

Вінницький національний технічний університет
Факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації
Кафедра комп'ютерних систем управління

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Розробка підсистеми обробки зображень для автоматизованої системи відеоспостереження банкомату.»

Частина 1. Розробка модулю фільтрації цифрових зображень»

Виконав: студент 2-го курсу, групи
ЗАКІТР-23м спеціальності 174 –
Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані
технології та роботехніка

Денис ГОНЧАРУК

Керівник: к.т.н., доцент каф. КСУ

Тетяна ГРИЩУК
«04» 12 2024 р.

Опонент: к.т.н., доцент каф. АІТ

Марія БАРАБАН
«04» грудня 2024 р.

Допущено до захисту

Зав. кафедри КСУ

В'ячеслав КОВТУН

« 4 » 12 2024 р.

Вінницький національний технічний університет

Факультет інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації

Кафедра комп'ютерних систем управління

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Галузь знань – 17 – Електроніка, автоматизація та електронні комунікації

Спеціальність – 174 – Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка

Освітньо - професійна програма – Інформаційні системи і Інтернет речей

Затверджую	
Зав. кафедри КСУ	
В'ячеслав КОВТУН	
14 жовтня 2024 року	



ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ студенту Гончарук Денису Валентиновичу

1. Тема роботи Розробка підсистеми обробки зображень для автоматизованої системи відеоспостереження банкомату. Частина 1. Розробка модулю фільтрації цифрових зображень

керівник роботи Гришук Тетяна Вікторівна

затверджені наказом ВНТУ від "17" вересня 2024 року №310

2. Термін подання студентом роботи "1" грудня 2024 року

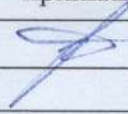
3. Вихідні дані до роботи: підвищення коефіцієнту стиснення, модульність, оптимізація місця для зберігання, збереження якості для аналізу та розпізнавання, перелік матеріалів для розробки:

1. The Importance of Image Filtering in Video Surveillance [Електронний ресурс] // Journal of Security Technology. – 2021. – URL: <https://www.journalofsecuritytechnology.com/image-filtering-video-surveillance/>.
2. Заводовський А. О., Гнатенко А. В. Аналіз алгоритмів обробки зображень для систем відеоспостереження / А. О. Заводовський, А. В. Гнатенко // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". — 2017. — № 858. — С. 76–82.
3. González, R. C., & Woods, R. E. Digital Image Processing / R. C. González, R. E. Woods. — 4th ed. — Boston: Pearson, 2018. — 1024 p.

4. Зміст текстової частини: вступ, аналіз існуючих підсистем обробки цифрових зображень, розробка модуля фільтрації цифрових зображень, структура програмного забезпечення для модуля фільтрації цифрових зображень

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Структура роботи підсистеми відеоспостереження з модулем фільтрації зображень, Діаграма класів процесу фільтрації цифрового зображення, Діаграма варіантів використання фільтрації цифрового зображення, Схема програми процесу фільтрації цифрових зображень зі штучним шумом, Візуальне порівняння у випадку просторового випадкового шуму, Приклад роботи програми

1. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
1-3	Гармаш В.В., к.т.н., доцент каф. АПТ		

2. Дата видачі завдання "14" жовтня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітка
		початок	закінчення	
1	Аналіз існуючих підсистем обробки цифрових зображень	15 жовтня	22 жовтня	
2	Розробка модуля фільтрації цифрових зображень	23 жовтня	12 листопада	
3	Структура програмного забезпечення для модуля фільтрації цифрових зображень	13 листопада	26 листопада	
4	Оформлення матеріалів до захисту	27 листопада	1 грудня	

Студент

(підпис)

Денис ГОНЧАРУК

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник роботи

(підпис)

Тетяна ГРИЩУК

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

АНОТАЦІЯ

УДК 004.932

Гончарук Д. В. Розробка підсистеми обробки зображень для автоматизованої системи відеоспостереження банкомату. Частина 1. Розробка модулю фільтрації цифрових зображень. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка», освітня програма – Інформаційні системи і Інтернет речей. Вінниця: ВНТУ, 2024. 106 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 58 назв; рис.: 24; табл. 4.

У магістерській кваліфікаційній роботі розроблено підсистему обробки зображень для автоматизованої системи відеоспостереження банкомату. В оглядово-аналітичній частині розглянуто сучасні технології обробки зображень, зокрема особливості їхнього використання в системах відеоспостереження, та обґрунтовано доцільність розробки підсистеми для банкоматів. У теоретично-методичній частині роботи запропоновано метод фільтрації зображень та розроблено модуль фільтрації. У практичній частині обґрунтовано вибір інструментальних засобів реалізації, розроблено програмне забезпечення для модуля фільтрації та наведено результати тестування. Ілюстративна частина складається з 6 плакатів, що відображають основні етапи реалізації підсистеми.

Ключові слова: автоматизована система, обробка зображень, відеоспостереження, банкомат, модуль фільтрації, програма.

ABSTRACT

UDK 004.932

Goncharuk D. V. Development of an image processing subsystem for an automated ATM video surveillance system. Part 1. Development of a digital image filtering module. Master's qualification work in specialty 174 "Automation, computer-integrated technologies and robotics", educational program - Information systems and the Internet of Things. Vinnytsia: VNTU, 2024. 102 p.

In Ukrainian. Bibliography: 58 titles; Fig.: 24; Table 4.

In the master's qualification work, an image processing subsystem for an automated ATM video surveillance system is developed. The review and analytical part considers modern image processing technologies, in particular the features of their use in video surveillance systems, and justifies the feasibility of developing a subsystem for ATMs. In the theoretical and methodological part of the work, an image filtering method is proposed and a filtering module is developed. In the practical part, the choice of implementation tools is justified, software for the filtering module is developed, and testing results are presented. The illustrative part consists of 6 posters that reflect the main stages of subsystem implementation.

Keywords: automated system, image processing, video surveillance, ATM, filtering module, program.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПІДСИСТЕМ ОБРОБКИ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ	7
1.1 Опис об'єкта автоматизації та загальна характеристика задачі...	7
1.2 Класифікація модулів і методів фільтрації підсистеми обробки зображень	10
1.3 Аналіз обробки цифрових зображень	18
1.4 Локальні методи обробки зображень	19
1.5 Методи, які базуються на диференціальних рівнянь з частковими похідними.....	22
1.6 Методи обробки зображень в частотній області	25
1.7 Метод «Non-Local Means»	28
1.8 Висновки до розділу 1	30
2 РОЗРОБКА МОДУЛЯ ФІЛЬТРАЦІЇ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ	32
2.1 Розробка методу фільтрації	35
2.1.1 Розподіл шуму на зображеннях	36
2.1.2 Відокремлення кольорових компонентів	40
2.1.3 Модифікація кольорового простору $YCrCb$	43
2.1.4 Метод «Non-Local Means» з відокремленням кольорових компонентів	44
2.2 Експериментальні дослідження	47
2.3 Розроблення узагальненої методики дослідження модуля фільтрації цифрових зображень	59
2.4 Висновки до розділу 2	64
3 СТРУКТУРА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ МОДУЛЯ ФІЛЬТРАЦІЇ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ.....	65
3.1 Структура процесу фільтрації зображення	65

3.2 Розробка програмного забезпечення	71
3.3 Висновки до розділу 3	73
ВИСНОВКИ.....	74
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	77
ДОДАТКИ.....	84
Додаток А (обов'язковий) – Протокол перевірки магістерської кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень	85
Додаток Б (обов'язковий) – Технічне завдання	86
Додаток В (вибірковий) – Фрагмент лістингу програми	90
Додаток Г (обов'язковий) – Ілюстративна частина	99

ВСТУП

Актуальність теми. У наш час значно розширюються області застосування методів цифрової обробки, які витісняють аналогові методи обробки сигналів та зображень. Зацікавленість у методах цифрової обробки зображень (ЦОЗ) і покращенні якості цифрових зображень [1] у контексті автоматизованих систем відеоспостереження для банкоматів зумовлена двома основними напрямками використання: обробкою зображень для підвищення їх візуальної чіткості та забезпечення безпеки, а також обробкою зображень для їх зберігання та передачі в реальному часі [2].

Важливе місце в цифровій обробці зображень займає задача покращення якості [3], яка є необхідною передумовою для ефективного аналізу, класифікації, розпізнавання образів та прийняття рішень у системах відеоспостереження. Особливо це актуально для банкоматів, де якість зображення може впливати на ідентифікацію користувачів та захист від шахрайства.

Окрім цього, у контексті систем відеоспостереження банкоматів важливо враховувати не лише зниження шуму, але й збереження важливих деталей зображення, таких як обличчя користувача. Це вимагає застосування фільтрів, які не тільки зменшують шум, а й зберігають контури та текстури, важливі для подальшого аналізу. Такі підходи дозволяють підвищити точність розпізнавання та знижують ймовірність помилок при верифікації користувача, що є важливим для підвищення безпеки в системах відеоспостереження банкоматів.

Переважна частина методів фільтрації цифрових зображень зосереджена на обробці зображень з додаванням штучного шуму, але для системи відеоспостереження банкоматів важливими є методи, що враховують реальні умови зйомки, включаючи природні шуми [4]. На жаль, існуючі

методи часто не забезпечують достатнього зменшення шуму або є надто складними для інтеграції в автоматизовані системи.

Методам обробки та покращенню якості цифрових зображень приділено багато уваги в роботах вітчизняних та зарубіжних вчених. Зокрема, вагомий внесок у розвиток цього напрямку зробили Я. Бернд, Р. Гонсалес, Р. Вудс, І. Добеши, Д. Донохо та інші вчені [5-25].

Мета роботи полягає у підвищенні ефективності фільтрації цифрових кольорових зображень, отриманих з системи відеоспостереження банкомату, шляхом розробки методу, який враховує якісні характеристики.

Завдання дослідження можна сформулювати наступним чином:

- Провести аналіз існуючих методів фільтрації цифрових кольорових зображень, зокрема в контексті їх застосування в системах відеоспостереження для банкоматів.
- Розробити модуль фільтрації цифрових зображень на основі методу фільтрації цифрових кольорових зображень, який враховує якісні характеристики, зокрема на основі методу нелокального усереднення.
- Провести експериментальне дослідження розробленого модуля фільтрації зображень.
- Розробити алгоритмічне та програмне забезпечення для реалізації методу фільтрації в автоматизованій системі відеоспостереження банкомату.

Об'єкт дослідження – процес фільтрації цифрових кольорових зображень, отриманих з системи відеоспостереження банкомату.

Предмет дослідження – методи та моделі в задачах фільтрації цифрових кольорових зображень системи відеоспостереження банкомату.

Наукова новизна одержаних результатів.

Розроблено метод фільтрації цифрових кольорових зображень на основі методу нелокального усереднення, який дозволяє враховувати якісні характеристики зображення, отриманого з системи відеоспостереження

банкомату. Також розроблено та програмно реалізовано алгоритм фільтрації зображень, використовуючи модифікований колірний простір $YCrCb_{mod}$.

Апробація. Представлені в роботі результати апробовані в результаті участі в конференції ВНТУ: «Науково-технічна конференція факультету інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації (2024)».

Публікації. Гончарук Денис Валентинович, Гармаш Володимир Володимирович «Метод фільтрації цифрового аудіо сигналу на основі вейвлет-перетворення», «Науково-технічна конференція факультету інтелектуальних інформаційних технологій та автоматизації (2024)», 2024.

URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2024/paper/view/20321/16876>

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПІДСИСТЕМ ОБРОБКИ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

1.1 Опис об'єкта автоматизації та загальна характеристика задачі

Банкомат (АТМ) — це автоматизований електронний пристрій, призначений для надання банківських послуг, таких як зняття готівки, поповнення рахунків, перегляд балансу, та інші фінансові операції. Банкомати використовуються в широкому масштабі через їх доступність і зручність. Проте, через природу своєї роботи та зберігання готівки, банкомати є потенційними об'єктами шахрайства, вандалізму та крадіжок.

Важливо розробити підсистему обробки зображень для відеоспостереження банкомату з метою:

1. Підвищення рівня безпеки: автоматизована система відеоспостереження дозволяє відслідковувати підозрілі дії, запобігати злочинам і забезпечувати захист клієнтів.
2. Ідентифікація користувачів: завдяки системам розпізнавання облич, можна підтвердити особу користувача або виявити підозрілих осіб.
3. Виявлення несанкціонованих дій: наприклад, встановлення шахрайських пристроїв, таких як скіммери або додаткові камери, можна виявити за допомогою аналізу зображень.
4. Автоматизація моніторингу: система обробки зображень зменшує потребу в ручному аналізі відеозаписів, дозволяючи швидше реагувати на потенційні загрози.

Існуючі модулі відеоспостереження:

1. Збір даних: камери відеоспостереження, встановлені на банкоматах, фіксують всі події навколо пристрою.
2. Збереження записів: сервери або локальні накопичувачі зберігають записані відеоматеріали для подальшого аналізу.

3. Аналіз подій: використовуються алгоритми, які дозволяють виявляти рух, зміну обстановки або інші аномалії.
4. Розпізнавання обличь: цей модуль забезпечує ідентифікацію клієнтів і потенційних зловмисників.
5. Сигналізація: у разі виявлення підозрілих подій система сповіщає відповідні служби.

Модуль фільтрації зображень є ключовою частиною системи обробки, оскільки він дозволяє покращити якість відеоматеріалу, що надходить з камер. Його значення полягає в наступному:

1. Поліпшення якості зображень: усунення шуму, артефактів або затемнення, викликаних низькою освітленістю або якістю камери.
2. Оптимізація для аналізу: фільтрація робить зображення більш придатними для обробки алгоритмами розпізнавання обличь, руху чи інших об'єктів.
3. Зменшення обсягу даних: завдяки фільтрації непотрібної інформації зображення стають компактнішими для зберігання і швидшого аналізу.
4. Підвищення точності: чіткі та відфільтровані зображення дозволяють уникнути помилок при аналізі або розпізнаванні об'єктів.
5. Стабільність роботи: умови навколишнього середовища (наприклад, дощ, сніг, недостатнє освітлення) можуть негативно впливати на якість зображення, і фільтри дозволяють мінімізувати ці впливи.

Розробка модуля фільтрації цифрових зображень є невід'ємною частиною автоматизованої системи відеоспостереження банкомату. Завдяки цьому модулю підвищується точність та ефективність обробки даних, що, у свою чергу, сприяє забезпеченню безпеки клієнтів та захисту самого банкомату від зовнішніх загроз.

На сучасному етапі розвитку засобів обробки інформації в автоматизованих системах відеоспостереження банкоматів активно

впроваджуються різноманітні алгоритми і технології для інтелектуалізації процесів обробки даних. Важливим компонентом цього процесу є зростаюча необхідність використання інформації у вигляді фото- та відеоданих, зокрема цифрових зображень [7]. Ці технології є особливо важливими для систем відеоспостереження, оскільки вони забезпечують зручність у використанні та прийнятність для підвищення безпеки банкоматів.

Цифрові зображення, отримані з камер відеоспостереження [9], схильні до впливу різних типів шумів. Це може призвести до погіршення якості візуального сприйняття та зниження достовірності рішень, що приймаються на основі аналізу таких зображень [8]. Методи обробки зображень мають надзвичайно важливе значення для підвищення ефективності систем відеоспостереження. Вони не лише покращують візуальне сприйняття зображень, а й забезпечують класифікацію об'єктів, що є критично важливим для ідентифікації осіб та виявлення підозрілих дій [10].

Фільтрація зображень є однією з найважливіших та найскладніших стадій попередньої обробки даних [11]. Існує безліч різних методів фільтрації, кожен з яких має свої переваги та недоліки. Вибір конкретного методу залежить від поставлених завдань, але головною метою фільтрації є пошук та усунення шумових компонентів при збереженні та мінімальному спотворенні корисної інформації зображення [12].

Методи фільтрації зазвичай спеціалізуються на придушенні конкретних видів шуму. На сьогоднішній день немає універсальних фільтрів, здатних визначати та фільтрувати всі види шумів. Однак багато шумів можна ефективно наблизити моделлю білого гаусівського шуму [13], що робить більшість алгоритмів орієнтованими на придушення саме цього виду шуму. Це є особливо актуальним у контексті автоматизованих систем відеоспостереження банкоматів, де якість зображення безпосередньо впливає на безпеку та ефективність виявлення загроз [14].

Крім того, переважна частина методів фільтрації цифрових зображень

зосереджена на півтонових зображеннях, до яких додано штучний шум. Лише невелика частина методів призначена для обробки природних фотографій, отриманих цифровими камерами, де присутній реальний шум [15]. Це створює серйозні труднощі у застосуванні цих методів в умовах відеоспостереження банкоматів, де зображення часто піддаються впливу різних типів шуму в реальному часі [16]. На жаль, існуючі методи не завжди здатні ефективно вирішити проблему зменшення шуму в зображеннях, отриманих з камер відеоспостереження, або є надто складними для реалізації в автоматизованих системах. Це може призвести до зниження якості зображення, що, в свою чергу, вплине на достовірність рішень, прийнятих на основі аналізу цих зображень. Тому існує нагальна потреба у розробці нових, адаптованих методів фільтрації, які б враховували специфіку природних фотографій з реальним шумом та були б оптимізовані для використання в системах відеоспостереження банкоматів [17].

1.2 Класифікація модулів і методів фільтрації підсистеми обробки зображень

Класифікація модулів системи відеоспостереження банкомату може бути здійснена за різними критеріями, зокрема за функціональним призначенням, типом використовуваних технологій і метою спостереження. Основні категорії та підкатегорії модулів цієї підсистеми [26]:

1. Модулі відеозапису та зберігання

- Модулі запису відео:
 - Записують відео з камер, що моніторять як внутрішні, так і зовнішні частини банкомату.
 - Використовують внутрішні або мережеві диски для зберігання відеоархівів.

- Системи зберігання даних:
 - Накопичувачі даних (HDD, SSD): для збереження відеоархівів.
 - Хмарні рішення: для віддаленого зберігання і доступу до відеоархівів.

2. Модулі камер відеоспостереження

- Внутрішні камери:
 - Для моніторингу стану банкомату та взаємодії з користувачем (наприклад, перевірка наявності картки або PIN-коду).
- Зовнішні камери:
 - Для спостереження за зовнішнім оточенням банкомату (наприклад, для виявлення підозрілих осіб або спостереження за поведінкою користувачів).
- Камери з нічним баченням:
 - Використовують інфрачервоні технології для зйомки в умовах низького освітлення.
- Камери з високою роздільною здатністю:
 - Камери з високою чіткістю для точного ідентифікування осіб і номерів карток.
- Камери з широким кутом огляду:
 - Камери, що охоплюють велику площу для виявлення підозрілих дій навколо банкомату.

3. Модулі обробки відео та аналізу

- Модулі фільтрації зображень:
 - Включають фільтрацію для зменшення шуму (включаючи методи гауссового згладжування, медіанної фільтрації, вейвлет-фільтрації, нелокального середнього тощо).
- Модулі корекції зображень:
 - Включають алгоритми для поліпшення якості зображень, такі як корекція контрасту, яскравості, чіткості зображення.

- Модулі розпізнавання осіб (Face Recognition):
 - Використовуються для автоматичного розпізнавання та ідентифікації користувачів або підозрілих осіб.
- Модулі виявлення руху:
 - Виявляють рух навколо банкомату та активують записування або попереджають охорону.

4. Модулі моніторингу та управління

- Модулі моніторингу в реальному часі:
 - Відображають зображення з камер на дисплеях банкомату або в операційних центрах для оперативного спостереження за подіями.
- Системи попередження:
 - Включають модулі для відправки сповіщень в разі виявлення підозрілих ситуацій, таких як неадекватне поведіння, виявлення руху у неробочий час тощо.

5. Модулі безпеки та шифрування

- Шифрування відео:
 - Забезпечують захист відеоархівів від несанкціонованого доступу.
- Системи безпеки даних:
 - Використовують захищені канали для передачі відеоархівів та забезпечують доступ тільки авторизованим користувачам.
- Модулі виявлення спроби втручання:
 - Виявляють фізичне втручання в камери чи інші компоненти системи відеоспостереження.

6. Модулі інтеграції з іншими системами

- Інтеграція з системами охорони:
 - Відеоспостереження може бути інтегроване з іншими системами безпеки, такими як сигналізації, контролю доступу, або системи спостереження за рухом.
- Інтеграція з банківськими системами:

- Зв'язок з банківськими програмними системами для ідентифікації клієнтів або моніторингу операцій з банкоматами.

7. Модулі зв'язку та віддаленого доступу

- Віддалене управління:
 - Модулі, що дозволяють операторам контролювати стан камер і здійснювати доступ до відеоархівів віддалено через мережу.
- Мобільні додатки:
 - Доступ до системи відеоспостереження банкомату через мобільні пристрої для оперативного моніторингу.

8. Модулі виявлення аномалій та розпізнавання поведінки

- Аналіз поведінки користувача:
 - Використовує алгоритми машинного навчання для виявлення аномальної поведінки, наприклад, спроби маніпуляцій з банкоматом або незвичні дії.
- Виявлення підозрілих об'єктів:
 - Використовуються для виявлення підозрілих предметів (наприклад, підозрілі сумки чи пакунки).

9. Модулі інтерфейсу користувача

- Інтерфейс для налаштування:
 - Модулі, що забезпечують зручний інтерфейс для налаштування параметрів відеоспостереження, фільтрації зображень, моніторингу архівів.
- Графічний інтерфейс для перегляду відео:
 - Дозволяє операторам переглядати записи або відео з камер в реальному часі.

Класифікація модулів відеоспостереження банкомату включає різноманітні функціональні компоненти, від камер і систем запису до складних систем аналізу зображень та інтеграції з іншими системами безпеки.

Вони разом створюють надійну підсистему для забезпечення безпеки банкоматів і ефективного контролю за їхнім використанням.

У процесі розробки підсистеми обробки зображень для автоматизованої системи відеоспостереження банкомату використовуються різні підходи до фільтрації зображень, які можна умовно поділити на дві основні категорії: методи обробки зображень у просторовій області та методи обробки зображень у частотній області.

Методи обробки в просторовій області передбачають безпосереднє маніпулювання пікселями зображення, що дозволяє ефективно видаляти шум та покращувати якість зображення в реальному часі, забезпечуючи покращення візуальної точності [18].

Натомість методи обробки в частотній області передбачають аналіз сигналу після застосування перетворення Фур'є до зображення. Ці методи спрямовані на виявлення певних частотних компонентів, що може бути корисно для ідентифікації руху або аномальних подій поруч із банкоматом [19].

Важливо зазначити, що технології, які поєднують методи з обох категорій, також не є другорядними. Комбіновані підходи можуть забезпечити підвищену [20] ефективність обробки та аналізу відеопотоку, що сприяє покращенню безпеки та надійності автоматизованих систем відеоспостереження банкоматів [21].

Просторові методи фільтрації (або локальні методи фільтрації) містять процедури, які оперують безпосередніми значеннями пікселів. Процеси просторової обробки описують наступним рівнянням

$$g(x, y) = T[f(x, y)], \quad (1.1)$$

де $f(x, y)$ – вхідне зображення;

$g(x, y)$ – оброблене зображення;

T – оператор над f , визначений в деякому околі точки (x,y) .

Основний підхід по визначенню границь точки (x,y) у системі обробки зображень для автоматизованої системи відеоспостереження банкомату полягає у використанні прямокутної або квадратної області – підмножини зображень, що центрована в точці (x,y) [22]. Центр цієї області переміщається від одного пікселя до іншого, починаючи з верхнього лівого кута зображення. В кожній точці (x,y) виконується оператор T , що дає в результаті вихідне значення g для даної точки. Процес використовує лише пікселі в середині області зображення, що обмежена певною ділянкою. Квадратні або прямокутні масиви є здебільшого найбільш розповсюдженими за рахунок простоти їх реалізації. Іноді використовуються ділянки інших форм [23].

Методи даної категорії часто відносять до процедур поелементної обробки, оскільки результат покращення кожного елемента зображення залежить від його яскравості [24].

Збільшення розміру околу дозволяє забезпечити більшу гнучкість і зазвичай призводить до більш ефективних результатів. При цьому використовується значення функції f всередині заздалегідь визначеного околу, що розташований поруч із точкою (x,y) , для обчислення значення g у даній точці. Один з основних підходів у цьому контексті ґрунтується на використанні так званих масок [25] (також відомих як вікна, ядра, фільтри або шаблони). Здебільшого маска представляє собою невеликий двовимірний масив (зазвичай 3 на 3 елементи). Значення коефіцієнтів маски всередині масиву визначають суть процесу обробки. Методи фільтрації, що базуються на даному підході, класифікуються як фільтрація за маскою або обробка маскою, що є важливими для підвищення якості зображень, які отримуються з відеокамер банкоматів. даному підході, відносять до фільтрації за маскою або обробки маскою [26].

Процедура фільтрації в частотній області проста і містить означені кроки:

- вихідне зображення множиться на $(-1)^{x+y}$, з метою щоб його Фур'є перетворення виявилось центрованим;
- обчислюється $F(u,v)$ – пряме перетворення Фур'є зображення, що отримане після першого кроку;
- відбувається множення функція $F(u,v)$ на функцію фільтра $H(u,v)$;
- обчислюється обернене перетворення Фур'є від результату третього кроку;
- виділяється дійсна частина результату четвертого кроку;
- результат п'ятого кроку множиться на $(-1)^{x+y}$.

Процес обробки в частотній області зображень на рисунку 1.1.

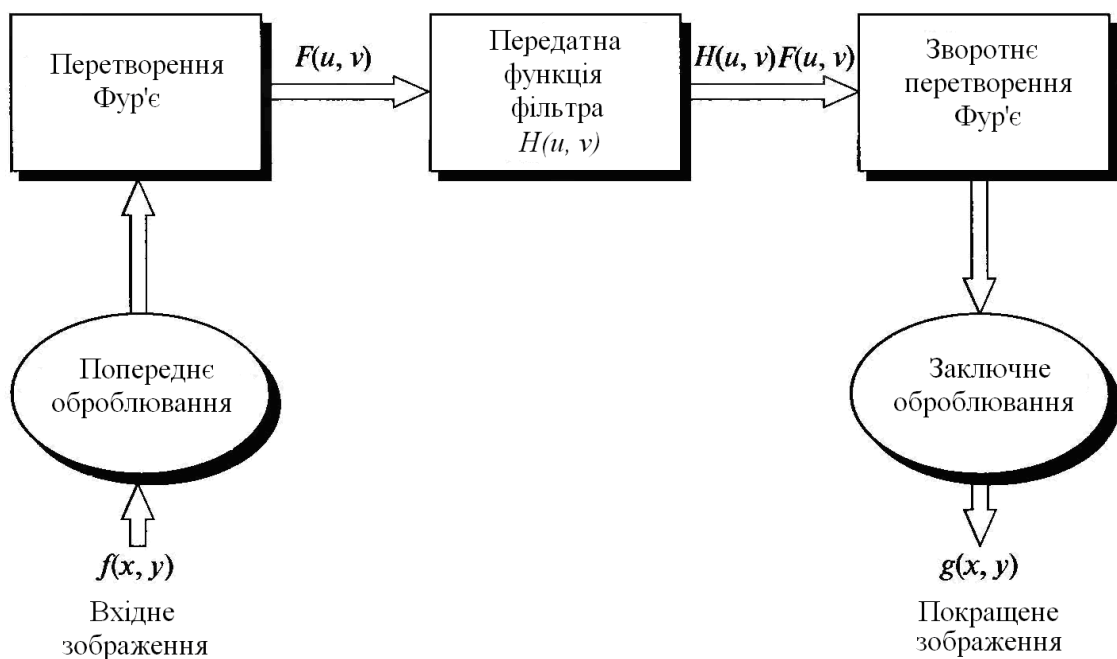


Рисунок 1.1 – Основні етапи обробки в частотній області

Деякі завдання з покращення зображень у системі відеоспостереження банкомату, рішення яких у просторовій області є складними або навіть неможливими, можуть бути значно полегшені за допомогою обробки в частотній області. Вибір відповідного фільтра через експерименти в частотній області дозволяє розробникам створити ефективні методи обробки в просторовій області, що підвищує загальну ефективність системи [27].

Тісний зв'язок між просторовою та частотною областями обробки зображень можна пояснити через «теорему про згортку». У контексті відеоспостереження банкомату згортка є критично важливою операцією [28], яка полягає у переміщенні маски (фільтру) по зображенню з кроком від одного пікселя до іншого. Для кожного пікселя обчислюється значення на основі значень маски та пікселів у її області застосування. Це дозволяє виявляти ключові елементи, такі як контури чи аномалії, що є важливими для безпеки банкомату.

Класифікацію методів обробки та фільтрації цифрових зображень можна представити на рисунку 1.2.

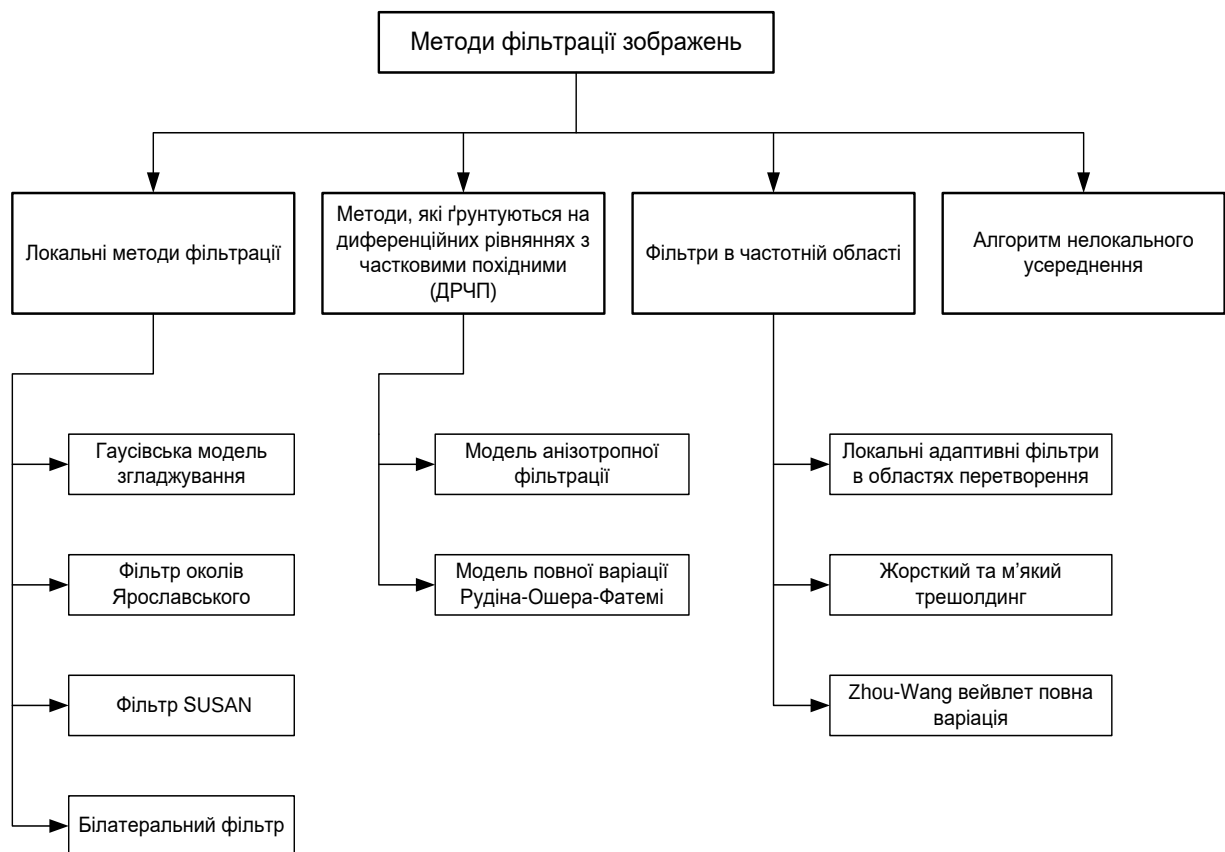


Рисунок 1.2 – Класифікація методів обробки і фільтрації зображень

1.3 Аналіз обробки цифрових зображень

Зображення, що отримане за допомогою приладів можна математично записати як

$$v(i) = u(i) + n(i), \quad (1.2)$$

де $v(i)$ – величина, що спостерігається;

$u(i)$ – дійсна величина, яку необхідно відновити з $v(i)$;

$n(i)$ – шумове відхилення.

Метод обробки фільтрації від шуму зображення u може бути позначений як D_h :

$$u = D_h u + n(D_h, u), \quad (1.3)$$

де h – параметр фільтрації;

$D_h u$ – відфільтроване зображення;

$n(D_h, u)$ – шум, що визначений даним методом.

Однак, в сучасних умовах недостатньо просто згладити зображення з відеокамер банкомату та отримати відфільтроване зображення. Сучасні методи фільтрації не лише виконують згладжування, але й включають механізми відновлення втраченої інформації, якщо це необхідно. Це особливо важливо для систем відеоспостереження банкомату, де часто потрібно не тільки зменшити шум, але й зберегти чіткість та деталі для ідентифікації осіб або об'єктів.

Зокрема, у відеопотоці, отриманому з камер спостереження, може виникати необхідність розмити шум, викликаний низькою освітленістю або іншими перешкодами, при цьому забезпечуючи збереження важливих деталей, таких як обличчя або номери карток. Це підвищує загальну ефективність системи безпеки банкомату, забезпечуючи високу якість зображень для подальшого аналізу [29].

1.4 Локальні методи обробки зображень

Оригінальне зображення u , отримане з камер спостереження банкомату, позначається як $u(x)$ для $x \in R^2$ та визначається в обмеженій області $\Omega \subset R^2$. Під час візуалізації на моніторах або при збереженні дискретні значення шуму інтерполуються як кусочно-постійна функція, яка залишається постійною в кожному пікселі i та рівна n_i , а не як функція з обмеженим спектром. Це може створювати додатковий шум і артефакти, що потребують фільтрації.

Одним із найбільш поширених фільтрів розмиття, який використовує згортку з лінійним симетричним ядром, є фільтр Гауса. Він часто застосовується в системах відеоспостереження банкоматів для зменшення шуму та згладжування зображення без суттєвих втрат важливих деталей. Процес згладжування зображення через фільтрацію Гауса зазвичай має на меті покращення якості зображення, зберігаючи при цьому ключові структури, такі як контури та важливі елементи для подальшого аналізу.

Ядро Гауса має вигляд симетричного розподілу, де пік значення припадає на центр ядра, що дозволяє зменшити вплив шуму в окремих областях зображення, одночасно зберігаючи плавність переходів між сусідніми пікселями. Це робить фільтр Гауса дуже ефективним для завдань, пов'язаних з обробкою зображень у реальному часі, таких як системи відеоспостереження для банкоматів.

$$x \rightarrow G_h(x) = \frac{1}{(4\pi h^2)} e^{-\frac{|x|^2}{4h^2}}. \quad (1.4)$$

Функція обробки зображень у системах відеоспостереження банкоматів може використовувати середньоквадратичне відхилення для аналізу якості зображення. Обчислення цього показника є точним, коли

середньоквадратичне відхилення має невелике значення. Зменшення шуму залежить від розміру околи (вікна), яке застосовується під час згладжування. Шум зменшується через осереднення, коли околи достатньо великі, що дозволяє досягти стабільності результатів. Якщо припустити, що розмір вікна пропорційний кількості вимірів функції та рівням шуму на певній ділянці, то розмір околу повинен бути більшим за 1, щоб забезпечити ефективну фільтрацію. Фільтри, які працюють з околами, використовують рівні сірого для аналізу сусідніх пікселів зображення.

В такому випадку відфільтроване від шуму значення пікселя i є зваженим середнім значень у пікселях, що мають значення рівня сірого близьке до $u(i)$.

Окіл рівня сірого можна визначити як

$$U(i, h) = \{j \in I | u(i) - h < u(j) < u(i) + h\}. \quad (1.5)$$

Отже, ця схема є локальною в контексті інтенсивності (яскравості) пікселів, але нелокальною в просторовому вимірі. Це означає, що для обчислення значення пікселя використовуються дані з усього зображення. Одним із ефективних варіантів цього підходу є середньозважений фільтр, який добре справляється із зменшенням шуму в відеопотоці, що фіксується камерами відеоспостереження банкомату, при цьому зберігаючи важливі деталі зображення, необхідні для точної ідентифікації об'єктів.

$$NH_h u(x) = \frac{1}{C(x)} \int u(y) e^{-\frac{|u(y) - u(x)|^2}{h^2}} dy, \quad (1.6)$$

де $\Omega \subset R^2$ – відкрита та обмежена множина;

$$C(x) = \int_{\Omega} u(y) e^{-\frac{|u(y)-u(x)|^2}{h^2}} dy \quad \text{— коефіцієнт нормалізації.}$$

Фільтри околів [27] беруть до уваги змішані околи $U(i, h) \cap B_{\rho}(i)$, де $B_{\rho}(i)$ — коло з центром i та радіусом ρ .

Білатеральний фільтр (БФ), вперше запропонований у 1998 році [5], став важливим інструментом для обробки зображень у системах відеоспостереження банкоматів. Цей фільтр використовує метод просторового зваженого осереднення, що дозволяє уникнути згладжування контурів об'єктів на зображенні. Це є особливо корисним для чіткого виділення деталей, таких як обличчя чи руки, в умовах шуму.

Ефект досягається шляхом поєднання двох гаусівських фільтрів: один працює в просторовій області, а інший — в області інтенсивності (яскравості). Це дозволяє враховувати як просторову відстань між пікселями, так і відстань за рівнем інтенсивності (яскравості). Такий підхід забезпечує збереження важливих деталей зображення, зокрема меж об'єктів, що є критичним для відеоспостереження на банкоматах, де необхідно чітко ідентифікувати осіб або предмети при мінімальному впливі шуму.

Для зображення $u(x)$ у пікселі x , вихідний білатеральний фільтр може бути записаний як:

$$B(x) = \frac{1}{C(x)} \sum_{y \in N(x)} e^{-\frac{\|y-x\|^2}{2\sigma_d^2}} e^{-\frac{|u(y)-u(x)|^2}{2\sigma_r^2}} u(y), \quad (1.7)$$

де σ_d та σ_r — параметри контролю зменшення вагів у просторовій області та області інтенсивності;

$N(x)$ — просторовий окіл пікселя $u(x)$.

Коефіцієнт нормалізації:

$$C(x) = \sum_{y \in N(x)} e^{-\frac{\|y-x\|^2}{2\sigma_d^2}} e^{-\frac{|u(y)-u(x)|^2}{2\sigma_r^2}}. \quad (1.8)$$

Білатеральний фільтр широко використовується у системах відеоспостереження банкоматів завдяки здатності зберігати деталі зображення під час фільтрації шуму. Однак, вибір розміру вікна околу для цього фільтру залишається проблемою, оскільки немає достатнього теоретичного обґрунтування для оптимального розміру. Цей параметр зазвичай підбирається експериментальним шляхом, що може впливати на ефективність роботи системи.

1.5 Методи, які базуються на диференційних рівнянь з частковими похідними

Алгоритми дифузії є потужними інструментами для зменшення шуму в зображеннях, зберігаючи при цьому важливі контури. Цей процес здійснюється за допомогою диференційних рівнянь з частковими похідними (ДРЧП), які повторно фільтрують зображення.

Припустимо, що $I(x, t)$ – зображення в дифузійному процесі з часом t , $I(x, U): R^2 \rightarrow R^+$ – початкове зображення в неперервній області, $x \in R^2$ – місцезнаходження пікселя в зображенні 2D. Ізотропне дифузійне рівняння

$$\frac{\partial I(x, t)}{\partial t} = \text{div}(\nabla I), \quad I(x, 0) = u, \quad (1.9)$$

використовувалось для зменшення шуму на зображенні. Відомо, що зміна зображення відповідно до цього анізотропного дифузійного рівняння еквівалентна обробки зображення фільтром Гауса [4].

Для обробки і відновлення u розглядається задача мінімізації

$$E(u) = \lambda \|u - v\|_{L^2(\Omega)}^2 + R(u), \quad (1.10)$$

де $\lambda > 0$, Ω – область, на якій визначається v ;

$R(u)$ – оператор регуляризації.

Початкові дослідження зосереджувались на операторах $R(u)$, які базувалися на найменших квадратах, таких як $\|\Delta u\|_{L^2(\Omega)}^2$, $\|\nabla u\|_{L^2(\Omega)}^2$ та інших.

Застосування оператора регуляризації одночасно із видаленням шуму призводило до згладжених зображень з втратою деталей.

Для моделювання даних властивостей u в функціональному просторі краще використовувати простір з обмеженою повною варіацією. Запропоновано відновити початкове зображення u на основі зашумленого зображення g , формулюючи задачу обмеженої мінімізації:

$$\arg \min_u TV_{\Omega}(u), \quad (1.11)$$

за умови обмеження шуму

$$\int_{\Omega} (u(x) - v(x)) dx = 0 \quad \text{та} \quad \int_{\Omega} |u(x) - v(x)|^2 dx = \sigma^2. \quad (1.12)$$

Рішення u повинно бути якнайближчим до істинного зображення в сенсі повної варіації, у той час як n розглядається як помилка з заданою енергією.

Обмеження контролює дисперсію та середнє значення для g , але не гарантує, що воно схоже на шум.

$$\arg \min_u \left(TV_{\Omega}(u) + \lambda \int_{\Omega} |v(x) - u(x)|^2 dx \right). \quad (1.13)$$

Ця функція для обробки зображень у системах відеоспостереження банкомату є строго опуклою та напівбезперервною знизу щодо параметра u , що гарантує наявність єдиного глобального мінімуму. Параметр λ контролює баланс між точністю відновлення зображення та збереженням контурів об'єктів, що є важливим для правильної ідентифікації осіб або предметів у відеопотоці. Дослідження демонструють, що метод повної варіації ефективно зберігає контури, що дозволяє отримувати високоякісні реконструкції навіть при низькій якості відео. Основним методом для досягнення цього є схема мінімізації $F(u)$, яка забезпечує оптимальний баланс між зменшенням шуму та збереженням критичних деталей зображення, таких як обличчя або інші важливі елементи.

1.6 Обробка зображень в частотній області

Розглянемо зображення u , яке визначається на двовірному просторі .

Припустимо, що u зазнало впливу білого шуму, де n представляє випадковий процес. Нехай u – незалежні та однакові розподілені випадкові величини з нульовим середнім значенням і сталою дисперсією σ^2 . Таким чином, спостережуване зображення можна записати:

$$v(i) = u(i) + n(i). \quad (1.14)$$

Нехай $B = \{g_\alpha\}_{\alpha \in A}$ – ортогональний базис R^n .

$$v_B(\alpha) = \langle v, g_\alpha \rangle, \quad u_B(\alpha) = \langle u, g_\alpha \rangle, \quad n_B(\alpha) = \langle n, g_\alpha \rangle, \quad (1.15)$$

визначається як скалярні добутки. Після перетворення отримаємо

$$v_B(\alpha) = u_B(\alpha) + n_B(\alpha), \quad (1.16)$$

буде трансформованим шумовим процесом.

Шумові коефіцієнти $n_B(\alpha)$ залишаються некорельованими та мають нульове середнє значення, але їх дисперсії множаться на $\|g_\alpha\|^2$

$$E[n_B(\alpha)n_B(\beta)] = \sum_{i,j \in I} g_\alpha(i)g_\beta(j)E[n(i)n(j)] = \langle g_\alpha, g_\beta \rangle \sigma^2 = \sigma^2 \|g_\alpha\|^2 \delta[\alpha - \beta]. \quad (1.17)$$

Частотні діапазонні фільтри застосовуються незалежно до кожного з трансформованих коефіцієнтів $v_B(\alpha)$. Під час процесу відновлення зображення, виконується обернене перетворення нових коефіцієнтів. Шумові коефіцієнти $v_B(\alpha)$ перетворюються на $a(\alpha)v_B(\alpha)$, де $a(\alpha)$ часто обмежуються значенням 0 або 1. Оскільки алгоритм є нелінійним, результат $a(\alpha)$ залежить від вибраного значення порога $v_B(\alpha)$. Обернене перетворення дає оцінку:

$$\hat{U} = DV = \sum_{\alpha \in A} a(\alpha) v_B(\alpha) g_\alpha. \quad (1.18)$$

Класичний частотний діапазонний фільтр для обробки зображень у системах відеоспостереження банкоматів використовує базис Фур'є. Однак, через використання цього базису, глобальні характеристики зображення можуть домінувати над локальними, що може призвести до виникнення помилкових періодичних візерунків. Щоб уникнути цього ефекту, важливо враховувати більше локальних особливостей, для чого застосовуються вейвлет-перетворення та локальні дискретно-косинусні перетворення [32].

Методи вейвлет-трешолдингу, запропоновані Д. Донохо [33], включають жорстке обмеження, яке відкидає коефіцієнти, що менші за певний поріг. Ця процедура ґрунтується на ідеї, що зображення визначається великими вейвлет-коефіцієнтами, які зберігаються, тоді як шум здебільшого представлений малими коефіцієнтами, які обнуляються. Проте, просте обнулення нижчих вейвлет-коефіцієнтів може призвести до коливань, відомих як явище Гіббса, особливо поблизу меж зображення [34].

Нехай $B = \{g_\alpha\}_{\alpha \in A}$ – ортогональний вейвлет базис. Для визначення $a(\alpha)$ вибирається певний поріг μ , тобто

$$a(\alpha) = \begin{cases} 1 & |v_B(\alpha)| > \mu \\ 0 & |v_B(\alpha)| \leq \mu \end{cases} . \quad (1.19)$$

Цей підхід називається жорстким трешолдингом, оскільки він відкидає коефіцієнти, що менші за обраний поріг. Його основна ідея полягає в тому, що зображення можна описати великими вейвлет-коефіцієнтами, тоді як шум зазвичай представлений малими коефіцієнтами, які обнуляються. Ефективність методу визначається здатністю апроксимації з використанням лише обмеженого набору значних коефіцієнтів [35].

Проте, просте обнулення вейвлет-коефіцієнтів, нижчих за поріг, може спричиняти невеликі коливання (явище Гіббса) поблизу границь. Було

встановлено, що цей ефект можна частково зменшити, використовуючи м'який трешолдинг:

$$a(\alpha) = \begin{cases} \frac{v_B(\alpha) - \text{sgn}(v_B(\alpha))\mu}{v_B(\alpha)} & |v_B(\alpha)| > \mu, \\ 0 & |v_B(\alpha)| \leq \mu \end{cases}, \quad (1.20)$$

який можна позначити як $SWT_\mu(v)$. Неперервність оператора м'якої граничної обробки дозволяє зберігати структуру вейвлет-коефіцієнтів, водночас зменшуючи коливання, які можуть виникати поблизу меж зображення. Цей підхід допомагає уникнути явища Гіббса, яке зазвичай з'являється при жорсткому обмеженні, тим самим забезпечуючи більш плавне та природне відновлення зображення, особливо в зонах з різкими змінами, таких як контури об'єктів.

У 2006 році був запропонований алгоритм вейвлет-повної варіації для обробки зображень, що може бути успішно адаптований для модулів фільтрації в автоматизованих системах [36] відеоспостереження банкоматів. Цей алгоритм ґрунтується на поєднанні схем мінімізації повної варіації та вейвлет-схем, що дозволяє значно покращити якість обробки зображень у порівнянні з традиційними методами жорсткого та м'якого трешолдингу, усуваючи ефект Гіббса.

Однією з основних проблем традиційних методів фільтрації зображень у системах відеоспостереження банкоматів є надмірне згладжування, що може призвести до втрати важливих деталей, таких як обличчя клієнтів або номери банківських карток. Для вирішення цієї проблеми вейвлет-модель була вдосконалена через впровадження автоматичного критерію зупинки [37]. Цей підхід дозволяє запобігти втраті важливих елементів зображення, забезпечуючи точнішу обробку відео. На відміну від традиційних методів, автоматичний критерій зупинки зберігає ключові деталі зображення, що

запобігає їх надмірному згладжуванню. Така технологія є особливо корисною в контексті систем відеоспостереження для банкоматів, де чітке відображення деталей критично важливе для забезпечення безпеки та точного аналізу ситуації [38].

1.7 Метод «Non-Local Means»

У 2006 році був запропонований метод «Non-Local Means» (NLM), який згодом знайшов широке застосування в системах відеоспостереження, зокрема для банкоматів. Головною відмінністю цього методу від традиційних адаптивних методів фільтрації в просторовій області є те, що NLM не потребує локальних обмежень [39]. Це має особливе значення для відеоспостереження банкоматів, де необхідне високоякісне фільтрування зображень для точного розпізнавання подій або осіб. Метод NLM був удосконалений для обробки відео в реальному часі, що дозволяє ефективно зменшувати шум і артефакти в зображеннях, отриманих з камер. На відміну від інших методів, NLM використовує подібність між різними частинами кадру для поліпшення якості фільтрації, що забезпечує високу деталізацію зображень навіть за умов низького освітлення або низької якості відео [40].

Нехай $v(i)$ – зображеннями з шумом, а $u(i)$ є оригінальним зображенням, де i – індекс пікселя. Відновлені значення пікселя можна визначити як середньозважене всіх сірих значень у зображенні, що індексуються у множині I :

$$NL(v)(i) = \sum_{j \in I} \omega(i, j) v(j), \quad (1.21)$$

де $NL(v)(i)$ – відновлене значення в пікселі i . Ваги показують суму подібності між околами кожної пари пікселів, що приймають участь у розрахунку (i та j)

$$\omega(i, j) = \frac{1}{Z(i)} e^{-\frac{\|v(N_i) - v(N_j)\|_{2,a}^2}{h^2}}, \quad (1.22)$$

де $\|\cdot\|$ – зважена відстань Гауса;

$Z(i)$ – нормуючий множник $Z(i) = \sum_j \omega(i, j)$.

У наведеному рівнянні (1.22) $v(N_i)$ – вектор значень околу пікселів $v(N_i) := (v(j))$, $j \in N_i$. N_i визначає окіл пікселя i як стандартний квадратний блок зумовленого розміру навколо i . h – глобальний параметр згладжування, який контролює розмивання, введене в процес фільтрації. Для більших значень шуму встановлюється більше значення h [41].

Система околу на I є об'єднанням $N = \{N_i\}_{i \in I}$ підмножин I таких, що для всіх $i \in I$:

$$(i) i \in N_i, \quad (1.23)$$

$$(ii) j \in N_i \Rightarrow i \in N_j. \quad (1.24)$$

Тоді підмножину N_i називають околom або вікном подібності i . Підмножина N_i буде записуватися як $N_i \setminus \{i\}$.

Схожість між двома пікселями i та j визначається інтенсивністю їх сірого рівня векторів $v(N_i)$ та $v(N_j)$. Пікселі з подібними околами зазвичай мають вищі ваги у розрахунках.

Для оцінки схожості між двома блоками використовується гаусівська зважена евклідова відстань:

$$\|v(N_i) - v(N_j)\|_{2,a}^2 = \left(G_a * |v(N_i) - v(N_j)|^2 \right)(0). \quad (1.25)$$

Однак при реалізації швидкого алгоритму NLM для зображень з n пікселями, необхідно обчислити ваги n^2 для кожного пікселя, що призводить до значної неефективності та практичних труднощів [42]. Для покращення продуктивності було запропоновано зменшити загальну кількість обчислених ваг, відкидаючи околиці, де ймовірність отримання малих ваг була попередньо оцінена як висока.

1.8 Висновки до розділу 1

У контексті системи відеоспостереження для банкоматів, модуль фільтрації зображень відіграє ключову роль у забезпеченні якості та чіткості відео для подальшого аналізу. Значна частина методів фільтрації зосереджується на обробці півтонових зображень, згенерованих зі штучним шумом, що обмежує їх ефективність при роботі з реальними зображеннями, які містять природний шум, отриманий з камер спостереження [43].

Відеозаписи банкоматів, як правило, супроводжуються специфічними типами шуму, що зумовлено низькою освітленістю, рухом об'єктів та іншими факторами навколишнього середовища. Стандартні методи фільтрації часто виявляються або недостатньо ефективними, або надто складними для обробки таких реальних умов. Тому важливо продовжувати дослідження у напрямку визначення факторів, що впливають на зменшення шуму та підвищення якості зображень, отриманих з відеокамер банкоматів.

Аналіз існуючих методів фільтрації показав, що найбільш перспективними для обробки відео з камер спостереження є методи на основі вейвлет-перетворень та нелокальної фільтрації. Метою роботи є підвищення ефективності фільтрації відеозображень з камер банкоматів шляхом розробки спеціалізованого методу, який враховуватиме особливості зображень з реальним шумом.

Отже, для досягнення цієї мети потрібно вирішити такі завдання:

- провести аналіз існуючих методів фільтрації відео з камер спостереження банкоматів;
- розробити метод фільтрації, що враховуватиме якісні характеристики зображень на основі нелокального усереднення;
- провести експериментальну перевірку ефективності запропонованого методу;
- розробити алгоритмічне та програмне забезпечення для інтеграції в систему відеоспостереження банкоматів.

2 РОЗРОБКА МОДУЛЯ ФІЛЬТРАЦІЇ ЦІФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

У системах відеоспостереження банкоматів якість отриманих зображень має критичне значення для забезпечення безпеки, аналізу подій та розпізнавання об'єктів чи осіб. Зображення часто можуть містити різного роду шум, який може впливати на точність роботи системи. Тому правильний вибір методу фільтрації має такі ключові аспекти:

1. Покращення якості зображення

- Зменшення шуму: Зображення з банкоматів часто мають низьку якість через обмеження камери або погані умови освітлення (особливо вночі чи за слабкого штучного світла). Ефективний метод фільтрації дозволяє зменшити адитивний (наприклад, гауссівський шум) або реальний шум, характерний для таких систем.
- Збереження деталей: Недоліки деяких методів фільтрації полягають у тому, що разом із шумом можуть згладжуватися важливі деталі, наприклад, риси обличчя чи номери карток. Правильний метод мінімізує втрату деталей.

2. Поліпшення точності розпізнавання

- Розпізнавання облич: Для ідентифікації осіб важливо, щоб система зберігала високу якість зображення в ключових областях (наприклад, обличчя клієнта).
- Виявлення аномалій: Аномалії у поведінці користувачів або можливі загрози, як-от несанкціоноване втручання у банкомат, вимагають чітких зображень для аналізу руху чи об'єктів.
- Чіткість для автоматичних алгоритмів: Алгоритми машинного навчання (розпізнавання осіб, виявлення руху) чутливі до шуму. Високоякісна фільтрація покращує їхню продуктивність.

3. Підвищення надійності в складних умовах

- Низьке освітлення: У вечірній час або в тіні зображення можуть бути дуже шумними. Методи, адаптовані до таких умов, дозволяють отримати прийнятну якість.
- Відблиски та перешкоди: У місцях із високою сонячною активністю чи іншими джерелами світла можуть виникати відблиски, які вимагають спеціальної обробки.
- Динамічний діапазон: У ситуаціях, коли на одному зображенні є і світлі, і темні області, важливо зберегти деталі в обох зонах. Це особливо актуально для відеоспостереження біля банкоматів, де можуть бути яскраві ділянки на вулиці та затемнені ділянки всередині.

4. Зниження витрат на зберігання та аналіз

- Стиснення даних: Якісна фільтрація зменшує кількість шуму, що дозволяє ефективніше стискати зображення без втрати ключових деталей, економлячи місце для зберігання відеоархівів.
- Швидкість обробки: Фільтровані зображення з меншою кількістю шуму швидше аналізуються алгоритмами автоматичного розпізнавання, що знижує обчислювальні витрати.

5. Забезпечення відповідності юридичним нормам

- У випадку розслідування шахрайства чи злочинів, важливо, щоб відеозаписи мали достатню якість для використання в якості доказів у суді. Застосування неправильного методу фільтрації може зробити зображення непридатним для використання.

6. Адаптація до особливостей шуму

- Тип шуму: Адитивний, мультиплікативний або залежний від сигналу шум може мати різні характеристики. Наприклад, реальний шум від цифрових сенсорів має неоднорідний характер і залежить від освітленості, що вимагає адаптивних методів.

- Розділення каналів кольору: Знання того, що зелений канал зазвичай менш шумний, ніж синій чи червоний, дозволяє ефективно налаштувати фільтрацію, зосереджуючи ресурси на найбільш шумних каналах.

7. Гнучкість у налаштуванні

- Банкомати можуть використовуватися в різних умовах (вулиця, приміщення, освітленість, погодні умови). Тому важливо, щоб метод фільтрації був адаптивним або мав параметри налаштування під конкретні умови.

Розробка методу фільтрації цифрових зображень є ключовим етапом у створенні модуля обробки зображень для автоматизованої системи відеоспостереження банкомату. Важливість цього завдання зумовлена кількома основними факторами:

1. Умови зйомки, такі як низька освітленість, наявність шумів (наприклад, через погану якість камер або зовнішні перешкоди), можуть значно погіршити якість отриманих зображень. Фільтрація дозволяє зменшити шум, підвищити чіткість, контрастність і виділення деталей, що є критичним для подальшого аналізу.
2. Очищені від шумів і відфільтровані зображення зменшують обсяг даних, що потребують обробки. Це прискорює роботу алгоритмів та знижує навантаження на апаратне забезпечення системи відеоспостереження.
3. Для автоматизованої системи важливо забезпечити високу точність виявлення та ідентифікації об'єктів. Фільтрація допомагає видалити артефакти, які можуть вплинути на розпізнавання, та виділити необхідні для аналізу ознаки.
4. В умовах роботи банкоматів (зовнішній або внутрішній монтаж) часто виникають специфічні проблеми: відблиски, тіні, бруд на камері тощо. Ефективний метод фільтрації дозволяє враховувати ці фактори та адаптуватися до змін навколишнього середовища.

5. Якісна фільтрація забезпечує більш точний аналіз підозрілих дій, ідентифікацію осіб чи номерів карток, що підвищує рівень безпеки банкоматів.
6. Розроблений метод фільтрації слугує фундаментом для інтеграції в модульну архітектуру системи. Його універсальність дозволяє застосовувати модуль у різних банкоматах або доповнювати іншими функціональними елементами.

Таким чином, розробка методу фільтрації є важливою складовою, що забезпечує стабільність, точність та ефективність модуля в контексті автоматизованої системи відеоспостереження банкоматів.

2.1 Розробка методу фільтрації

Модель кольору є абстрактною математичною конструкцією, яка визначає спосіб представлення кольорів у вигляді числових значень, зазвичай трьох або чотирьох компонентів. Найпоширенішими моделями кольору є *RGB* і *Lab* (застосовуються в комп'ютерній графіці), *YIQ*, *YUV* або *YCrCb* (використовуються у відеосистемах), а також *CMYK* (використовується для кольорового друку) [29].

Відомо, що людське око менш чутливе до кольорових характеристик об'єктів, ніж до їх яскравості. У колірній моделі *RGB* всі три компоненти вважаються рівнозначними. Однак більш ефективне представлення кольорового зображення можна досягти, розділивши інформацію про яскравість і колір. Завдяки цьому колірний простір *YCbCr* та його модифікації набули популярності як один із методів оптимального представлення кольорових зображень [29].

Колірний простір $YCbCr$ є лінійною трансформацією моделі RGB . Основне рівняння для перетворення 8-бітних цифрових RGB -даних у номінальний діапазон 16-235 колірного простору $YCbCr$ має вигляд:

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.172 & -0.339 & 0.511 \\ 0.511 & -0.428 & -0.083 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} \quad (2.1)$$

де Y – компонента яскравості (luminance), а Cr і Cb – різниця синього і різниця червоного компонентів колірності (chrominance) [29].

2.1.1 Розподіл шуму на зображеннях

Через подібність поширених шумів до гаусівського багато досліджень зосереджено на аналізі стандартних зображень із штучно доданим гаусівським шумом. Однак результати таких досліджень часто бувають оманливими або недостатньо ефективними для практичного застосування. Кольорові зображення, отримані з цифрових камер, зазвичай містять шум, характеристики якого суттєво відрізняються від штучно згенерованого [30] (рисунок 2.1).

Для півтонових зображень природний розподіл шуму суттєво варіюється залежно від яскравості. У світлих ділянках основним джерелом шуму є статистичні квантові флуктуації, викликані варіаціями кількості фотонів, що досягають сенсора при заданому рівні експозиції. Такий тип шуму, відомий як фотонний дробовий шум, підпорядковується розподілу Пуассона, який у багатьох випадках наближається до гаусівського розподілу.

Окрім цього, існує темновий дробовий шум, спричинений струмом у темнових областях сенсора зображення. Цей тип шуму, часто називаний шумом темногового струму, найбільш помітний у гарячих пікселях. Змінний

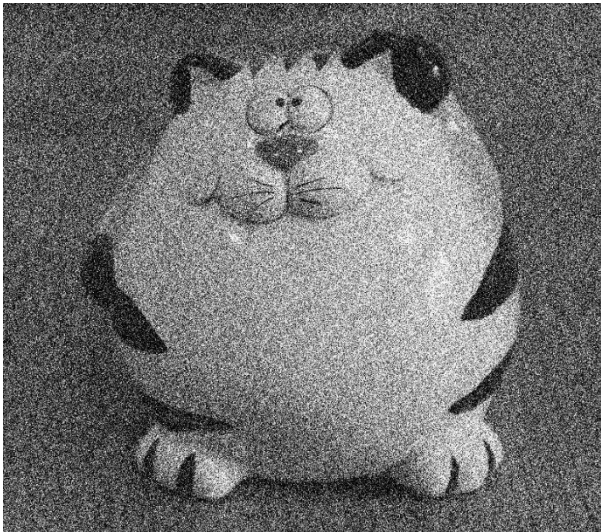
темний заряд, що накопичується у таких пікселях, може бути частково компенсований, залишаючи лише випадкову складову витоку або дробовий шум. При надто тривалому часі експозиції заряд у гарячих пікселях перевищує лінійний поріг сенсора, що призводить до посилення шуму і виникнення артефактів, відомих як шум типу «сіль і перець» [31–33].



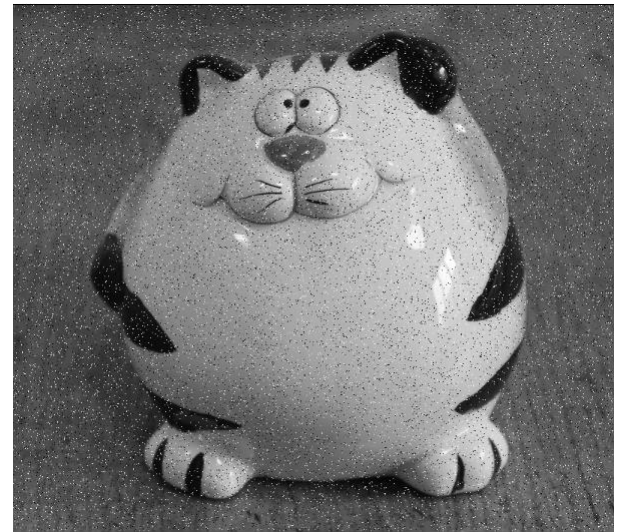
а)



б)



в)



г)

Рисунок 2.1 – Зображення з різними видами шуму:

а) відсутність шуму; б) натуральний шум;

в) адитивний гаусівський шум; г) адитивний шум "сіль та перець"

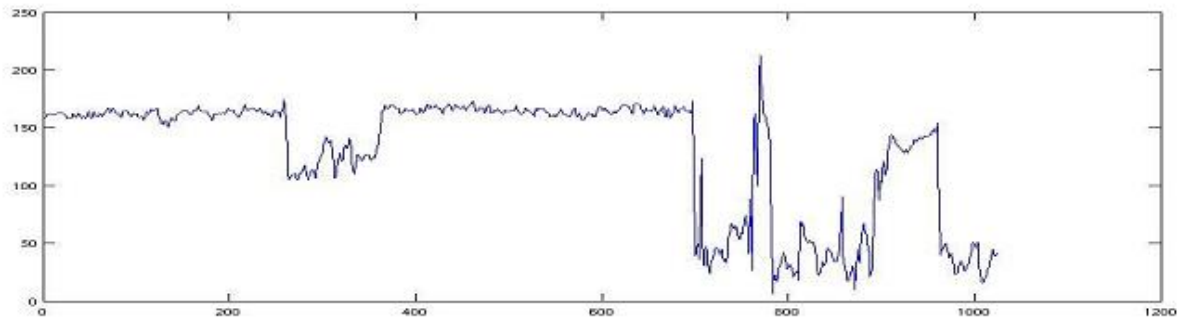
Аналізуючи рисунок 2.1, можна помітити, що розподіл штучного шуму є однорідним, тоді як розподіл натурального шуму має нерівномірний характер. На основі цього можна виділити кілька ключових особливостей:

- Адитивний штучний шум рівномірно розподіляється по всьому зображенню, тоді як реальний шум проявляється нерівномірно, особливо у темних ділянках.
- Інтенсивність реального шуму значно вища в темних областях, ніж у світлих, через природу джерел шуму.
- Адитивний штучний шум є незалежним від значень пікселів, тоді як реальний шум безпосередньо залежить від їхніх значень.

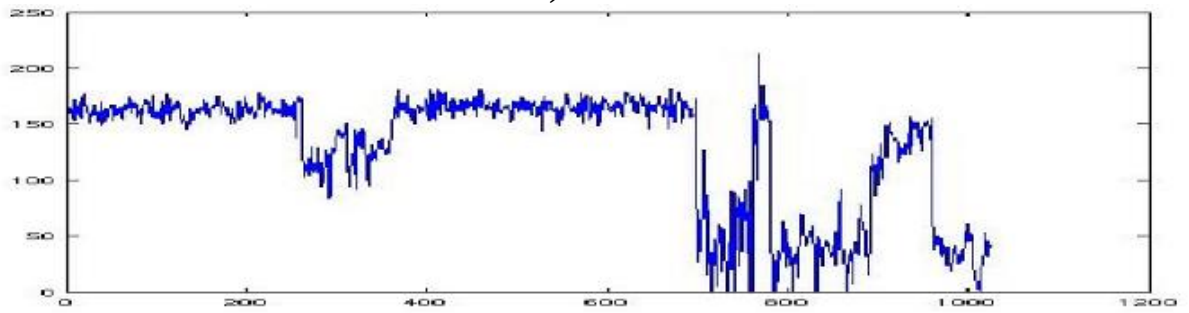
Для наочного розуміння цих відмінностей можна вибрати горизонтальну або вертикальну лінію на зображенні та проаналізувати розподіл шуму у вигляді двовимірного графіка (рисунки 2.2 – 2.4). Це дозволяє більш детально побачити особливості поведінки шуму в залежності від його типу та розташування на зображенні.



Рисунок 2.2 – Лінія проведена на півтоновому зображенні для того, щоб побачити розподіл шуму.

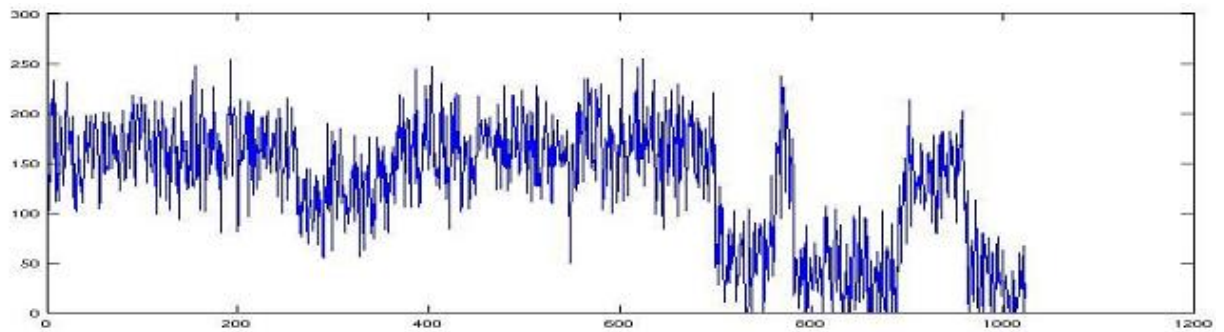


а)

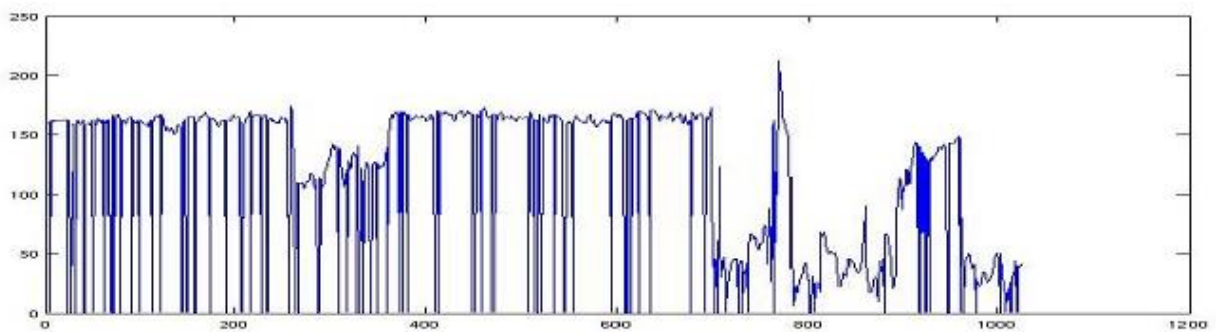


б)

Рисунок 2.3 – Піксельне значення в зображенні: а) без шуму; б) з натуральним шумом.



а)



б)

Рисунок 2.4– Піксельне значення в зображенні: а) з адитивним гаусівським шумом; б) шумом "сіль та перець".

Аналіз рисунка 2.3 показує, що шум значно інтенсивніший у темних ділянках і має нерівномірний характер розподілу.

У свою чергу, з рисунка 2.4 видно, що розподіл шуму на обох зображеннях є однорідним та подібним.

Якщо кольорове зображення було отримано за допомогою пристрою, який використовує шаблон Байєра [31], зелений канал зазвичай містить менше шуму порівняно з червоним і синім. Це зумовлено тим, що для синього каналу застосовується більше підсилення, ніж для червоного чи зеленого, через що синій канал зазвичай є найбільш шумним. Аналогічно, у кольоровому просторі "яскравість-колірність", канал яскравості виявляється менш зашумленим, ніж канали колірності.

2.1.2 Відокремлення кольорових компонентів

Для декомпозиції кольорового простору з трьох каналів $\left(\vec{i}, \vec{j}, \vec{k} \right)$,

кольорове зображення

$$\vec{u}(x) = u_1(x) \vec{i} + u_2(x) \vec{j} + u_3(x) \vec{k} \quad (2.2)$$

та відокремлення кольорових компонентів:

$$\begin{aligned} CR\left(\vec{u}(x)\right) &= CR\left(u_1(x) \vec{i} + u_2(x) \vec{j} + u_3(x) \vec{k}\right) = \\ &= CR_1(u_1(x)) \vec{i} + CR_2(u_2(x)) \vec{j} + CR_3(u_3(x)) \vec{k} \end{aligned} \quad (2.3)$$

де CR_1 , CR_2 та CR_3 – фільтри, які є кореляційними, визначені для трьох каналів.

Наприклад, базовий алгоритм, який застосовує розкладання в просторі Lab та гаусів фільтр:

$$\begin{aligned} CR\left(\vec{u}(x)\right) &= CR\left(u_L(x)\vec{i} + u_a(x)\vec{j} + u_b(x)\vec{k}\right) = \\ &= u_L(x)\vec{i} + G_{h1}(u_a(x))\vec{j} + G_{h2}(u_b(x))\vec{k} \end{aligned} \quad (2.4)$$

На рисунку 2.5 показано порівняння різних методів за критерієм PSNR при штучному додаванні гаусівського шуму різної інтенсивності.

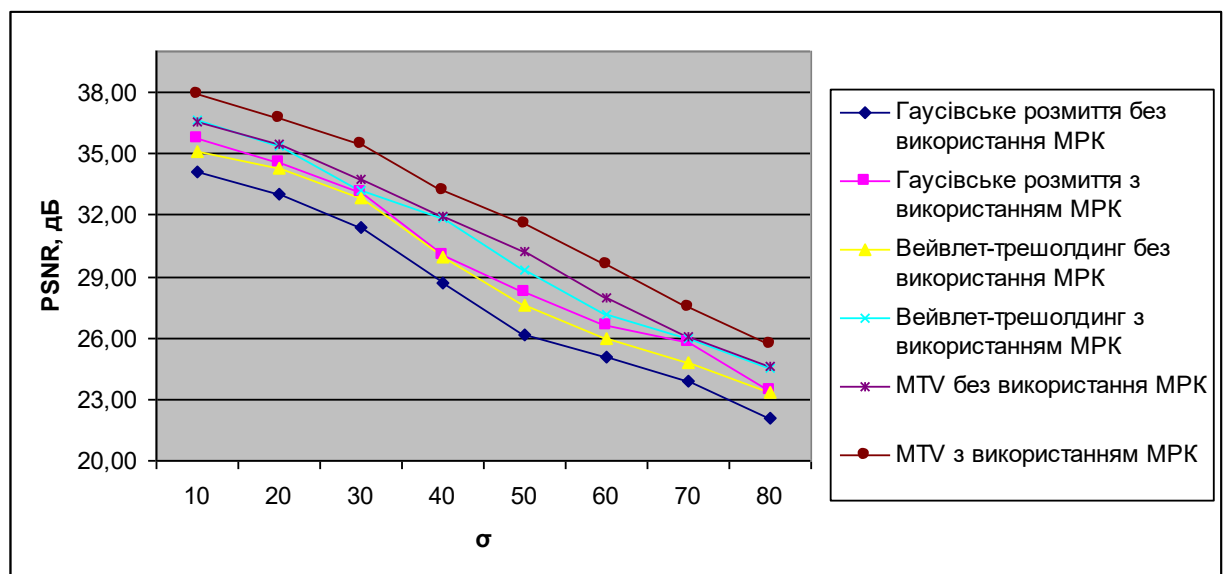


Рисунок 2.5 – Порівняння різних методів за критерієм PSNR при додаванні гаусівського шуму різної інтенсивності

Аналізуючи рисунок 2.5, можна зробити висновок, що методи, що застосовують відокремлення кольорових компонент, демонструють кращі результати за критерієм PSNR. В середньому значення PSNR зросло на 1,5 – 2 дБ.

На рисунку 2.6 наведено порівняння різних методів за критерієм PSNR при додаванні шуму, інтенсивність якого наближається до реального.

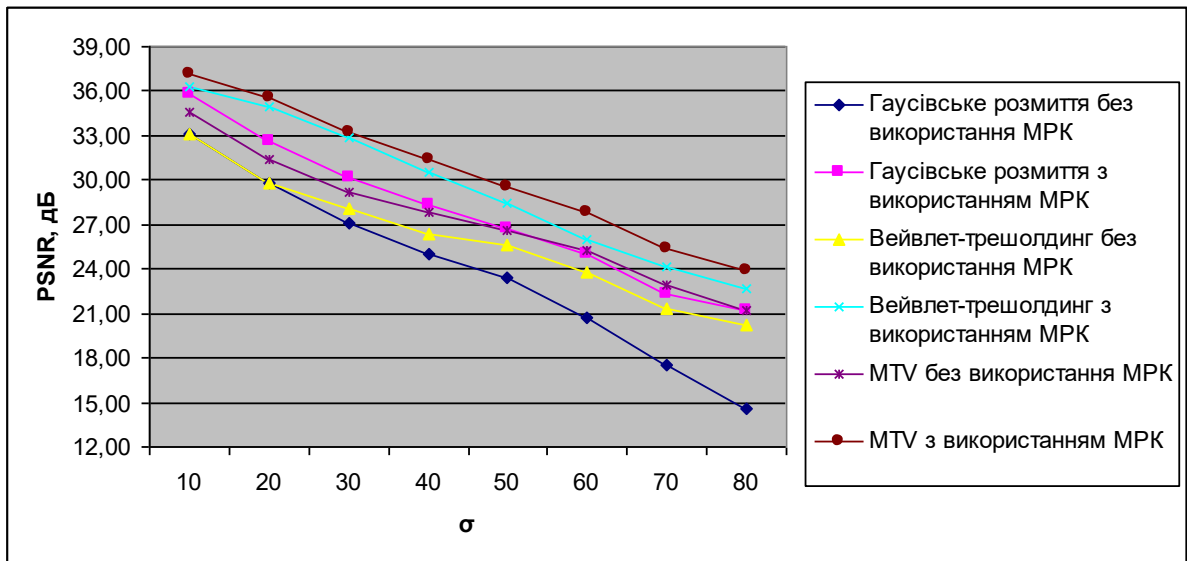


Рисунок 2.6 – Порівняння за критерієм PSNR між різними методами при додаванні шуму різного ступеня близького до реального.

Аналізуючи рисунок 2.6, можна зробити висновок, що методи, які використовують відокремлення кольорових компонентів, демонструють кращі результати за критерієм PSNR. В середньому значення PSNR зросло на 2 – 5 дБ.

Важливо зазначити, що перевага розділення яскравості та колірності полягає в тому, що людське око менш чутливе до розмиття в каналах колірності. Це означає, що при сильному розмитті на каналах колірності (а, b в розкладі Lab або Cr, Cb в розкладі YCbCr) різниця після відтворення буде майже непомітною порівняно з оригінальним зображенням (рисунок [30]).

Проте для каналу яскравості ситуація інша. Навіть незначне розмиття в каналі яскравості буде одразу помітним у відтвореному кольоровому зображенні. Враховуючи ці особливості розкладу "яскравість-колірність", можна застосовувати більш агресивне згладжування для каналів колірності та менш інтенсивне для каналу яскравості.

2.1.3 Модифікація колірного простору $YCrCb$

У стандартних колірних просторах «яскравість-колірність», таких як Lab та $YCrCb$, яскравість може зазнавати спотворень через синій канал, в якому зосереджується шум, як вже зазначалося раніше. Це може призвести до незначного зашумлення каналу яскравості, що вимагає значного знешумлення. Однак така обробка може негативно вплинути на якість кінцевого кольорового зображення. Для вирішення цієї проблеми пропонується новий колірний простір — модифікований $YCrCb$ ($YCrCb_{mod}$). На відміну від оригінального $YCrCb$, в модифікованому просторі канал яскравості Y є лінійною комбінацією лише зеленого та червоного каналів. Таким чином, колірний простір $YCrCb_{mod}$ утворюється через лінійне перетворення з простору RGB :

$$\begin{aligned} Y_{mod} &= (1 - \alpha_R - \alpha_B)G + \alpha_R R + \alpha_B B, \\ Cr_{mod} &= (R - Y) / 1.6, \\ Cb_{mod} &= (B - Y) / 2. \end{aligned} \tag{2.5}$$

де Y_{mod} - "яскравість" у просторі $YCrCb$, коефіцієнти α_R , α_B - рівень шуму червоного та синього каналів відповідно. Припускаємо, що

$$\alpha_R R + \alpha_B B \leq \frac{1}{3}. \tag{2.6}$$

Дане перетворення дозволяє зменшити вплив шуму, характерного для синього каналу, на канал яскравості, що значно поліпшує ефективність знешумлення. У модифікованому просторі $YCrCb_{mod}$ канал яскравості

точніше відображає освітленість сцени, а колірні канали (Cr та Cb) залишаються придатними для обробки колірної інформації. Це забезпечує оптимальний баланс між ефективним видаленням шуму та збереженням природних кольорів. Використання колірного простору $YCrCb_{mod}$ є особливо корисним для алгоритмів обробки зображень у додатках, де важлива висока якість деталей і точна передача кольорів, таких як відеоспостереження або медична діагностика.

2.1.4 Метод «Non-Local Means» з відокремленням кольорових компонентів

Припустимо,

$$\vec{u}(x) = u_Y(x)\vec{i} + u_{Cr}(x)\vec{j} + u_{Cb}(x)\vec{k}, \quad (2.7)$$

де $\vec{i}$, $\vec{j}$, $\vec{k}$ – коефіцієнти простору $YCrCb_{mod}$.

Тоді,

$$\begin{aligned} CNL(\vec{u}(x)) &= CNL(u_1(x)\vec{i} + u_2(x)\vec{j} + u_3(x)\vec{k}) = \\ &= CNL_1(u_Y(x))\vec{i} + CNL_2(u_{Cr}(x))\vec{j} + CNL_3(u_{Cb}(x))\vec{k} \end{aligned} \quad (2.8)$$

Можна зауважити, що для NLM фільтру

$$NL(u)(i) = \sum_{j \in I} w(i, j)u(j), \quad (2.9)$$

де

$$w(i, j) = \frac{1}{Z(i)} e^{-\frac{\|u(N_i) - u(N_j)\|_{2,a}^2}{h^2}}, \quad (2.10)$$

Звідки

$$CNL_1(u_Y)(i) = \sum_{j \in I} w_{Y, h_0}(i, j) u_Y(j), \quad (2.11)$$

$$CNL_2(u_{Cr})(i) = \sum_{j \in I} w_{Y, h_1}(i, j) u_{Cr}(j), \quad (2.12)$$

$$CNL_3(u_{Cb})(i) = \sum_{j \in I} w_{Y, h_2}(i, j) u_{Cb}(j). \quad (2.13)$$

де

$$w_{Y, h}(i, j) = \frac{1}{Z(i)} e^{-\frac{\|u_Y(N_i) - u_Y(N_j)\|_{2,a}^2}{h^2}}. \quad (2.14)$$

Метод «Non-Local Means» (NLM) із відокремленням кольорових компонентів має кілька важливих переваг для фільтрації зображень. Ось основні з них:

1. Збереження деталей і текстур

- NLM аналізує великі області зображення, шукаючи схожі патерни в різних частинах, а не лише у локальному вікні. Це дозволяє зберегти тонкі деталі, текстури та структури зображення, зменшуючи ризик розмиття.

2. Висока ефективність для шумозаглушення

- Метод ефективно усуває гауссівський та спекл-шум, зберігаючи якість зображення, що робить його одним із найкращих для фільтрації зображень з високим рівнем шуму.

3. Відокремлення кольорових компонентів

- При обробці зображень у кольоровому просторі (наприклад, RGB чи Lab), відокремлення кольорових компонентів дозволяє враховувати особливості кожного каналу, що запобігає спотворенню кольорів.

4. Універсальність

- Метод працює однаково добре для кольорових і чорно-білих зображень. Завдяки відокремленню кольорових каналів він адаптується до різних форматів і типів зображень.

5. Висока точність у відновленні зображень

- Завдяки використанню інформації з нелокальних областей, метод може успішно відновлювати зображення навіть у випадках із пошкодженнями чи дефектами.

6. Гнучкість у виборі параметрів

- Можливість налаштування розміру пошукового вікна та параметрів подібності дозволяє адаптувати метод до різних умов, таких як рівень шуму або складність сцени.

7. Зменшення артефактів

- На відміну від деяких інших методів шумозаглушення (наприклад, фільтра Гауса), NLM мінімізує виникнення артефактів, зберігаючи природність і реалістичність зображення.

Метод «Non-Local Means» із відокремленням кольорових компонентів забезпечує баланс між якісним шумозаглушенням і збереженням важливих деталей зображення, що робить його універсальним і потужним інструментом у цифровій обробці зображень.

2.2 Експериментальні дослідження

Для оцінки ефективності методу фільтрації на основі нелокального усереднення були використані стандартні тестові зображення з бази USC-SIPI Image Database [31]. Для кожного зображення було створено чотири варіанти з додаванням адитивного гаусівського шуму з різними значеннями стандартного відхилення: 10, 20, 30 і 40. Після цього до кожного зображення були застосовані чотири методи фільтрації. Перший метод — білатеральний фільтр [5] з параметрами: $\sigma_d = 1,8$, $\sigma_r = 2 \times \sigma_n$, і розмір блоку 11 x 11. Другий метод — NEW SURE [32]. Третій метод — BLS-GSM (Bayes Least-Squares – Gaussian Scale Mixtures) [33]. Четвертий метод — оригінальний фільтр NLM [25]. П'ятий метод — запропонований метод нелокального усереднення, заснований на моделі розділення кольорних компонентів, з параметрами: розмір вікна 7×7; . Дисперсія шуму оцінювалась за допомогою медіани [34]:

$$\sigma_n = \frac{\text{Median}(|Y_{ij}|)}{0,6745}, \quad (2.15)$$

де Y_{ij} – коефіцієнти НН1 субсмуги.

Для оцінки якості зображення після фільтрації був використаний критерій PSNR. Порівняння значень PSNR між різними методами за умовами різного рівня шуму наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Порівняння методів за допомогою критерію PSNR при різних рівнях шуму

Зображення	σ	До фільтра- ції	Білатераль- ний фільтр [89]	New SURE [129]	BLS- GSM [135]	NLM [111]	Запропо- нований метод
Barbara 512×512	10	24,65	32,73	33,32	34,98	33,43	33,92
	20	19,77	28,56	29,21	31,78	29,45	29,85
	30	16,32	26,19	27,39	29,81	28,11	28,71
	40	14,01	25,62	26,23	27,96	26,38	27,28
Boats 512×512	10	24,98	32,57	32,93	33,92	33,02	33,52
	20	20,18	29,45	29,73	30,88	29,97	30,31
	30	16,68	28,22	28,46	29,12	28,72	29,02
	40	14,24	27,24	27,63	28,23	27,91	28,17
Goldhill 512×512	10	24,17	32,34	32,82	33,62	33,11	33,52
	20	19,25	29,49	29,59	30,72	29,86	30,43
	30	16,03	28,22	28,49	29,16	28,72	29,03
	40	13,46	27,11	27,37	28,51	27,71	28,42
Peppers 256×256	10	24,12	33,61	33,89	34,68	34,14	34,45
	20	19,17	30,26	30,63	31,29	30,81	31,17
	30	15,87	28,32	28,58	29,28	28,78	29,11
	40	13,76	26,72	27,21	28,36	27,32	27,93
House 256×256	10	24,74	35,18	35,42	36,71	35,51	35,98
	20	19,93	31,23	31,97	33,77	32,12	32,76
	30	16,55	29,53	30,16	32,09	31,07	31,49
	40	14,23	28,85	29,02	30,78	29,42	30,24
Lena 512×512	10	24,78	34,57	34,82	35,93	35,29	35,51
	20	19,86	31,84	32,25	33,05	32,43	32,87
	30	16,54	29,63	29,95	31,26	30,37	30,97
	40	14,23	28,29	28,83	30,19	28,95	29,27
Середнє		18,65	29,82	30,24	31,50	30,53	31,01

Для досягнення оптимальних результатів при обробці натуральних (реальних) шумів, запропонований метод був протестований на стандартних

зображеннях з бази USC-SIPI Image Database [54], які були розмиті просторовим випадковим шумом, що за своїми властивостями схожий на реальний. Його характерною особливістю є нерівномірний розподіл інтенсивності шуму по зображенню, що може бути спричинено як технічними особливостями сенсорів, так і зовнішніми впливами, такими як вібрації або оптичні викривлення.

Просторовий випадковий шум у цих експериментах створюється за допомогою 2-D синусоїдальної функції того ж розміру, що й вхідне зображення. Стандартне відхилення шуму в кожному пікселі регулюється амплітудою синусоїди. Цей підхід дозволяє створювати шумові патерни, які мають регулярні коливання з різною амплітудою. Регулювання стандартного відхилення шуму в кожному пікселі через амплітуду синусоїди дозволяє отримати реалістичну модель шуму, яка адекватно імітує його фізичну природу в реальних умовах.

Тобто, генерується наступний 2-D сигнал

$$f(x_1, x_2) = (\sin(x_1/T) \sin(x_2/T) + 1)/2, \quad (2.16)$$

де T – період синусоїди.

Для зображення з відсутнім шумом $I(x_1, x_2)$ відповідне зображення з наявністю шуму буде $I(x_1, x_2) + \sigma_d f(x_1, x_2)$. Експеримент відбувався на наборі тестових зображень з відповідними параметрами $T = 10$ та $\sigma_d = 15$.

Такий метод моделювання є надзвичайно корисним для дослідження поведінки фільтрів і алгоритмів шумозаглушення, оскільки він дозволяє вивчити їхню ефективність у складних сценаріях. Зокрема, для методу «Non-Local Means» це надає можливість оцінити його здатність адаптивно обробляти нерівномірно розподілений шум, зберігаючи деталі і текстури зображення. Завдяки цьому, результати експериментів стають більш

репрезентативними для практичного застосування в різних галузях, включаючи обробку медичних, супутникових або промислових зображень.

У таблиці 2.2 представлені результати порівняння запропонованого методу з білатеральним фільтром, методом NLM, методом New SURE та методом BLS-GSM за критерієм PSNR.

Таблиця 2.2 – Порівняння різних методів за критерієм PSNR на зображеннях, що містять просторовий випадковий шум

Зображення	До фільтра- ції	Білатеральний фільтр [89]	NEW SURE [129]	BLS- GSM [135]	NLM [111]	Запропоно- ваний метод
Barbara 512×512	21,76	32,31	28,22	29,75	32,34	32,85
Lena 512×512	22,13	33,27	27,77	31,27	33,48	34,35
Goldhill 512×512	21,58	32,63	28,68	29,92	32,79	33,21
Boat 512×512	22,47	32,79	28,62	30,34	32,96	33,34
House 512×512	22,39	33,02	27,79	31,48	33,27	34,69
Peppers 512×512	21,52	33,68	28,48	31,36	33,19	34,04
Середнє	21,98	32,95	28,26	30,69	33,00	33,75

Аналізуючи отримані результати, можна зробити висновок, що запропонований метод є більш ефективним, оскільки демонструє кращі значення PSNR порівняно з білатеральним фільтром, методом NLM, методом New SURE та методом BLS-GSM. Для візуального порівняння на стандартне

тестове зображення «Lena» (512×512) було додано просторовий випадковий шум. Результати порівняння представлені на рисунку 2.7.



а)



б)



в)



г)

Рисунок 2.7 – Результати візуального порівняння за умов просторового випадкового шуму різними методами:

а) початкове зображення з наявним шумом; б) метод Bayes Shrink [127];
в) білатеральний фільтр [89] з $\sigma_d = 1,8$, $\sigma_r = 5 \times \sigma_n$; г) запропонований метод.

Порівняння результатів за критерієм PSNR між запропонованим методом та іншими методами на зображеннях, до яких був доданий гаусівський шум та просторовий випадковий шум, представлені на рисунках 2.8 та 2.9.

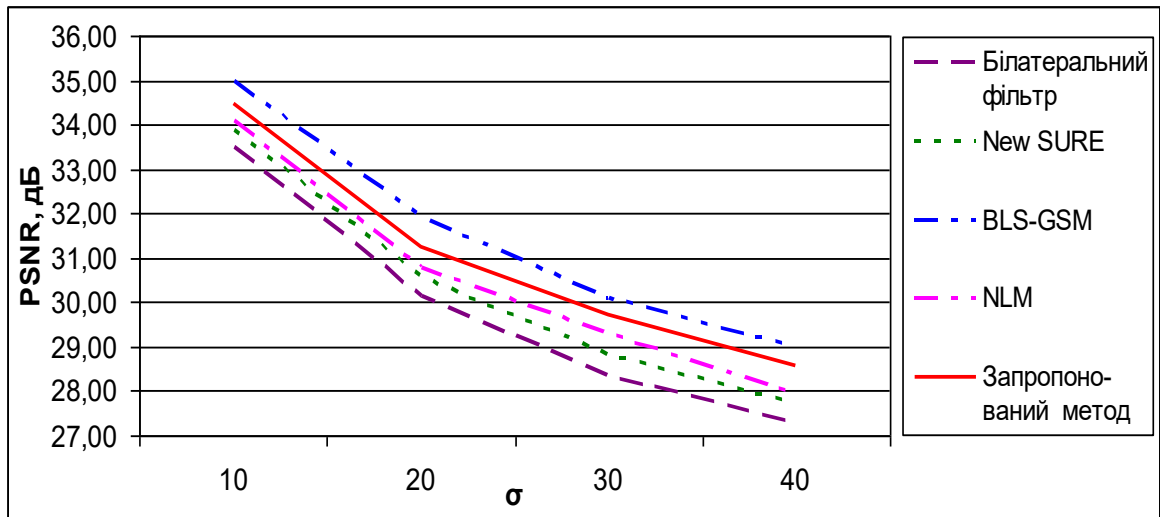


Рисунок 2.8 – Порівняння результатів за критерієм PSNR між різними методами на зображеннях з доданим гаусівським шумом

Запропонований метод, оцінюваний за критерієм PSNR, продемонстрував в середньому кращі результати на 1,2 дБ порівняно з оригінальним білатеральним фільтром, на 0,78 дБ — з методом NEW SURE і на 0,49 дБ — з оригінальним NLM фільтром при фільтрації зображень, до яких було додано гаусівський шум. Однак метод BLS-GSM в середньому показав кращі результати на 0,49 дБ у порівнянні з запропонованим методом. Це може бути пояснено тим, що більшість існуючих методів фільтрації орієнтовані на ефективну обробку зображень з адитивним гаусівським шумом.

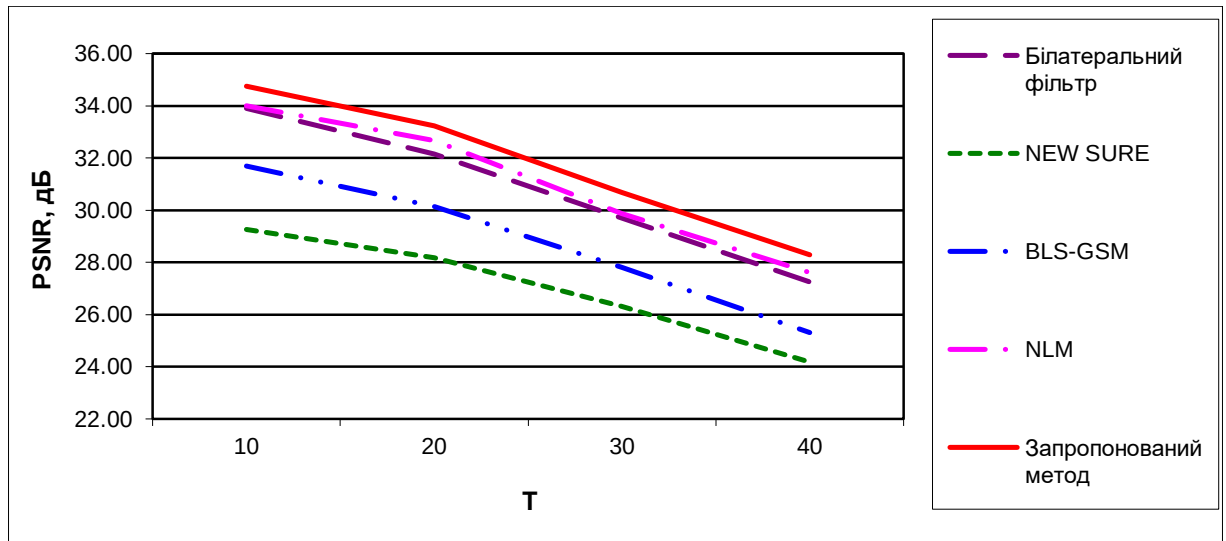


Рисунок 2.9 – Порівняння за критерієм PSNR між різними методами на зображеннях, до яких додано просторовий випадковий шум

Запропонований метод, за оцінкою якості за критерієм PSNR, показав середні переваги на 0,81 дБ порівняно з оригінальним білатеральним фільтром, на 5,5 дБ ефективніше, ніж метод NEW SURE, на 3,07 дБ краще, ніж метод BLS-GSM, та на 0,76 дБ ефективніше за оригінальний NLM фільтр при обробці зображень із просторовим випадковим шумом. Це свідчить про високу ефективність запропонованого методу у зменшенні реального шуму.

Важливо зазначити, що обробка зображень оригінальним фільтром може призвести до втрати кольору. Це відбувається через те, що фільтр орієнтується на пікселі з подібними сірими значеннями без врахування відстані між ними. У [18] зазначено, що оригінальний фільтр досягає найкращих результатів при обробці зображень з періодичною структурою, оскільки може знайти багато схожих блоків для усунення шуму. Проте це створює проблему: у випадку зображень без значної кількості схожих блоків згладжування однорідних областей проходить ефективно, але в областях з малими деталями та значним шумом фільтрація не є достатньо результативною через надмірне згладжування. Натомість використання методу з розділенням колірних компонентів дозволяє зберегти деталі в каналі Y завдяки помірному розмиттю,

в той час як агресивніше розмиття каналів колірності забезпечує більш ефективне усунення шуму, як показано на рисунках 2.10 – 2.11.



а)



б)

Рисунок 2.10 – Результат фільтрації NLM фільтром

а) Зображення, збільшене після застосування оригінального NLM фільтра (3 ітерації);

б) Зображення, збільшене після застосування NLM фільтра, заснованого на моделі розділення кольорів (3 ітерації).

Аналізуючи зображення на рисунку 2.10, можна зазначити, що обидва зображення виглядають досить чистими, однак ліве зображення має значно більше розмиття.



а)



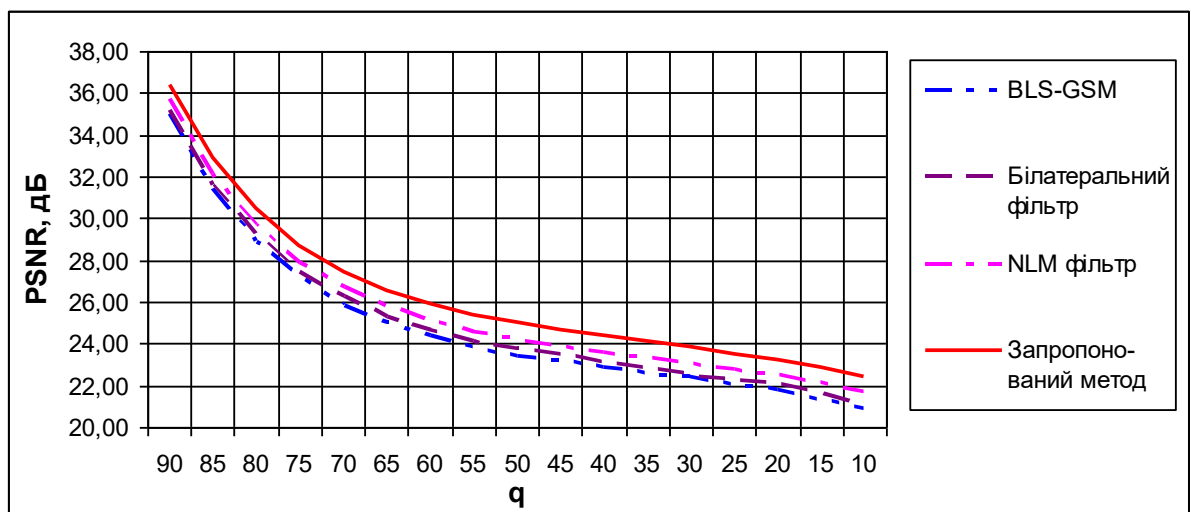
б)

Рисунок 2.11 – Результат фільтрації для синього каналу

а) для зображення 2.10а;

б) для зображення 2.10б.

Аналізуючи зображення на рисунку 2.11, можна відзначити, що праве зображення зберігає набагато більше деталей. Після застосування фільтрації зображення були стиснуті за допомогою алгоритму JPEG з різними значеннями якості q , варіуючи від 10 до 90 з кроком 5. Графік залежності показника PSNR від значення q представлено на рисунку 2.12.

Рисунок 2.12 – Графік залежності показника PSNR від q

Аналізуючи результати, можна зробити висновок, що запропонований метод показує кращі значення PSNR порівняно з білатеральним фільтром, методом NLM та методом BLS-GSM. Крім того, варто зазначити, що критичне значення PSNR = 25 дБ для запропонованого методу досягається при $q=50$, в той час як для оригінального NLM фільтра це значення досягається при $q=60$, а для методів BLS-GSM та білатерального фільтра — при $q=65$.

Результати порівняння коефіцієнтів стиснення між різними методами при значенні PSNR > 25 дБ представлені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Порівняння за розміром зображень між різними методами при показнику PSNR > 25 дБ.

Зображення	Розмір, кБ					
	Оригінальне	Без фільтрації	Білатеральний фільтр [89]	BLS-GSM [135]	NLM [111]	Запропонований метод
Barbara 512×512	768	105	52	54	45	38
Lena 512×512	768	106	51	54	44	38
Goldhill 512×512	768	113	55	57	48	42
Boat 512×512	768	115	54	57	48	43
House 512×512	767	114	58	62	51	45
Peppers 512×512	768	111	56	60	50	44

Таким чином, можна дійти висновку, що запропонований метод є дієвим для зниження впливу реального шуму. Для кожного тестового зображення коефіцієнт стиснення було визначено за такою формулою:

$$k = \frac{S_o}{S_c}, \quad (2.18)$$

де k – коефіцієнт стиснення;

S_o – об'єм вихідних даних;

S_c – об'єм ущільнених даних.

Проаналізувавши результати, можна зазначити, що зображення, оброблені запропонованим методом, мають менший обсяг після стиснення, ніж ті, що були фільтровані за допомогою білатерального фільтра, оригінального методу NLM або методу BLS-GSM. Це пояснюється тим, що розроблений метод більш ефективно усуває шум, залишаючи тільки суттєву інформацію, яка важлива для людського сприйняття. Зменшення шуму та непотрібних дрібних артефактів підвищує ступінь стискання, оскільки кодеки стиснення, наприклад JPEG або JPEG2000, працюють ефективніше на зображеннях із більш однорідними областями.

Використання цього методу фільтрації перед стисненням сприяє значному скороченню витрат пам'яті, необхідної для зберігання цифрових зображень. Це особливо важливо в умовах обмежених ресурсів, наприклад, при архівуванні великих баз даних зображень, передачі зображень через мережі з обмеженою пропускну здатністю або роботі з портативними пристроями із обмеженим обсягом пам'яті. Економія пам'яті також позитивно впливає на швидкість передачі даних і знижує витрати на інфраструктуру зберігання.

Крім того, запропонований метод демонструє свої переваги в контексті збереження візуальної якості зображень після стиснення. Навіть за високих рівнів стиснення, оброблені зображення зберігають чіткість і основні деталі, що робить їх більш придатними для використання в галузях, де якість є критичною. Таким чином, розроблений підхід забезпечує не лише економію ресурсів, але й сприяє підвищенню ефективності та функціональності цифрової обробки зображень.

Порівняльні результати за коефіцієнтом стиснення для різних методів при значенні PSNR > 25 дБ подано в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Порівняння за коефіцієнтом стиснення між різними методами при показнику PSNR > 25 дБ.

Зображення	Коефіцієнт ущільнення					
	Оригінальне	Без фільтрації	Білатеральний фільтр [89]	BLS-GSM [135]	NLM [111]	Запропонований метод
Barbara 512×512	1	7,31	14,65	14,22	17,07	20,21
Lena 512×512	1	7,25	15,06	14,22	17,45	20,21
Goldhill 512×512	1	6,80	13,96	13,47	16,00	18,29
Boat 512×512	1	6,68	14,22	13,47	16,00	17,86
House 512×512	1	6,73	13,22	12,37	15,04	17,04
Peppers 512×512	1	6,92	13,71	12,8	15,36	17,45
Середнє	1	6,95	14,14	13,43	16,15	18,51

З аналізу отриманих даних можна зробити висновок, що попередня якісна фільтрація зображення від шуму істотно впливає на підвищення коефіцієнта стиснення. Використання запропонованого методу фільтрації перед стисненням за алгоритмом JPEG забезпечило середнє збільшення коефіцієнта стиснення на 266% у порівнянні з стисненням без фільтрації. У порівнянні з іншими методами фільтрації, підвищення склало в середньому від 14,6% до 37,8%, при цьому зберігався показник якості PSNR на рівні > 25 дБ.

2.3 Розроблення узагальненої методики дослідження модуля фільтрації цифрових зображень

Методика дослідження модуля фільтрації цифрових зображень складається з наступних етапів:

1. Визначення типу вхідних зображень (півтонове або кольорове).
2. Фільтрація отриманих зображень.
3. Стиснення кодеком з втратами.
4. Оцінювання коефіцієнта стиснення.
5. Оцінювання якості стиснення зображень.
7. Оцінювання якості отриманих зображень.

Для фільтрації отриманої відеопослідовності:

- а) виконується розбиття відеопослідовності на кадри;
- б) до кожного кадру:
 - у випадку 8-ми бітної півтонової відеопослідовності застосовується кратномасштабний білатеральний фільтр з відповідними налаштуваннями параметрів;
 - у випадку 24-х бітної повнокольорової відеопослідовності:
 - виконується переведення зображення у колірний простір *YCrCb_mod*;

- виконується фільтрація зображення з використанням відповідного фільтру на основі МРК.
- виконується зворотне перетворення у колірний простір RGB.

в) виконується компонування відеопослідовності з оброблених кадрів.

Для ущільнення відеопослідовності використовуються наступні кодеки:

- покадрові (MJPEG);
- міжкадрові (H.264, MPEG-4 (XVID)).

Параметри стиснення:

- «висока якість»;
- «середня якість».

Коефіцієнт стиснення оцінюється за формулою (2.16):

Якість отриманої після стиснення відеопослідовності оцінюється за суб'єктивними критеріями на основі експертних оцінок та за кількісним показником – BIQI.

Для суб'єктивного оцінювання якості застосовувалося програмне забезпечення MSU Perceptual Video Quality Tool та метод оцінювання SCACJ (Stimulus Comparison Adjectival Categorical Judgement), описаний у стандарті ITU-R BT.500-11 [55]. Відеоматеріали демонструвалися парами одночасно (див. рисунок 2.12), після чого експерт мав оцінити їх якість, використовуючи порівняльну шкалу (див. рисунок 2.14).

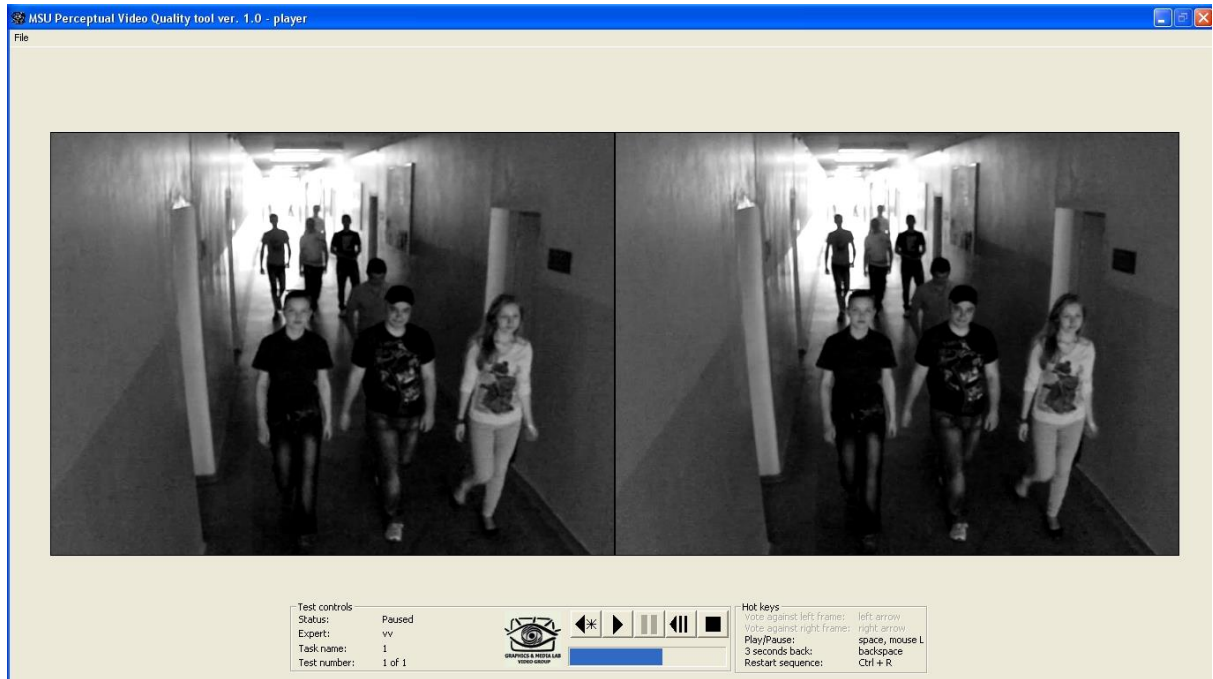


Рисунок 2.13 – Оцінювання якості відео за методом SCACJ

Give your mark! (SCACJ method)

Please, choose your opinion about the quality of the LEFT picture compared to the quality of the RIGHT picture (for example, choosing -2 or -3 means that the LEFT picture is slightly worse than the RIGHT one).

Much worse Worse Slightly worse The same Slightly better Better Much better

-3 -2 -1 0 1 2 3

Circles symbolize your opinion on left and right video correspondingly. Red circle means that video is bad, and green means that video is good.

Your choice: 0

Watch again OK

Рисунок 2.14 – Шкала порівняння якості для оцінювання за методом SCACJ

Результати оцінювання зберігаються у файлі *.csv. За результатами оцінювання всіх експертів обчислюється середня суб'єктивна оцінка MOS:

$$MOS_k = \sum_{i=1}^{e_num} \frac{mark_{i,k}}{e_num} \quad (2.17)$$

де k – номер відеопослідовності, для якої обчислюється оцінка;

$mark_{i,k}$ – оцінка, поставлена i -м експертом k -й відеопослідовності;

e_num – загальна кількість експертів.

Для кількісного оцінювання якості відеозображень використовується показник BIQI, який враховує 5 типів спотворень зображення: спотворення, які вносить алгоритм ущільнення JPEG (JPEG); спотворення, які вносить алгоритм ущільнення JPEG2000 (JP2K); шум (NOISE); розмивання зображення (BLUR); спотворення під час передвання – fast fading (FF) [56].

На рисунку 2.15 наведено процес оцінювання за показником BIQI.

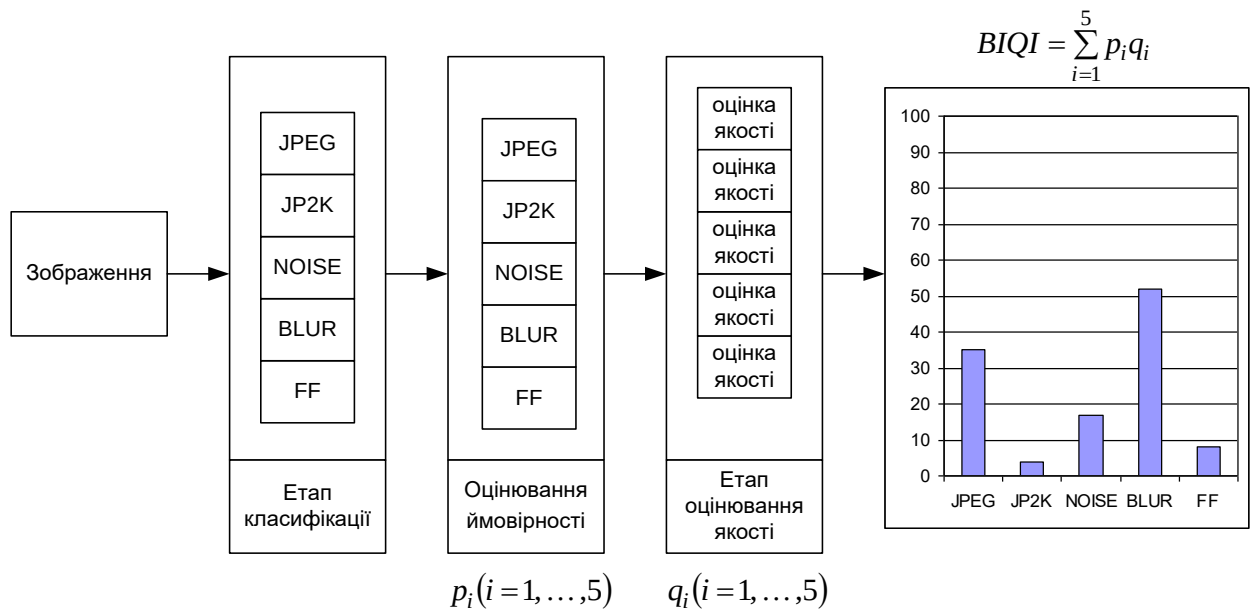


Рисунок 2.15 – Процес оцінювання за показником BIQI

Процес оцінювання складається з наступних етапів:

- визначення типів спотворення;
- класифікація спотворень;
- оцінювання ймовірності кожного спотворення $p_i \{i = 1, \dots, 5\}$;
- оцінювання якості за кожним типом спотворення $q_i \{i = 1, \dots, 5\}$;
- додавання всіх оцінок за формулою:

$$BIQI = \sum_{i=1}^5 p_i q_i, \quad (2.18)$$

де p_i – оцінка ймовірності спотворення;

q_i – оцінка якості;

Значення показника якості BIQI знаходяться в межах від 0 до 100 (0 – найкраща якість, 100 – найгірша якість). Чим менше значення показника BIQI, тим краща якість зображення. Для визначення показника BIQI використовується програмне забезпечення «BIQI Software release» [56].

Для суб'єктивної оцінки якості використовується програмне забезпечення MSU Perceptual Video Quality tool та метод оцінювання SAMVIQ (Subjective Assessment Method for Video Quality evaluation) [55]. Під час тесту експерт може програвати будь-яку послідовність з тестового набору і давати їй свою оцінку (рисунок 2.16).

Рисунок 2.16 – Шкала порівняння якості для оцінювання за методом SAMVIQ

Результати оцінювання зберігаються у файлі *.csv. За результатами оцінювання всіх експертів обчислюється середня суб'єктивна оцінка MOS за

формулою (2.17). Для кількісного оцінювання якості відеозображень використовується показник BIQI.

2.4 Висновки до розділу

У даному розділі було розглянуто основи розробки методу фільтрації цифрових зображень із акцентом на вирішення задачі зменшення шуму в умовах автоматизованої системи відеоспостереження банкоматів для реалізації модуля фільтрації цифрових зображень. Було проаналізовано вплив шумів різних типів, таких як адитивний гаусівський шум і шум "сіть та перець", а також особливості природного шуму, який є неоднорідним і більш інтенсивним у темних ділянках зображень.

Переваги використання кольірних просторів, таких як YCbCr та Lab, під час фільтрації цифрових зображень, було підтверджено експериментальними даними. Зокрема, було встановлено, що розділення яскравості та кольірності дозволяє ефективніше усувати шуми, зберігаючи якість зображень, оскільки людський зір менш чутливий до змін у кольірності порівняно з яскравістю.

Запропонована модель на основі розділення кольірних компонентів показала переваги у зменшенні шуму, що підтверджується підвищенням показника PSNR на 1,5–5 дБ залежно від типу шуму. Особливістю методу є можливість більш агресивної обробки каналів кольірності без значної втрати якості зображення.

Таким чином, розроблений підхід до фільтрації з використанням розкладання "яскравість-кольірність" є ефективним і універсальним рішенням для обробки кольорових зображень в автоматизованих системах відеоспостереження.

3 СТРУКТУРА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ МОДУЛЯ ФІЛЬТРАЦІЇ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

3.1 Структура процесу фільтрації зображення

Процес роботи системи відеоспостереження з фільтрацією зображень та їх збереженням у сховищі даних для подальшого використання можна описати наступним чином:

1. Камери встановлюються для зйомки та передачі відеоданих. Вони є джерелом зображень, які передаються в систему.
2. Отримані з камер дані проходять попередню обробку. Цей етап включає корекцію кадрів, покращення якості зображень, а також підготовку їх для подальшої обробки.
3. Оброблені кадри передаються на модуль фільтрації, який усуває шуми, артефакти та інші недоліки, що впливають на якість відео. Після цього фільтровані дані готові до використання.
4. Відфільтровані зображення зберігаються в сховищі даних. Це дозволяє забезпечити доступ до записів у майбутньому.
5. Через інтерфейс моніторингу надається доступ до записаних даних або даних у реальному часі. Це дозволяє операторам переглядати відео та аналізувати інформацію.
6. Система також передбачає можливість передачі зображень у реальному часі з камер через модуль фільтрації прямо в інтерфейс моніторингу, що забезпечує оперативність доступу до поточної ситуації.

Структура роботи підсистеми відеоспостереження з модулем фільтрації зображень представлена на рисунку 3.1.



Рисунок 3.1 – Структура роботи підсистеми відеоспостереження з модулем фільтрації зображень

Процес фільтрації цифрового зображення можна розділити на такі етапи:

1. Завантаження вихідного зображення.
2. Аналіз завантаженого зображення для визначення його кольорового простору (RGB або інший).
3. У випадку, якщо зображення визнане як кольорове RGB:
 - Перетворення зображення з простору RGB у простір YCrCb_mod.
 - Вибір методу обробки, базованого на моделі розділення колірних компонент.

- Встановлення відповідних параметрів фільтрації та застосування фільтрування до зображення.

4. Збереження обробленого зображення.

Завантаження зображення (`loadImage`): Використовується функція `cv::imread` для читання зображення з файлу. Якщо зображення не вдалося завантажити, викидається виключення.

Аналіз кольорового простору (`determineColorSpace`): Простий аналіз на основі кількості каналів. Якщо зображення має 3 канали, воно вважається RGB. За необхідності можна розширити цей функціонал для більш складного аналізу.

Перетворення у `YCrCb_mod` (`convertToYCrCb_mod`): Використовується функція `cv::cvtColor` для перетворення зображення з BGR (стандартний формат в OpenCV) у `YCrCb`.

Вибір методу обробки (`selectProcessingMethod`): У даному прикладі метод вибирається статично як медіанний фільтр, але можна реалізувати динамічний вибір на основі певних критеріїв або користувацького вводу.

Застосування фільтру (`applyFilter`): Залежно від обраного методу застосовується відповідний фільтр. Наприклад, медіанний фільтр добре підходить для видалення соло-перцю шуму.

Збереження зображення (`saveImage`): Використовується функція `cv::imwrite` для збереження обробленого зображення у файл.

Основна функція (`main`): Координує всі етапи, обробляючи вхідні аргументи командного рядка, викликаючи відповідні функції та обробляючи можливі помилки.

Якщо необхідно підтримувати інші кольорові простори, функцію `determineColorSpace` можна розширити для їх виявлення.

Розмір ядра фільтра та інші параметри можуть бути зроблені налаштовуваними через додаткові аргументи командного рядка або конфігураційні файли.

Для обробки великих зображень або відео можна розглянути оптимізацію коду та використання паралельних обчислень.

У модифікованому просторі YCrCb можна окремо обробляти різні компоненти (Y, Cr, Cb) залежно від специфіки шуму та вимог до якості зображення.

Ця структура дозволяє легко розширювати та модифікувати алгоритм фільтрації відповідно до конкретних вимог проекту.

Діаграма класів представлена на рисунку 3.2.

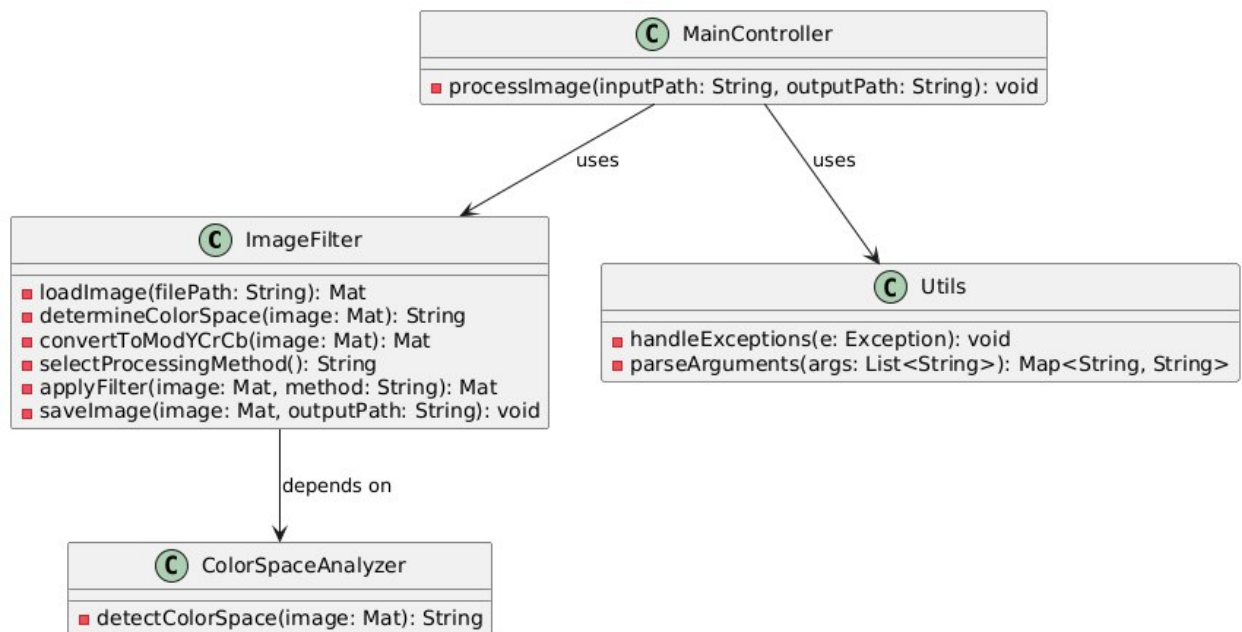


Рисунок 3.2 – Діаграма класів процесу фільтрації цифрового зображення

Діаграма варіантів використання наведена на рисунку 3.3.



Рисунок 3.3 – Діаграма варіантів використання фільтрації цифрового зображення

Схема програми для фільтрації цифрових зображень з штучним шумом наведена в додатку Г.

Розробка модуля фільтрації цифрових зображень є важливим етапом обробки вхідних даних для автоматизованої системи відеоспостереження банкомату. Однак ефективна робота системи не обмежується лише попередньою обробкою. Висока якість зображень часто супроводжується

значними обсягами даних, що створює додаткове навантаження на системи зберігання та передачі інформації.

Це зумовлює необхідність розробки модуля стиснення цифрових зображень, який дозволить оптимізувати оброблені дані, зберігаючи критично важливу інформацію. Стиснення стане наступним логічним етапом після фільтрації, забезпечуючи не лише зменшення обсягів даних, але й підвищення загальної ефективності системи.

Структура роботи підсистеми відеоспостереження з модулем фільтрації зображень та модулем стиснення представлена на рисунку 3.4.

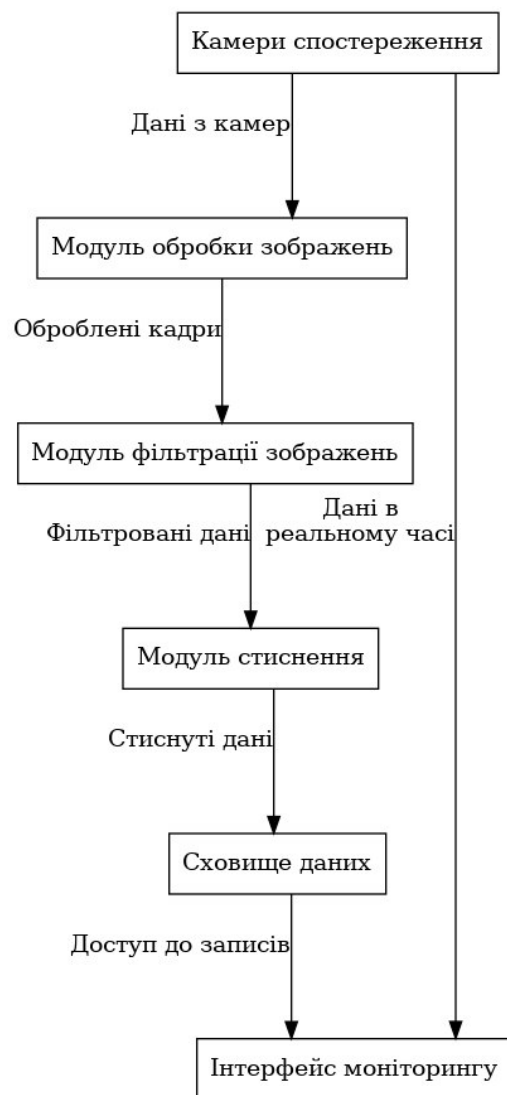


Рисунок 3.4 – Структура роботи підсистеми відеоспостереження з модулем фільтрації зображень та модулем стиснення.

3.2 Розробка програмного забезпечення

Розроблене програмне забезпечення використовує мову програмування C++ та середовище Microsoft Visual Studio 2022. Для його використання потрібен комп'ютер класу Pentium Dual-Core або більш сучасний, який працює під управлінням операційних систем Windows 7/8/10. Мінімальний обсяг оперативної пам'яті повинен бути не менше 2048 Мбайт. Розмір встановлювального файлу становить 3,5 Мбайт. Інтерфейс програми реалізований українською мовою, а головне вікно програми показане на рисунку 3.3.

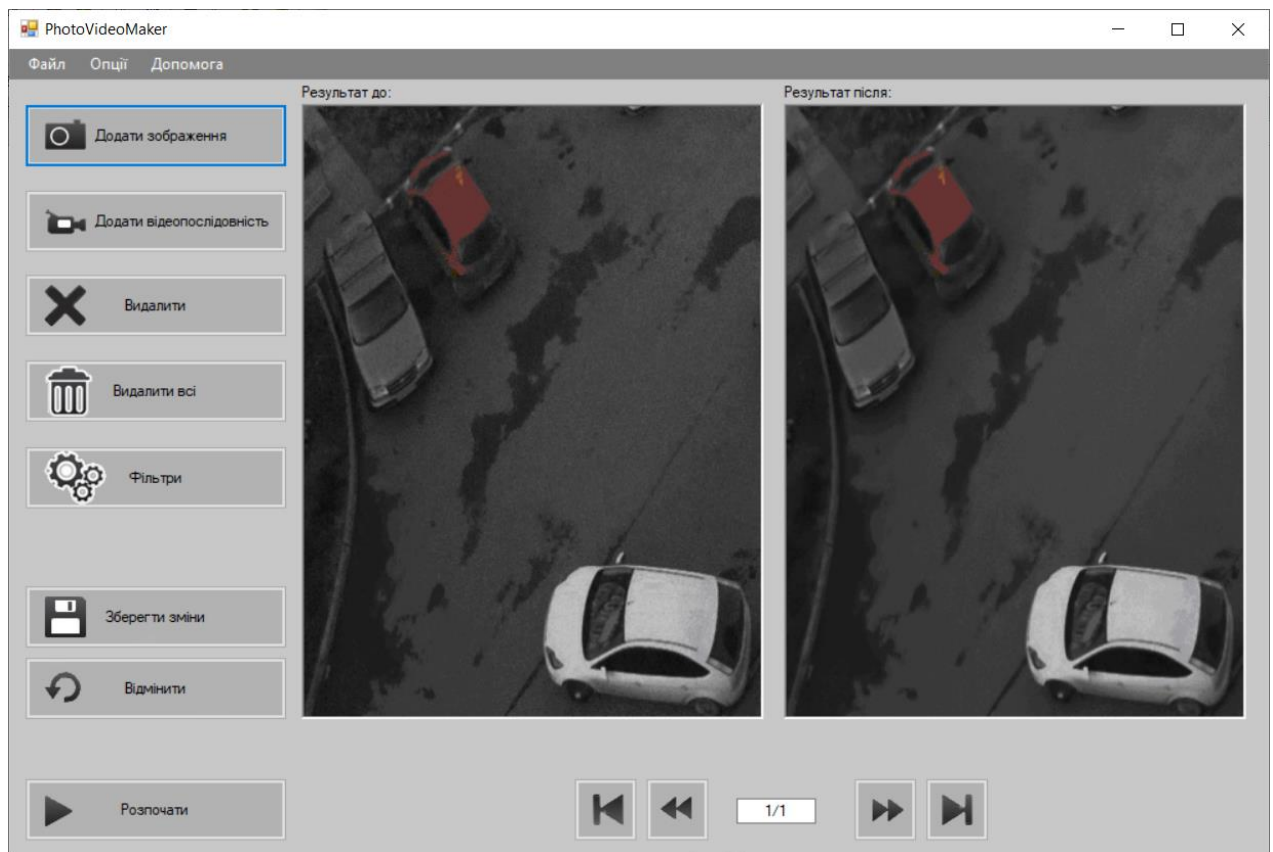


Рисунок 3.3 – Головне вікно програми

Програмне забезпечення надає можливість вибору файлів для обробки через навігаційний файловий менеджер. Вхідними даними для програми є цифрові кольорові зображення у таких форматах: JPEG, PNG, TIFF, BMP, TIF,

JPG, JPE. Користувач може переглядати обране зображення або послідовність зображень за допомогою чотирьох кнопок, розташованих у нижній частині головної форми, а також обирати зображення для фільтрації.

Процес фільтрації зображень виконується за допомогою спеціальної кнопки "Фільтри", яка відкриває панель з параметрами для налаштування фільтрації. Для методу, заснованого на нелокальному усередненні, користувачу надається можливість вибору різноманітних параметрів налаштування, як ілюстровано на рисунку 3.4.

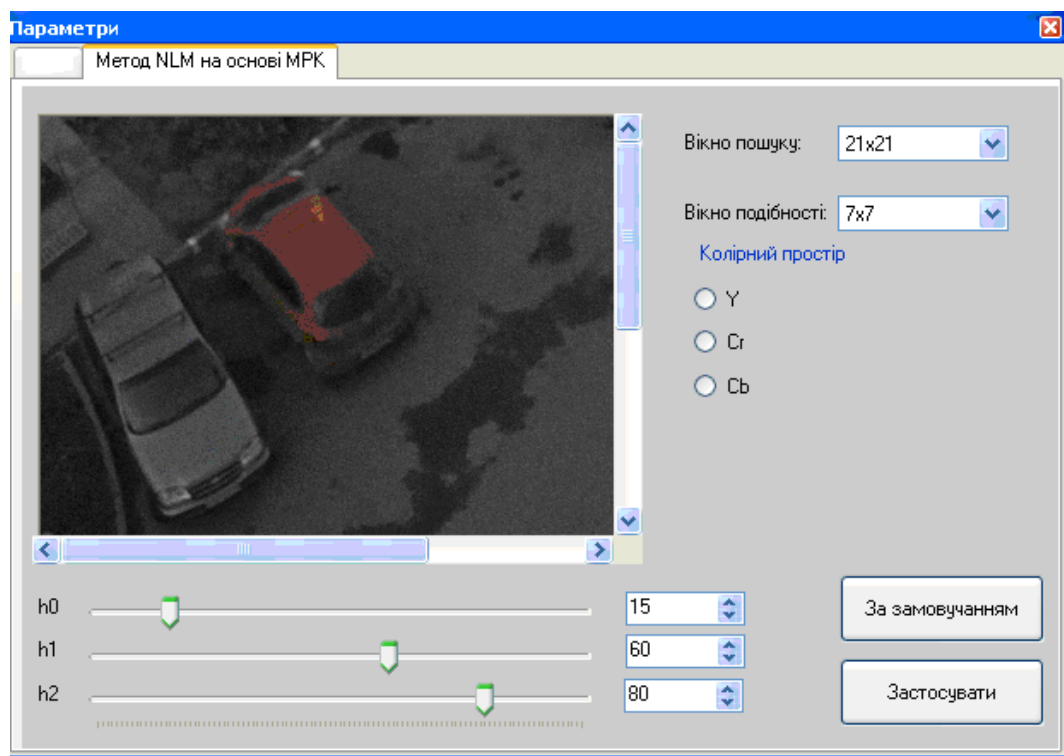


Рисунок 3.4 – Вибір параметрів фільтрації запропонованого методу на основі нелокального усереднення

Налаштування методу фільтрації цифрових кольорових зображень на основі нелокального усереднення включають такі параметри:

- Вікно пошуку.
- Вікно подібності.
- Контроль ступеня фільтрації в каналі яскравості Y .
- Контроль ступеня фільтрації в каналі колірності Cr

- Контролю ступеня фільтрації в каналі колірності Cb .

Програмне забезпечення забезпечує функцію попереднього перегляду, яка дозволяє відобразити результат фільтрації для кожного з каналів зображення окремо після налаштування параметрів. Такий підхід дає змогу користувачу оптимально підбирати значення параметрів для кожного каналу та оцінювати ефективність фільтрації до її фактичного застосування.

3.3 Висновки до розділу 3

У даному розділі було розроблено та описано структуру програмного забезпечення для модуля фільтрації цифрових зображень. Було окреслено ключові етапи процесу фільтрації, починаючи від завантаження зображення і завершуючи збереженням результату після обробки. Особливий акцент було зроблено на методах роботи із кольоровими зображеннями у просторі RGB та їх перетворенні в модифікований простір YCrCb для подальшої обробки.

Програмне забезпечення дозволяє користувачам легко обирати файли для обробки та налаштовувати параметри фільтрації, що підвищує його гнучкість і зручність у використанні. Використання фільтрації на основі нелокального усереднення дає змогу досягти високої якості обробки зображень, завдяки можливості тонкого налаштування параметрів фільтрації для різних компонентів зображення.

Таким чином, розроблене програмне забезпечення є гнучким і потужним інструментом для фільтрації цифрових зображень, який можна легко адаптувати до конкретних завдань. Його структура та функціонал дозволяють проводити якісну обробку зображень у реальному часі або у форматі постобробки, забезпечуючи при цьому можливість подальшого розширення та оптимізації.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання роботи успішно розроблено та спроектовано модуль фільтрації цифрових кольорових зображень, призначений для автоматизованої системи відеоспостереження банкоматів. Метою розробки було підвищення ефективності фільтрації зображень, зокрема шляхом усунення шумів, що є критично важливим для точного аналізу та розпізнавання об'єктів у системах безпеки банкоматів.

Для досягнення цієї мети було виконано низку завдань. Спочатку було проведено аналіз сучасних методів фільтрації цифрових кольорових зображень, зокрема в контексті їх застосування в системах відеоспостереження для банкоматів. Аналіз показав, що більшість існуючих методів орієнтовані на обробку півтонових зображень із штучним шумом, в той час як реальні зображення, отримані з цифрових камер банкоматів, часто містять природні шуми, з якими складно ефективно працювати за допомогою стандартних методів. Існуючі алгоритми часто не забезпечують достатнього зниження шуму або є надто складними для інтеграції в автоматизовані системи.

На основі цього аналізу було розроблено модуль фільтрації, що базується на методі нелокального усереднення з використанням модифікованого кольорового простору $YCrCb_mod$. Цей метод дозволяє значно покращити якість зображень, зменшуючи шум, зберігаючи при цьому важливі деталі. Розроблений метод показав приріст у показнику PSNR в середньому на 0,5–2,5 дБ і значне підвищення візуальної якості зображень із просторово змінним шумом.

Також було проведено експериментальне дослідження розробленого модуля фільтрації, результати якого підтвердили ефективність запропонованого підходу для зменшення шуму в реальних умовах зйомки. У рамках експерименту було оцінено якість зображень до та після фільтрації, а

також порівняно показники PSNR, що підтвердило значне покращення результатів порівняно з іншими методами.

Далі було розроблено програмне забезпечення, яке реалізує розроблений метод фільтрації у вигляді зручного та інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу для налаштування параметрів фільтрації. Це програмне забезпечення забезпечує високу гнучкість, дозволяючи користувачам адаптувати параметри фільтрації для кожного каналу зображення (яскравість та кольорові компоненти), що дає змогу досягти оптимальних результатів обробки зображень.

Таким чином, виконання поставлених завдань підтвердило, що розроблений модуль фільтрації є ефективним інструментом для обробки зображень у системах відеоспостереження банкоматів, забезпечуючи високу якість відеозображень, необхідну для точного аналізу та розпізнавання. Розроблений метод фільтрації забезпечує значне зниження шуму, зберігаючи важливі деталі зображень, що сприяє підвищенню безпеки та ефективності відеоспостереження.

Таким чином, створено ефективний модуль фільтрації зображень, який легко інтегрується в автоматизовані системи відеоспостереження банкоматів. Цей модуль значно покращує якість обробки зображень, сприяючи підвищенню рівня безпеки та ефективності аналізу відеоданих.

Розробка модуля фільтрації цифрових зображень є ключовим етапом обробки вхідних даних для автоматизованої системи відеоспостереження банкомату. Проте для забезпечення повноцінної ефективності системи недостатньо обмежитися лише попередньою обробкою. Високоякісні зображення зазвичай мають великий обсяг даних, що створює значне навантаження на засоби зберігання та передачі інформації.

У зв'язку з цим постає необхідність у розробці модуля стиснення цифрових зображень, який дозволить оптимізувати оброблені дані, зберігаючи їхню ключову інформацію. Стиснення слугує наступним логічним кроком

після фільтрації, сприяючи зменшенню обсягу даних і підвищенню загальної продуктивності системи.

Отже, друга частина роботи буде зосереджена на розробці модуля стиснення, який є невід'ємною складовою комплексного процесу обробки зображень у межах даної системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бернд Я. Основи цифрової обробки зображень / Я. Бернд. — Київ : Наукова думка, 2007. — 256 с.
2. Добеши І. Обробка зображень в системах безпеки / І. Добеши. — Х.: ХНУРЕ, 2015. — 320 с.
3. Alstom launches new Alspa Series 6 control system offering [Електронний ресурс] // Control Engineering. — 2009. — URL: <https://www.controleng.com/articles/alstom-launches-new-alspa-series-6-control-system-offering/>
4. Донохо Д. А. Статистичні методи обробки зображень / Д. А. Донохо, Е. Л. Браун. — Київ : Видавничий дім «КМ Академія», 2008. — 360 с.
5. Pan, Y., & Wang, S. Image denoising based on non-local means and wavelet thresholding [Електронний ресурс] // Journal of Visual Communication and Image Representation. — 2013. — Vol. 24, Issue 4. — P. 416-426. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.jvci.2013.02.005>
6. Zhang, K., & Li, X. Image denoising based on the non-local means algorithm: A comprehensive review [Електронний ресурс] // Journal of Visual Communication and Image Representation. — 2020. — Vol. 75. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.jvci.2020.102834>
7. Zhou, W., & Yang, C. Image Processing Techniques in Intelligent Surveillance Systems [Електронний ресурс] // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems. — 2019. — Vol. 49, No. 3. — P. 598-610. — URL: <https://doi.org/10.1109/TSMC.2018.2857516>
8. Коваленко М. В. Цифрова обробка зображень для систем відеоспостереження / М. В. Коваленко. — К. : Наукова думка, 2011. — 340 с.
9. Сапожніков С. В. Теорія та практика обробки зображень : підручник / С. В. Сапожніков, Т. П. Лисенко. — Х. : ХНУРЕ, 2018. — 290 с.

10. Баранник О. В. Основи цифрової обробки зображень та їх застосування в системах безпеки / О. В. Баранник. — Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2016. — 350 с.
11. Tsaftaris, S. A., & Kappas, M. Image Denoising using Sparse Representations and Non-Local Means [Електронний ресурс] // IEEE Transactions on Image Processing. — 2017. — Vol. 26, No. 5. — P. 2357-2369. — URL: <https://doi.org/10.1109/TIP.2017.2655861>
12. Гнатюк О. О. Технології обробки зображень в системах відеоспостереження / О. О. Гнатюк. — К. : Наукова думка, 2018. — 330 с.
13. Баранов С. А. Системи відеоспостереження: проектування та реалізація / С. А. Баранов. — Одеса : Астрон, 2013. — 300 с.
14. Xu, L., & Zheng, X. Image Denoising Based on Non-local Means and Total Variation [Електронний ресурс] // Signal Processing. — 2019. — Vol. 159. — P. 129-136. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.sigpro.2018.10.025>
15. Кривенко О. П. Методики обробки зображень в системах відеоспостереження / О. П. Кривенко. — К. : Техніка, 2015. — 320 с.
16. Грабовський І. М. Обробка зображень в системах відеоспостереження / І. М. Грабовський. — Львів : Растр-7, 2018. — 200 с.
17. Коренівський Д. Г. Дестабілізуючий ефект параметричного білого шуму в неперервних та дискретних динамічних системах / Коренівський Д. Г. — К. : Ін-т математики, 2006. — 111 с. — (Математика та її застосування) (Праці / Ін-т математики НАН України ; т. 59).
18. Gonzalez R. C., Woods R. E. Digital Image Processing / R. C. Gonzalez, R. E. Woods. — 4th ed. — Upper Saddle River, NJ : Pearson, 2018. — 1104 p.
19. Сидоренко О. М. Обробка зображень та комп'ютерна графіка : підручник / О. М. Сидоренко. — К. : Наукова думка, 2017. — 352 с.
20. Пташник І. І. Основи теорії обробки зображень / І. І. Пташник. — Львів : ЛНУ, 2019. — 275 с.

21. Копанівський В. В. Системи автоматизованого відеоспостереження : підруч. / В. В. Копанівський. — К. : Техніка, 2016. — 240 с.
22. Lee J. H. Image Restoration Using Total Variation Minimization and the Method of Multipliers / J. H. Lee, S. J. Ko, H. Y. Kim // IEEE Transactions on Image Processing. — 2012. — Vol. 21, No. 4. — P. 1437-1448. — DOI: 10.1109/TIP.2011.2177902.
23. Бобровський О. Г. Фільтрація зображень на основі адаптивних алгоритмів / О. Г. Бобровський, В. В. Слюсарчук // Науковий вісник НЛТУ України. — 2016. — Вип. 26. — С. 35-40.
24. Sharma A., Gupta A. Image Processing Techniques in ATM Security: A Review // International Journal of Computer Applications. — 2015. — Vol. 116, No. 20. — P. 29-34. — DOI: 10.5120/20286-7360. [Електронний ресурс] URL: <https://www.ijcaonline.org/archives/volume116/number20/20286-7360>
25. Kumar S., Singh A. A Comprehensive Survey on ATM Security Systems and Image Processing Techniques // International Journal of Advanced Research in Computer Science. — 2017. — Vol. 8, No. 5. — P. 252-255. [Електронний ресурс] URL: <https://www.ijarcs.info/index.php/Ijarcs/article/view/3576>
26. Choudhary P. Image Processing Techniques for ATM Security System // International Journal of Computer Applications. — 2016. — Vol. 136, No. 3. — P. 18-22. [Електронний ресурс] URL: <https://www.ijcaonline.org/research/volume136/number3/23406-1952>
27. Bansal M., et al. Comparative Study of Image Processing Techniques for ATM Security // International Journal of Computer Applications. — 2016. — Vol. 135, No. 4. — P. 23-28. [Електронний ресурс] URL: <https://www.ijcaonline.org/research/volume135/number4/22730-2980>
28. Wang Y., et al. Research on Image Processing Algorithms for ATM Security // International Journal of Computer Science and Information Security. — 2020.

- Vol. 18, No. 3. — P. 106-110. [Електронний ресурс] URL: <https://www.ijcsis.org/papers/18-3/6.pdf>
29. Трещов В. О. Технології обробки зображень : підручник / В. О. Трещов, А. І. Шевченко. — Київ : Алерта, 2011. — 412 с.
 30. Тихомиров В. П. Системи обробки зображень : підручник / В. П. Тихомиров. — Дніпро : ДНУ, 2014. — 500 с.
 31. Гречаник А. М. Вейвлети в обробці зображень / А. М. Гречаник, С. В. Гребенюк. — Х. : Видавництво ХНУ, 2011. — 180 с.
 32. Donoho D. L. De-Noising by Soft-Thresholding / D. L. Donoho. — 1995. — URL: <https://statweb.stanford.edu/~donoho/Reports/1995/thresholding.pdf>
 33. Zhou W. An Adaptive Image Denoising Algorithm Based on Wavelet Thresholding / W. Zhou, H. Chen. — 2016. — URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S089360801530084X>
 34. Selesnick I. W. The Dual-Tree Complex Wavelet Transform / I. W. Selesnick, R. G. Baraniuk, N. G. Kingsbury. — 2005. — URL: https://www.dsp.ece.rice.edu/cdroms/ICASSP_2005/papers/014477.pdf
 35. Гупаленко В. О. Вейвлет-аналіз: теорія та застосування / В. О. Гупаленко, О. А. Гупаленко. — К. : Наукова думка, 2010. — 350 с.
 36. Vennelakanti, S., & Lakshmanan, V. Performance analysis of wavelet-based image denoising methods. International Journal of Computer Applications, 2013, 69(1), 24–30. — DOI: 10.5120/11871-0208.
 37. González, R. C., & Woods, R. E. Digital Image Processing / R. C. González, R. E. Woods. — 4th ed. — Boston: Pearson, 2018. — 1024 p.
 38. Шевчук О. В. Обробка зображень у системах автоматичного контролю / О. В. Шевчук. — Київ : Видавництво КНУ, 2019. — 150 с.
 39. Pitas, I., & Venetsanopoulos, A. N. Nonlinear Digital Filters: Principles and Applications / I. Pitas, A. N. Venetsanopoulos. — 2nd ed. — Boston : Kluwer Academic Publishers, 1990. — 600 p.

40. Олійник М. В. Вейвлети в обробці сигналів і зображень / М. В. Олійник. — Харків : ХНУ, 2016. — 280 с.
41. Alstom launches new Alspa Series 6 control system offering [Електронний ресурс] // Control Engineering. — 2009. — URL: <https://www.controleng.com/articles/alstom-launches-new-alspa-series-6-control-system-offering/>
42. Гармаш В. Метод фільтрації цифрових кольорових зображень [Електронний ресурс] / В. Гармаш, С. Пучко // Матеріали XLIX науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 27-28 квітня 2020 р. — Електрон. текст. дані. — 2020. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2020/paper/view/8810>
43. Гармаш В.В. Метод фільтрації цифрових кольорових зображень / В. В. Гармаш, С. В. Пучко [Електронний ресурс]: XLIX Науково-технічна конференція факультету комп'ютерних систем і автоматики (2020). URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2020/paper/view/8810/7864>
44. Shevchuk V.V. Color image denoising using “chanell method” / Shevchuk V.V. Garmash V. V. // Vdecky pokrok na prelomu tysychalety – 2011. – Р. 3 – 6. – ISBN 978-966-8736-05-6.
45. Гармаш В.В. Метод фільтрації кольорових зображень на основі моделі YCrCb/ В.В. Гармаш // Вісник Черкаського технологічного університету. Серія "Технічні науки". – 2012. – №3. – С. 69–73. – ISSN 2306-4412.
46. Барабан М. В. Метод фільтрації цифрових кольорових зображень, отриманих в умовах недостатнього рівня освітлення [Текст] / М. В. Барабан, О. М. Бевз, В. В. Гармаш // Оптико-електронні інформаційно-енергетичні технології. – 2017. – № 2. – С. 5-10.
47. Заводовський А. О., Гнатенко А. В. Аналіз алгоритмів обробки зображень для систем відеоспостереження / А. О. Заводовський, А. В. Гнатенко //

Вісник Національного університету “Львівська політехніка”. — 2017. — № 858. — С. 76–82.

48. Marr, D. Vision: A Computational Investigation into the Human Representation and Processing of Visual Information / David Marr. — Cambridge, MA: MIT Press, 1982. — 332 p.
49. Онищенко В. М., Тупіцин А. О. Системи відеоспостереження: структура та принципи роботи / В. М. Онищенко, А. О. Тупіцин. — К. : Державний університет інформатики та штучного інтелекту, 2019. — 156 с.
50. Михайлюк О. О., Романов В. І. Системи автоматизованого відеоспостереження: особливості проектування та реалізації / О. О. Михайлюк, В. І. Романов. — К. : КНУ, 2015. — 180 с.
51. Кузьменко В. О. Використання кольорових моделей у системах обробки зображень / В. О. Кузьменко // Наукові записки. — 2016. — № 54. — С. 123–129.
52. Understanding YCbCr Color Space for Image Processing [Електронний ресурс] // Image Processing Place. — 2019. — URL: <https://imageprocessingplace.com/ycbcr-color-space/>
53. The Importance of Image Filtering in Video Surveillance [Електронний ресурс] // Journal of Security Technology. — 2021. — URL: <https://www.journalofsecuritytechnology.com/image-filtering-video-surveillance/>
54. The USC-SIPI Image Database. [Електронний ресурс] URL: <http://sipi.usc.edu/database/>.
55. International Telecommunication Union. Recommendation ITU-R BT.500-11. Methodology for the subjective assessment of the quality of television pictures [Електронний ресурс] // ITU. — 2002. — 65 с. — URL: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bt/R-REC-BT.500-11-200206-S!!PDF-E.pdf.

56. Moorthy A. K. A Two-Step Framework for Constructing Blind Image Quality Indices / A. K. Moorthy, A. C. Bovik // IEEE Signal Processing Letters. – May 2010. – Vol. 17. – №5. – P. 513 – 516. – ISSN 1070-9908.
57. Гармаш В. Метод фільтрації цифрового аудіо сигналу на основі вейвлет-перетворення [Електронний ресурс] / В. Гармаш, Д. Гончарук // Матеріали XLIII науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 20-22 березня 2024 р. – Електрон. текст. дані. – 2024. – Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fksa/all-fksa-2024/paper/view/20321/16876>.
58. Методичні вказівки до виконання магістерських кваліфікаційних робіт для студентів спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» (кафедра комп'ютерних систем управління) [Електронний ресурс] / уклад. В. М. Дубовой. – Вінниця : ВНТУ, 2023 – (PDF, 45 с.).

ДОДАТКИ

Додаток А
(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НАВЧАЛЬНОЇ (КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ) РОБОТИ

Назва роботи: «Розробка підсистеми обробки зображень для автоматизованої системи відеоспостереження банкомату. Частина

1. Розробка модулю фільтрації цифрових зображень»»

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота

(кваліфікаційна робота, курсовий проект (робота), реферат, аналітичний огляд, інше (вказати))

Підрозділ кафедра комп'ютерних систем управління

(кафедра, факультет (інститут), навчальна група)

Керівник Гришук Т. В. доцент кафедри КСУ

(прізвище, ініціали, посада)

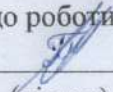
Показники звіту подібності

Turnitin	
Оригінальність	84%
Загальна схожість	16%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

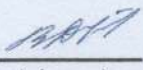
- ☒ Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.
- ☐ Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Заявляю, що ознайомлений (-на) з повним звітом подібності, який був згенерований Системою щодо роботи (додається)

Автор 
(підпис)

Денис ГОНЧАРУК
(прізвище, ініціали)

Опис прийнятого рішення

Особа, відповідальна за перевірку 
(підпис)

Володимир ДУБОВОЙ
(прізвище, ініціали)

Експерт
(за потреби) (підпис)

(прізвище, ініціали, посада)

Додаток Б
(обов'язковий)

ВНТУ

ЗАТВЕРДЖЕНО

Зав. кафедри КСУ ВНТУ,

д.т.н., професор

В'ячеслав КОВТУН

“ 14 ” 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на виконання магістерської кваліфікаційної роботи

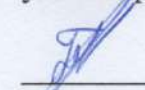
*Розробка підсистеми обробки зображень для автоматизованої
системи відеоспостереження банкомату.*

Частина 1. Розробка модулю фільтрації цифрових зображень.

(тема)

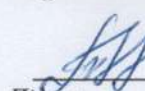
08-33.МКР.13.00.000 ТЗ

Студент групи ЗАКІТ23-м


Підпис

Денис ГОНЧАРУК
Ім'я ПРІЗВИЩЕ

Керівник к.т.н., доцент каф. КСУ


Підпис

Тетяна ГРИЩУК
Ім'я ПРІЗВИЩЕ

Вінниця 2024

1. Назва та галузь застосування

1.1. Назва – Розробка підсистеми обробки зображень для автоматизованої системи відеоспостереження банкомату Частина 1. Розробка модулю фільтрації цифрових зображень.

1.2. Галузь застосування – системи відеоспостереження банкомату.

2. Підстава для проведення розробки.

Тема магістерської кваліфікаційної роботи затверджена наказом по ВНТУ від №310 від 17 вересня 2024 р.

3. Мета та призначення розробки.

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є підвищенні ефективності фільтрації цифрових кольорових зображень, отриманих з системи відеоспостереження банкомату, шляхом розробки методу, який враховує якісні характеристики зображення в умовах низького рівня освітленості.

4. Джерела розробки.

Магістерська кваліфікаційна робота виконується вперше. В ході проведення розробки повинні використовуватись такі документи:

4. The Importance of Image Filtering in Video Surveillance [Електронний ресурс] // Journal of Security Technology. – 2021. – URL: <https://www.journalofsecuritytechnology.com/image-filtering-video-surveillance/>.
5. Заводовський А. О., Гнатенко А. В. Аналіз алгоритмів обробки зображень для систем відеоспостереження / А. О. Заводовський, А. В. Гнатенко // Вісник Національного університету “Львівська політехніка”. — 2017. — № 858. — С. 76–82.
6. González, R. C., & Woods, R. E. Digital Image Processing / R. C. González, R. E. Woods. — 4th ed. — Boston: Pearson, 2018. — 1024 p.

5. Вимоги до розробки.

5.1. Перелік головних функцій:

- завантаження зображення;
- налаштування параметрів фільтрації;
- фільтрації зображення;
- зберігання зображення.

5.2. Основні технічні вимоги до розробки.

5.2.1. Вимоги до програмної платформи:

- Операційна система WINDOWS;
- Visual Studio 2022.

5.2.2. Умови експлуатації системи:

- можливість цілодобового функціонування системи;
- дані оновлюються і є актуальними.

6. Стадії та етапи розробки.

6.1 Пояснювальна записка:

1. Аналіз методів, принципів, підходів і засобів реалізації задачі автоматизації процесами в об'єкті управління відповідно до теми кваліфікаційної роботи. Постановка задач дослідження «__» _____ 2024 р.
2. Удосконалення технології фільтрації зображень при автоматизації об'єкту управління «20» жовтня 2024 р.
3. Розробка методу фільтрації зображень «23» жовтня 2024 р.
4. Розробка програмного забезпечення системи «13» листопада 2024 р.

6.2 Графічні матеріали:

1. Розробка схем програми фільтрації зображень «27» листопада 2024 р.
2. Тестування програмного забезпечення «28» листопада 2024 р.
7. Порядок контролю і приймання.

- 7.1. Хід виконання роботи контролюється керівником роботи. Рубіжний контроль провести до «01» грудня 2024 р.

7.2. Атестація МКР здійснюється на попередньому захисті. Попередній захист магістерської кваліфікаційної роботи провести до «03» грудня 2024 р.

7.3. Підсумкове рішення щодо оцінки якості виконання роботи приймається на засіданні ЕК. Захист магістерської кваліфікаційної роботи провести до «12» грудня 2024 р.

Додаток В (вибірковий)

Фрагменти лістингу програми

```
#include "mainwindow.h"
#include <QApplication>

int main(int argc, char *argv[]) {
    QApplication app(argc, argv);
    MainWindow w;
    w.show();
    return app.exec();
}
#ifdef MAINWINDOW_H
#define MAINWINDOW_H

#include <QMainWindow>
#include <QImage>
#include <QLabel>
#include <QPushButton>
#include <QSlider>
#include <QVBoxLayout>
#include <opencv2/opencv.hpp>

QT_BEGIN_NAMESPACE
namespace Ui {
class MainWindow;
}
QT_END_NAMESPACE

class MainWindow : public QMainWindow {
    Q_OBJECT

public:
    MainWindow(QWidget *parent = nullptr);
    ~MainWindow();

private slots:
    void loadImage();
    void applyFilter();
    void saveImage();

private:
    Ui::MainWindow *ui;
    QLabel *imageLabel;
    QPushButton *loadButton;
    QPushButton *filterButton;
    QPushButton *saveButton;
```

```

QSlider *kernelSlider;
cv::Mat originalImage;
cv::Mat processedImage;

QImage cvMatToQImage(const cv::Mat &mat);
cv::Mat QImageToCvMat(const QImage &image);
};

#endif // MAINWINDOW_H

#include "mainwindow.h"
#include <QFileDialog>
#include <QMessageBox>
#include <QVBoxLayout>

MainWindow::MainWindow(QWidget *parent)
: QMainWindow(parent), ui(new Ui::MainWindow) {
    // Налаштування інтерфейсу
    QWidget *centralWidget = new QWidget(this);
    QVBoxLayout *layout = new QVBoxLayout(centralWidget);

    imageLabel = new QLabel("Зображення не завантажено");
    imageLabel->setAlignment(Qt::AlignCenter);
    layout->addWidget(imageLabel);

    loadButton = new QPushButton("Завантажити зображення");
    layout->addWidget(loadButton);

    kernelSlider = new QSlider(Qt::Horizontal);
    kernelSlider->setMinimum(3);
    kernelSlider->setMaximum(15);
    kernelSlider->setValue(3);
    kernelSlider->setTickInterval(2);
    kernelSlider->setTickPosition(QSlider::TicksBelow);
    layout->addWidget(kernelSlider);

    filterButton = new QPushButton("Застосувати фільтр");
    filterButton->setEnabled(false);
    layout->addWidget(filterButton);

    saveButton = new QPushButton("Зберегти зображення");
    saveButton->setEnabled(false);
    layout->addWidget(saveButton);

    setCentralWidget(centralWidget);

    // Підключення сигналів і слотів
    connect(loadButton, &QPushButton::clicked, this, &MainWindow::loadImage);
    connect(filterButton, &QPushButton::clicked, this, &MainWindow::applyFilter);
    connect(saveButton, &QPushButton::clicked, this, &MainWindow::saveImage);
}

```

```

MainWindow::~MainWindow() {
    delete ui;
}

// Завантаження зображення
void MainWindow::loadImage() {
    QString fileName = QFileDialog::getOpenFileName(
        this, "Завантажити зображення", "", "Images (*.png *.xpm *.jpg *.bmp)");
    if (fileName.isEmpty())
        return;

    originalImage = cv::imread(fileName.toStdString());
    if (originalImage.empty()) {
        QMessageBox::critical(this, "Помилка", "Не вдалося завантажити зображення");
        return;
    }

    processedImage = originalImage.clone();
    QImage qImage = cvMatToQImage(originalImage);
    imageLabel->setPixmap(QPixmap::fromImage(qImage));
    imageLabel->setScaledContents(true);
    filterButton->setEnabled(true);
    saveButton->setEnabled(true);
}

// Застосування фільтру
void MainWindow::applyFilter() {
    int kernelSize = kernelSlider->value();
    if (kernelSize % 2 == 0)
        kernelSize++; // Розмір ядра повинен бути непарним

    cv::medianBlur(originalImage, processedImage, kernelSize);

    QImage qImage = cvMatToQImage(processedImage);
    imageLabel->setPixmap(QPixmap::fromImage(qImage));
    imageLabel->setScaledContents(true);
}

// Збереження зображення
void MainWindow::saveImage() {
    QString fileName = QFileDialog::getSaveFileName(
        this, "Зберегти зображення", "", "Images (*.png *.xpm *.jpg *.bmp)");
    if (fileName.isEmpty())
        return;

    if (!cv::imwrite(fileName.toStdString(), processedImage)) {
        QMessageBox::critical(this, "Помилка", "Не вдалося зберегти зображення");
    }
}

```



```

// Конвертація cv::Mat -> QImage
QImage MainWindow::cvMatToQImage(const cv::Mat &mat) {
    if (mat.type() == CV_8UC3) {
        return QImage(mat.data, mat.cols, mat.rows, mat.step, QImage::Format_RGB888)
            .rgbSwapped();
    } else if (mat.type() == CV_8UC1) {
        return QImage(mat.data, mat.cols, mat.rows, mat.step, QImage::Format_Grayscale8);
    } else {
        return QImage();
    }
}

// Конвертація QImage -> cv::Mat
cv::Mat MainWindow::QImageToCvMat(const QImage &image) {
    QImage converted = image.convertToFormat(QImage::Format_RGB888);
    return cv::Mat(converted.height(), converted.width(), CV_8UC3,
        const_cast<uchar *>(converted.bits()), converted.bytesPerLine())
        .clone();
}

#include <opencv2/opencv.hpp>
#include <iostream>
#include <stdexcept>

using namespace cv;
using namespace std;

// Завантаження зображення
Mat loadImage(const string& filename) {
    Mat image = imread(filename);
    if (image.empty()) {
        throw runtime_error("Не вдалося завантажити зображення: " + filename);
    }
    return image;
}

// Аналіз кольорового простору
string determineColorSpace(const Mat& image) {
    if (image.channels() == 3) {
        return "RGB";
    } else if (image.channels() == 1) {
        return "Grayscale";
    } else {
        return "Unknown";
    }
}

// Перетворення в YCrCb модифікований простір
Mat convertToYCrCb_mod(const Mat& image) {
    Mat ycrb;
    cvtColor(image, ycrb, COLOR_BGR2YCrCb); // OpenCV стандартно працює з BGR

```

```

    return ycrcb;
}

// Вибір методу обробки
enum FilterMethod { MEDIAN_FILTER };

FilterMethod selectProcessingMethod() {
    return MEDIAN_FILTER; // Статичний вибір у цьому прикладі
}

// Застосування фільтру
Mat applyFilter(const Mat& image, FilterMethod method, int kernelSize = 3) {
    Mat filtered;
    switch (method) {
        case MEDIAN_FILTER:
            medianBlur(image, filtered, kernelSize);
            break;
        default:
            throw runtime_error("Невідомий метод фільтрації");
    }
    return filtered;
}

// Збереження зображення
void saveImage(const string& filename, const Mat& image) {
    if (!imwrite(filename, image)) {
        throw runtime_error("Не вдалося зберегти зображення: " + filename);
    }
}

// Основна функція
int main(int argc, char** argv) {
    if (argc < 3) {
        cerr << "Використання: " << argv[0] << " <вхідне зображення> <вихідне зображення>"
        << endl;
        return 1;
    }

    string inputFile = argv[1];
    string outputFile = argv[2];

    try {
        // Завантаження зображення
        Mat image = loadImage(inputFile);

        // Аналіз кольорового простору
        string colorSpace = determineColorSpace(image);
        cout << "Кольоровий простір: " << colorSpace << endl;

        // Перетворення в YCrCb модифікований простір
        Mat ycrcbImage = convertToYCrCb_mod(image);
    }
}

```

```

// Вибір методу обробки
FilterMethod method = selectProcessingMethod();

// Обробка каналів окремо
vector<Mat> channels;
split(ycrcbImage, channels);

// Застосування фільтра до кожного каналу
for (int i = 0; i < channels.size(); ++i) {
    channels[i] = applyFilter(channels[i], method, 5);
}

// Об'єднання каналів назад
Mat filteredYCrCb;
merge(channels, filteredYCrCb);

// Зворотне перетворення в BGR
Mat finalImage;
cvtColor(filteredYCrCb, finalImage, COLOR_YCrCb2BGR);

// Збереження результату
saveImage(outputFile, finalImage);

cout << "Обробка завершена. Зображення збережено: " << outputFile << endl;
} catch (const exception& ex) {
    cerr << "Помилка: " << ex.what() << endl;
    return 1;
}
return 0;
}

```

Додаток Г
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

РОЗРОБКА ПІДСИСТЕМИ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ
ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ВІДЕОПОСТЕРЕЖЕННЯ
БАНКОМАТУ. ЧАСТИНА 1. РОЗРОБКА МОДУЛЮ ФІЛЬТРАЦІЇ
ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

студент групи ЗАКІТР-23м

 Денис ГОНЧАРУК

Керівник к.т.н., доцент каф. КСУ

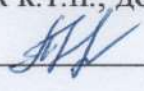
 Тетяна ГРИЩУК



Рисунок Б.1 – Структура роботи підсистеми відеоспостереження з модулем фільтрації зображень

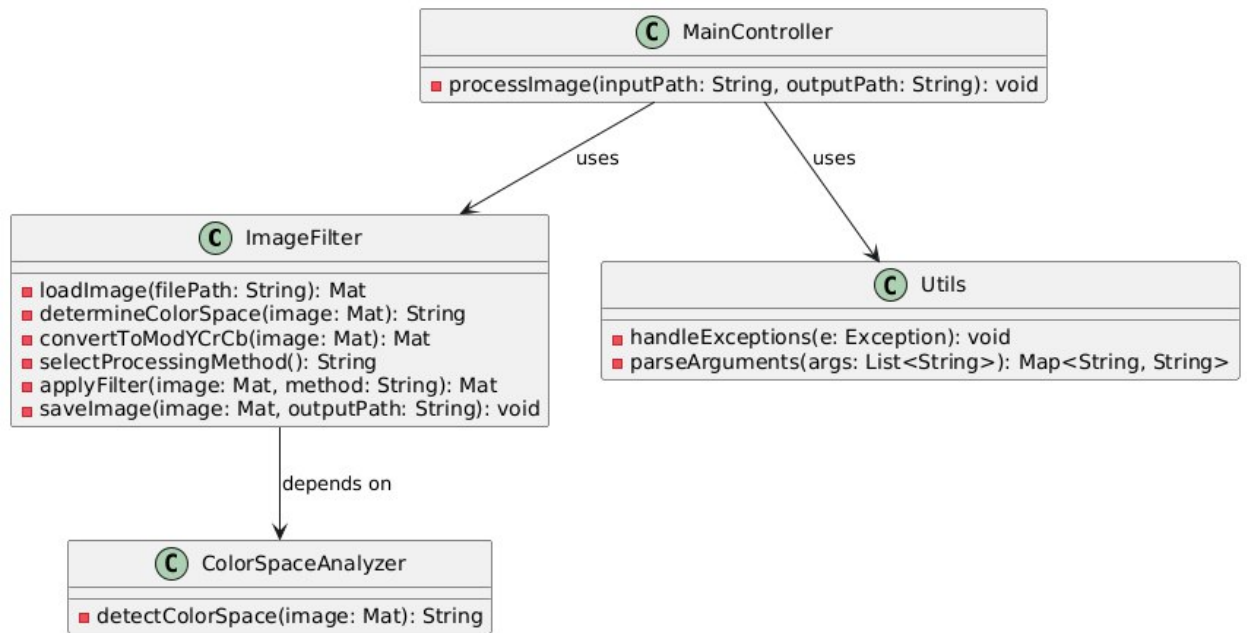


Рисунок Б.2 – Діаграма класів процесу фільтрації цифрового зображення



Рисунок Б.3 – Діаграма варіантів використання фільтрації цифрового зображення

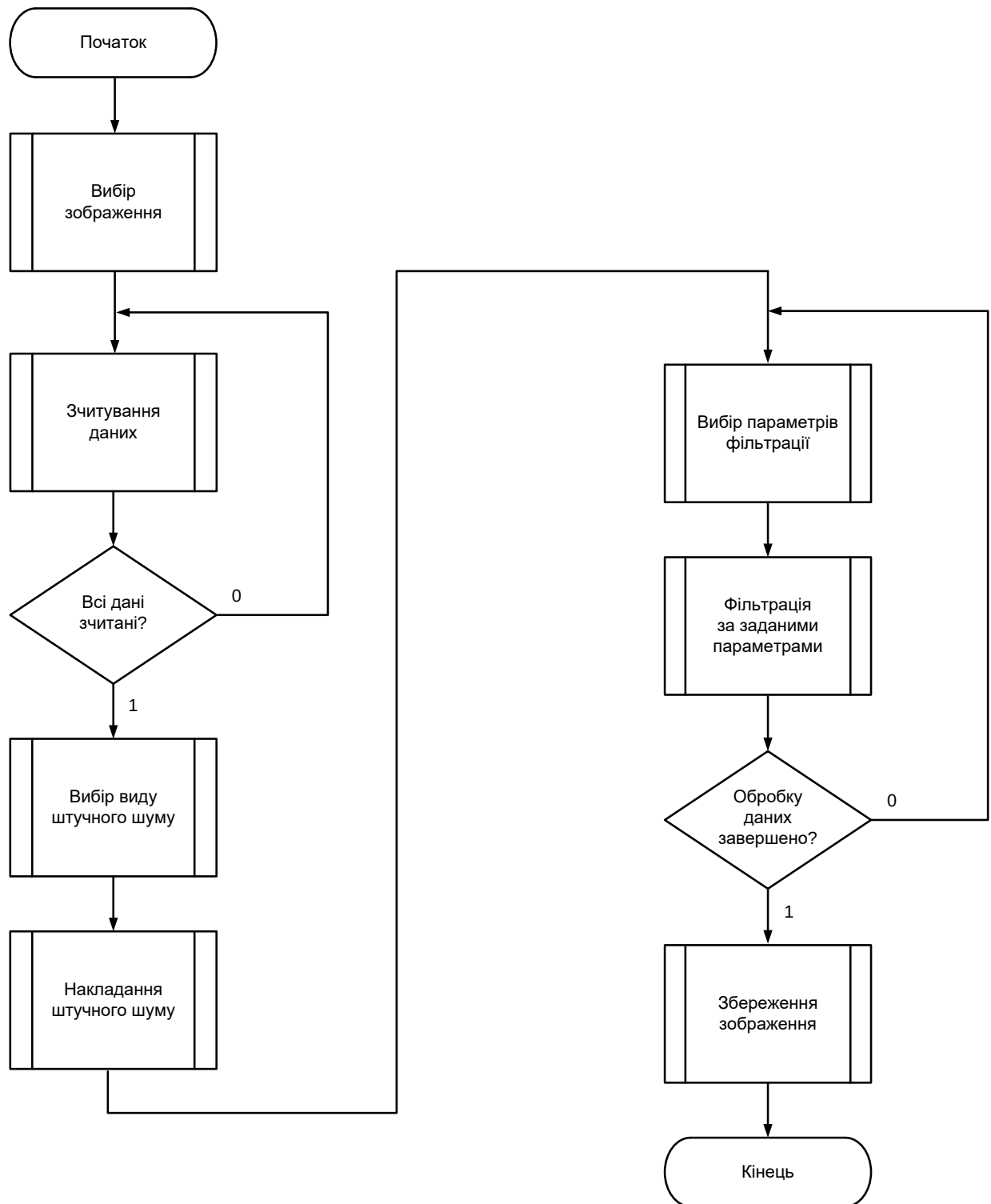


Рисунок Б4 – Схема програми процесу фільтрації цифрових зображень зі штучним шумом



а)



б)



в)



г)

Рисунок Б.5 – Візуальне порівняння у випадку просторового випадкового шуму:

а) вхідне зображення шумом; б) результат методу Bayes Shrink [127];
в) результат білатерального фільтру [89] з $\sigma_d = 1,8$, $\sigma_r = 5 \times \sigma_n$; г) результат запропонованого методу.



Рисунок Б.6 – Кадр №78 до фільтрації (BIQI = 44,6748)



Рисунок Б.7 – Кадр №78 після фільтрації (BIQI = 32,8564)