolutional Neural Network for Adaptive Noise Reduction. IEEE Signal Processing Letters. PP. 1-1. 10.1109/LSP.2017.2782270

List of published works

[1] Karhin A. A. Modyfikatsiia metodu nechitkoho poshuku fotoportreta v bazi danykh / A. O. Karhin, A. V. Serhiienko, O. Ye. Piatyko // Visnyk Skhidnoukrainskoho natsionalnoho universytetu im. V. Dalia. – Luhansk: LNPU, 2007. – №4 (110), Ch.2. – S. 78-86.

[2] Kargin A. A. Identifikatsiya nomera chugunovoznogo kovsha po segmentu izobrazheniya sravneniem ego s ehtalonnym segmentom / A. A. Kargin, A. V. Sergienko // Problemy informatsiinykh tekhnolohii. – Kherson, 2010. – № 7. – S. 114–121.

[3] Kargin A. A. Metod lokalizatsii informativnykh oblastei na osnove nizkourovnevykh kharakteristik izobrazheniya / A. A. Kargin, A. V. Sergienko, E. E. Pyatikop, V. S. Pleskachevskaya // Systemy obrobky informatsii : zb. naukovykh prats Khark. nats. un-t Povitr. Syl im. Ivana Kozheduba. – Kharkiv, 2013. – Vyp. 1 (108). – S. 61–65.

[4] Sergienko A. V. Ob ispol'zovanii klasterizatsii metodom blizhaishikh sosedei pri lokalizatsii informativnoi oblasti na zashumlennom izobrazhenii / A. V. Sergienko // Informatsiino-keruiuchi systemy na zaliznychnomu transporti. – Kharkiv, 2013. – № 4 (101). – C. 8–14.

[5] Sergienko A. V. Informatsionnaya tekhnologiya opredeleniya nomera na chugunovoznom kovshe / Sergienko A. V., A. A. Kargin // Radioelektronika, informatyka, upravlinnia. – Zaporozhe, 2013. – № 2. – C. 140–144. (*Web of Science*)

[6] Chychkarov Yevhen. Information Technology of Hot-metal Ladle Car Handwritten Numbers Recognition from Photo Image [Electronic resource] / Yevhen Chychkarov, Anastasiia Serhiienko, Iryna Syrmamiikh // Computer Modeling and Intelligent Systems (CMIS-2020) : Proceedings of the Third International Workshop (Zaporizhzhia, April 27 – May 1, 2020 y.). –

Zaporizhzhia, 2020. – Vol. I–2608. – P. 900–912. – ISSN: 1613-0073. – Mode of access: <http://ceur-ws.org/Vol-2608/paper67.pdf> (*Scopus*)

[7] Chychkarov Ye. A. Pobudova ta nalashtuvannia modelei hlybokoho navchannia dlia rozpiznavannia rukopysnykh i drukovanykh tsyfr na zobrazhenniakh chavunoviznykh kivshiv [Elektronnyi resurs] / Chychkarov Ye. A., Serhiienko A. V., Stanishevskiy L. M. // Nauka ta vyrobnytstvo : mizhvuz. temat. zb. nauk. pr. / DVNZ «PDTU». – Mariupol : PDTU, 2020. – Vyp. 22. – S. 226–233. – Rezhym dostupu: <http://eir.pstu.edu/handle/123456789/28135>.

[8] Kargin A. A. Modifikatsiya metoda nechetskogo poiska fotoportreta v baze dannykh / A. A. Kargin, A. V. Efremova, E. E. Pyatikop // Suchasni tendentsii rozvytku informatsiinykh tekhnolohii v nautsi, osviti ta ekonomitsi : materialy Vseukr. naukovo-prakt. konf. (Luhansk, 11–13 hrudnia 2006 r.). – Luhansk, 2006. – C. 169–170.

[9] Efremova A. V. Tekhnologii avtomaticheskogo vydeleniya stsen iz videoryada dlya zadachi videonablyudeniya // Universitetskaya nauka – 2008 : tez. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. (Mariupol', 2008 g.) / GVUZ «PGTU». – Mariupol', 2008. – T. 2. – S. 21.

[10] Kargin A. A. Predvaritel'naya obrabotka izobrazhenii v zadache identifikatsii kovsha chugunovoza / A. A. Kargin, A. V. Sergienko // Universitetskaya nauka – 2009 : tez. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. (Mariupol', 19–21 maya 2009 g.) / PGU. – Mariupol', 2009. – T. 2. – S. 262.

[11] Sergienko A. V. Identifikatsiya nomera chugunovoznogo kovsha / A. V. Sergienko, A. A. Kargin // Universitetskaya nauka – 2010 : tez. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. (Mariupol', 18–20 maya 2010 g.) / PGU. – Mariupol', 2010. – T. 1. – S. 295–296.

[12] Kargin A. A. Segmentatsiya v zadache identifikatsii nomera chugunovoznogo kovsha po ego fotoizobrazheniyu/ A. A. Kargin, A. V. Sergienko // Universitetskaya nauka – 2011 : tez. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. (Mariupol', 17–19 maya 2011 g.) / GVUZ «PGTU». – Mariupol', 2011. – T. 3. – S. 11.

[13] Sergienko A. V. Segmentatsiya v zadache identifikatsii nomera chugunovoznogo kovsha po ego fotoizobrazheniyu / A. V. Sergienko, A. A. Kargin // Universitetskaya nauka – 2012 : tez. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. (Mariupol', 24–27 aprelya 2012 g.) / GVUZ «PGTU». – Mariupol', 2012. – T. 1. – S. 306–307.

[14] Sergienko A. V. Metod lokalizatsii informativnykh oblastei na izobrazhenii na osnove porogovoi obrabotki i klasterizatsii / A. V. Sergienko // Girotekhnologii, navigatsiya, upravlenie dvizheniem i konstruirovaniye aviatsionno-kosmicheskoi tekhniki : sb. dokl. IX Mezhdunar. nauch.-no-tekhn. konf. (Kiev, 17–18 aprelya 2013 g.) / NTUU «KPI». – K., 2013. – T. 2. – Sektsiya 3 : Informatsionnye tekhnologii. – S. 488–491.

[15] Sergienko A. V. Segmentatsiya v zadache identifikatsii nomera chugunovoznogo kovsha po ego fotoizobrazheniyu / A. V. Sergienko, A. A. Kargin // Universitetskaya nauka – 2013 t. : tez. dokl. Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. (Mariupol', 14–16 aprelya 2013 g.) / GVUZ «PGTU». – Mariupol', 2013. – T. 2. – S. 210–211.

[16] Sergienko A. V. Zadachi lokalizatsii i identifikatsii pri opticheskom raspoznavanii nomera na chugunovoznom kovshe / A. V. Sergienko // Naukovi doslidzhennia molodi – innovatsii v nautsi ta praktytsi : tez. dokl. naukovo-prakt. konf. molodykh vchenykh i studentiv (Mariupol, 11–13 chervnia 2013 r.) / DVNZ «PDTU». – Mariupol, 2013. – S. 149–151.

[17] Sergienko A. V. O reshenii zadach lokalizatsii i identifikatsii pri opticheskom raspoznavanii nomera na chugunovoznom kovshe / A. V. Sergienko // Informatsiini tekhnolohii ta informatsiina bezpeka v nautsi tekhnitsi ta navchanni «INFOTEKh – 2013» : materialy mizhnar. naukovo-prakt. konf. (Sevastopol, 09–13 veres. 2013 r.) / Sevastop. nats. tekhn. un-t. – Sevastopol: SevNTU, 2013. – S. 54–55.

[18] Sergienko A. V. Paket prikladnykh programm kak osnova informatsionnoi tekhnologii identifikatsii nomera na chugunovoznom kovshe / A. V. Sergienko // Universitetskaya nauka – 2014 : tez. dokl. Mezhdunar. nauch.-

tekhn. konf. (Mariupol', 20–21 maya 2014 g.) / GVUZ «PGTU». – Mariupol', 2014. – T. 2. – S. 137–138.

[19] Sergienko A. V. O reshenii zadach lokalizatsii i identifikatsii pri opticheskom raspoznavanii nomera / A. V. Sergienko // Universitetskaya nauka – 2015 : tez. dokl. Mezhdunar. nauchno-tekhn. konf. (Mariupol', 19–20 maya 2015 g.) / GVUZ «PGTU». – Mariupol', 2015. – T. 2. – S. 216–218.

[20] Sergienko A. V. Analiz sovremennykh metodov raspoznavaniya ob"ektov na izobrazhenii // Universitetskaya nauka – 2016 : tez. dokl. Mezhdunar. nauchno-tekhn. konf. (Mariupol', 19–20 maya 2016 g.) : v 4 t. / GVUZ «PGTU». – Mariupol', 2016. – T. 2. – S. 150.

[21] Sergienko A. V. Issledovanie primenimosti razlichnykh metodov identifikatsii ob"ektov v zadachakh komp'yuternogo zreniya // Universitetskaya nauka – 2017: Mezhdunarodnaya nauchno-tekhn. konf., GVUZ «Priazovskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet», g. Mariupol', 18-20 maya 2017 g. – Mariupol': GVUZ «PGTU», 2017. – T. II. – S. 178.

[22] Sergienko A. V. Otsenka kachestva algoritma identifikatsii izobrazheniya // Universitetskaya nauka – 2018 : tez. dokl. Mezhdunar. nauchno-tekhn. konf. (Mariupol', 23–24 maya 2018 g.) : v 3 t. : GVUZ «PGTU». – Mariupol', 2018. – T. 2. – S. 168–169.

[23] Chychkarov Ye. A. Pobudova ta nalashtuvannia modelei hlybokoho navchannia dlia rozpiznavannia rukopysnykh i drukovanykh tsyfr na zobrazhenniakh [Elektronnyi resurs] / Ye. A. Chychkarov, A. V. Serhiienko, L. M. Stanishevskiy // Aktualni pytannia rozvytku informatsiinykh tekhnolohii : zb. tez Vseukr. konf. molodykh uchenykh (Mariupol, 18 lystopada 2019 r.) / DVNZ «PDTU». – Mariupol, 2019. – S. 65–67. – Rezhym dostupu: <http://eir.pstu.edu/handle/123456789/25173>

[24] Serhiienko A. V. Alhorytm vydilennia oblasti interesu na fotozobrazhenni chavunoviznoho kovsha za dopomohoiu funksi biblioteki OpenCV [Elektronnyi resurs] // Universytetska nauka - 2020 : tezy dop. Mizhnar. naukovo-tekhn. konf. (Mariupol, 20–21 travnia 2020 r.) : / DVNZ «PDTU». –

Mariupol, 2020. – T. 2. – S. 175–176. – Rezhym dostupu: <http://eir.pstu.edu/handle/123456789/26628>

[25] Chichkarev E. A. Identifikatsiya nomera chugunovoznykh kovshei po izobrazheniyu c ispol'zovaniem neironnoi seti glubokogo obucheniya [Ehlektronnyi resurs] / E. A. Chichkarev, A. V. Sergienko // Theoretical Foundations of Modern Science and Practice : Abstracts of XI International Scientific and Pract. Conf. (Melbourne, 06–07 April 2020 y.) / International Sciences Group. – Melbourne, 2020. – P. 487–490. – ISBN 978-1-64871-910-3. – Mode of access: <https://isg-konf.com/wp-content/uploads/2020/04/XI-Conference-06-07-Melbourne-Australia.pdf>

[26] Chychkarov Yevhen Construction and Adjustment of Deep-Learning or Fuzzy Logic Models for Recognition of Handwritten Numbers on Photographs [Electronic resource] / Yevhen Chychkarov, Anastasiia Serhiienko, Iryna Syrmamiikh // Visioner-2030 : naukove peredbachennia : zb. materialiv Mizhnar. mizhdystsyplynarnoi naukovo-prakt. konf. z nahody Dnia Nauky (Kyiv, 29 travnia 2020 r.). – Kyiv : Yudina L. I., 2020. – S. 20–30. – ISBN 978-617-7698-08-0. – Rezhym dostupu: <http://futuolog.com.ua/publish/19/zbirnyk.pdf>

Акт впровадження



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ ПАКЕТУ ПРИКЛАДНИХ ПРОГРАМ ДЛЯ ПІДТРИМКИ
ІНФОРМАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ІДЕНТИФІКАЦІЇ НОМЕРА ЧАВУНОВОЗНОГО КОВША
ЗА ЙОГО ЗАШУМЛЕНИМ ФОТОЗОБРАЖЕННЯМ

Дійсний Акт складено за результатами використання пакету прикладних програм для підтримки інформаційної технології ідентифікації номера чавуновозного ковша за його зашумленим фотозображенням в умовах ККЦ ПрАТ «ММК ім. Ілліча».

Пакет прикладних програм для ідентифікації зображення складався з модулів: PrImage – для попередньої обробки зображення; LocArea – для локалізації інформативної області; IdNum – для нечіткого порівняння з еталонними сегментами та остаточного визначення номеру ковша.

Для проведення експериментів з ідентифікації номеру ковша за його зашумлення фотозображення було підібрано близько 80 графічних файлів формату BMP розмірів 800x600 пікселів, представлених в градаціях сірого кольору. Номер ковша був двозначний або тризначний і завжди починався з нуля. База даних містила прототипи різновеликих сегментів із зображенням всіх номерів ковшів. Приблизні розміри сегментів-прототипів коливалися: ширина – 200x300 пікселів, висота – 130x170 пікселів.

Метою експерименту було порівняння зображення на сегменті з прототипами, що зберігаються в БД, а також подальше впорядкування прототипів за ступенями їх схожості з аналізованим сегментом із використанням запропонованого автором пакету прикладних програм. Основні етапи включали виділення ядра при поєднанні зображення і еталону за центром тяжіння; визначення розмірів розбиття для ядра для розрахунку нечіткої характеристики і відстані Хеммінга.

Було поаналізовано наступні прототипи №№ 026, 033, 036 та фотографії ковшів №№ 01, 03, 08, 022, 026, 026, 030, 033, 034, 036, 037, 038, 039, 040, 043, 056.

За результатами експерименту з визначення порогу яскравості було встановлено, що при значенні порогу яскравості 0,8 для сегментів одного і того ж ковша величина відносної відстані Хеммінга близька до мінімуму і, одночасно, для сегментів різних ковшів досить висока, щоб відкинути їх як прототипи, несхожі на аналізований сегмент ковша.

За результатами експерименту з визначення впливу розміру блоків при розбитті ядер на відносну відстань Хеммінга було встановлено, що найбільш оптимальним є розмір блоку 9x9, оскільки при цьому значенні для сегментів одного і того ж ковша відносна відстань Хеммінга найбільша, а для сегментів різних ковшів – найменша допустима.

За результатами експерименту з визначення відносної відстані Хеммінга встановлено, що відстань для порівняння сегментів зображень різних сегментів фото одного і того ж ковша дана величина склала 0,01 – 0,2, а для різних ковшів – 0,26 – 0,49.

У цілому можна зробити висновок, що комп'ютерні експерименти з повним набором номерів ковшів із використанням пакету прикладних програм Сергієнко А.В. показали, що запропонований метод ідентифікації номера чавуновозного ковша за сегментом зображення порівнянням його з еталонним сегментом дозволяє з похибкою близько 2 % вирішувати задачу ідентифікації та може бути рекомендовано для використання в реальних виробничих умовах.

Начальник УА

Кашуба Н.В.

Додаток В

Довідка про використання результатів дисертаційної роботи у НДР

Затверджую
Проректор з наукової
роботи ДВНЗ «ПДТУ»
Ленцов І.А.
«02» жовтня 20 20 р.

Довідка

про використання результатів дисертаційної роботи Сергієнко Анастасії
Валентинівни на тему «Моделі та метод інформаційної технології
ідентифікації номера чавуновозного ковша за його зашумленим
фотозображенням»
у науково-дослідній роботі.

Видана в тому, що матеріали дисертаційної роботи Сергієнко А.В. на
тему «Моделі та метод інформаційної технології ідентифікації номера
чавуновозного ковша за його зашумленим фотозображенням» використані у
вигляді розділу 11 «Пакет прикладних програм для проведення
експериментів з ідентифікації об'єкту по його зашумованим
фотозображенням» по держбюджетній темі реєстраційний номер
№ 0118U006923 «Інформаційні технології в наукових дослідженнях,
навчальному процесі, бізнесі та виробництві».

Наукова новизна роботи, що представлено в звіті, полягає в тому, що
вперше за запропонованою ідентифікаційною технологією було розроблено
пакет прикладних програм, що дозволяє провести експерименти з
ефективності обробки за запропонованими методами. Результати
підтвердили можливість ідентифікації за технологією.

Практична значимість розробленого пакету прикладних програм
полягає в можливості його використання в умовах ПрАТ «ММК ім. Ілліча»,
де його використання вирішило завдання ідентифікації номера з 2%
похибкою і вирішило виробниче завдання невідповідності номерів
платформи і ковша впровадженням оптичної точки ідентифікації.

Відп.виконавець
держбюджетної теми
ресс. № 0118U006923,
завідувач кафедри інформатики

Д.С. Міроненко

Затверджую
Проректор з наукової
роботи ДВНЗ «ЛДТУ»
Ленцов І.А.
«02» 12 2020 р.

Довідка

про використання результатів дисертаційної роботи Сергієнко Анастасії
Валентинівни на тему «Моделі та метод інформаційної технології
ідентифікації номера чавуновозного ковша за його зашумленим
фотозображенням»
у науково-дослідній роботі.

Видана в тому, що матеріали дисертаційної роботи Сергієнко А.В. на
тему «Моделі та метод інформаційної технології ідентифікації номера
чавуновозного ковша за його зашумленим фотозображенням» використані у
вигляді розділу 10 «Використання бібліотек мови Python з розпізнавання
графічних образів задля ідентифікації об'єкту за його зашумованим
фотозображенням» по держбюджетній темі реєстраційний номер
№ 0119U103133 «ІТ в наукових дослідженнях, навчальному процесі, бізнесі
та виробництві».

Наукова новизна роботи, що представлено в звіті, полягає у тому, що
на базі розробленої інформаційної технології ідентифікації номера за його
зашумленим фотозображенням, а також бібліотек мови Python, було створене
прикладнення, що надало можливості проаналізувати методи локалізації
через контурну сегментацію та зробити висновки щодо їх ефективності для
використання в обробці за пропонованою інформаційною технологією.

Практична значимість роботи полягає в тому, що висновки, які були
отримані в роботі надають поняття щодо доцільності використання методів та
функцій для рішення інших подібних задач. Розроблене прикладнення
використовується при викладанні дисципліні «Сучасні скриптові мови
програмування» в темі «Обробка зображень за допомогою бібліотек
відкритого зору».

Відп.виконавець
держбюджетної теми
реєс. № 0119U103133,
завідувач кафедри інформатики

Д.С. Міроненко

Довідка про використання результатів

ЗАТВЕРДЖУЮ
Перший проректор ДВНЗ «ПДТУ»
В. М. Євченко
«18» серпня 2020 р.



ДОВІДКА

щодо впровадження результатів дисертаційної роботи
Сергієнко Анастасії Валентинівни,
присвяченої розробці інформаційної технології ідентифікації номера ковша за його
зашумленим фотозображенням,
представленої на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук
зі спеціальності 05.13.06 «Інформаційні технології»

Комісія у складі викладачів кафедри інформатики: зав. каф., к.т.н. Д. С. Міроненка, доц., к.т.н. О.Ю. Балалаєвої, доц., к.т.н. В. С. Молчанової, доц., к.т.н. О. О. Тузенко встановила, що програмне застосування та результати теоретичних та експериментальних досліджень, які містяться в кандидатській дисертації Сергієнко А. В., спрямованій на розробку нової інформаційної технології ідентифікації номера чавуновізного ковша за його зашумленим фотозображенням за допомогою нечіткого порівняння з еталоном, були використані в навчальному процесі Державного вищого навчального закладу «Приазовський державний технічний університет» у вигляді:

– алгоритму попередньої обробки зображення – фільтрації зображення модифікованим за швидкістю виконання медіанним методом; неповна порогова глобальна бінаризація зображення з автоматичним підбором порогу;

– алгоритму локалізації інформативної області за допомогою кластеризації методом пошуку найближчого сусіда з модифікацією пошуку використанням ковзаючого вікна;

– методу ідентифікації номера на локалізованому сегменті зображення методом порівняння його з еталоном на основі нечіткої характеристики, що включає обчислення координат характеристичної точки і формування ядра сегменту, фазифікацію та обчислення відносної відстані Хеммінга;

– програмних модулів для ідентифікації номера на зашумленому фотозображенні.

Дані результати використано в лекційному матеріалі та лабораторних роботах з наступних дисциплін: «Алгоритмізація та програмування», «Теорія алгоритмів», «Теорія програмування», «Сучасні скриптові мови програмування», які читаються для студентів спеціальності 122 «Комп'ютерні науки».

Зав. кафедрою інформатики, к.т.н.

Доц. каф. інформатики, к.т.н.

Доц. каф. інформатики, к.т.н.

Доц. каф. інформатики, к.т.н.



Д. С. Міроненко

О. Ю. Балалаєва

В. С. Молчанова

О. О. Тузенко