

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ АЕРОНАВІГАЦІЇ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОНІКИ, РОБОТОТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
МОНІТОРИНГУ ТА ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускової кафедри
_____ Шутко В.М.
« ____ » _____ 2020 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

ЗДОБУВАЧА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА
ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 171 «ЕЛЕКТРОНІКА»
ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЇ ПРОГРАМИ «ЕЛЕКТРОННІ СИСТЕМИ»

Тема: «Стиснення супутникових зображень»

Виконавець
студент групи ЕС-207М _____ Поляков Євген Володимирович

Керівник
професор, д.т.н. _____ Шутко Володимир Миколайович

Консультант розділу «Охорона праці»
старший викладач _____ Козлітін О.О.

Консультант розділу
«Охорона навколишнього середовища»
професор, д.т.н. _____ Маджд С.М.

Нормоконтролер
доцент, к.т.н. _____ Сініцин Р.Б.

КИЇВ 2020

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ АЕРОНАВІГАЦІЇ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ

КАФЕДРА ЕЛЕКТРОНІКИ, РОБОТОТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

МОНІТОРИНГУ ТА ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

Спеціальність 171 «Електроніка»

Освітньо-професійної програми «Електронні системи»

Освітній ступінь «МАГІСТР»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідуючий випускової кафедри

_____Шутко В.М.

«___»_____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

Полякова Євгена Володимировича

- 1. Тема дипломної роботи :** «Стиснення супутникових зображень»
затверджена наказом ректора від «02» жовтня 2020 р. № 1900/ст
- 2. Термін виконання роботи :** з 5 жовтня 2020 року по 27 грудня 2020 року.
- 3. Вихідні дані до роботи :** дані про існуючі кодеки та їх використання.
- 4. Зміст пояснювальної записки:** реферат, список скорочень, вступ,
5 розділів, висновки, список використаних джерел.
- 5. Перелік обов'язкового ілюстративного матеріалу:** графічне представлення
результатів дослідження.

6. Календарний план-графік

№	Етапи виконання дипломної роботи	Термін виконання етапів	Примітка
1.	Пошук та обробка літератури за темою дипломної роботи	10.10.20 - 20.10.20	Виконано
2.	Огляд науково – технічної літератури за темою дипломної роботи	21.10.20 - 24.10.20	Виконано
3.	Опис аналогів систем стискання	25.10.20 - 29.10.20	Виконано
4.	Розробка структурної схеми	30.10.19 - 03.11.20	Виконано
5.	Вибір необхідних методик	04.11.20 - 07.11.20	Виконано
6.	Розробка алгоритмів кодеку	08.11.20 - 19.11.20	Виконано
7.	Аналіз отриманих даних	20.11.20 - 30.11.20	Виконано
8.	Оформлення електронного варіанту	01.12.20	Виконано
9.	Подання на кафедру. Усунення недоліків. Оформлення пояснювальної записки.	05.12.20	Виконано
10.	Електронна версія доповіді, ілюстративний матеріал доповіді	06.12.20	Виконано

7. Консультанти з окремих розділів:

Назва розділу	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата		Підпис
		Завдання видав	Завдання прийняв	
Охорона праці	Старший викладач Козлітін Олексій Олександрович			
Охорона навколишнього середовища	Професор, д.т.н. Маджд Світлана Михайлівна			

8. Дата видачі завдання: « ____ » _____ 2020 року

Керівник дипломної роботи: _____ Шутко В.М.

Завдання прийняв до виконання: _____ Поляков Є. В.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Стиснення супутникових зображень». 111 сторінок, 17 малюнків, 4 таблиці, 65 використаних джерел.

Об'єкт дослідження: способи фільтрація та стиснення зображень.

Предмет дослідження: фільтрація та стиснення зображень.

Мета роботи: підвищення ефективності існуючих способів стиснення даних за рахунок розробки модифікованого класичного способу стиснення з попередньою фільтрацією.

Актуальність теми: розвиток обчислювальної техніки в сучасному світі технології йде дуже швидкими темпами - зростає частота і продуктивність процесорів, збільшуються обсяги пам'яті і прискорюється час доступу до неї. Однак при такому бурхливому зростанні швидкостей різних пристроїв швидкість передачі даних зростає значно меншими темпами. Особливістю більшості типів даних є їх надлишковість. При зберіганні та передачі великих обсягів інформації надмірність відіграє негативну роль, оскільки вона призводить до зростання не тільки вартості зберігання, а й часу передачі інформації. В зв'язку з цим на сьогоднішній день для забезпечення ефективності зберігання, передачі великих обсягів інформації широко використовуються алгоритми ущільнення.

Наукова новизна: розроблено методику, що відрізняється від відомих класичних способів стиснення поєднанням медіанної фільтрації та стисненням з використанням вейвлет перетворення, що дозволяє отримати ущільнення даних без втрат. Запропоновано модифікований спосіб стиснення зображень, який призводить до зменшення шуму та зменшення втрат від стиснення.

Практична цінність: отримані в роботі результати полягають в тому, що запропонований спосіб ущільнення інформації дає змогу отримати покращені результати порівняно з класичними способами в середньому на 10% з

покращенням якості. Завдяки реалізації на hardware дане обладнання просто розмістити на супутнику та стискати безпосередньо там.

ЗМІСТ

	ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	7
	ВСТУП	8
Розділ 1.	ЗАГАЛЬНИЙ ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕННЯ	11
1.1	Опис галузей у яких використовують стиснення зображень	11
1.1.1	Моніторинг та аналіз рослинності аграрного сектору	11
1.1.2	Виявлення кратерів з зображення супутника для оцінки боєприпасів, що не вибухнули	13
1.1.3	Зіставлення даних мобільної мережі з офіційною статистикою за допомогою супутникових зображень	17
1.1.4	Оцінка біомаси на плантаціях навколо промислових районів за допомогою стереозображень	19
1.1.5	Характеристика та розподіл середовищ існування морської трави в заповіднику Карибського басейну	22
1.1.6	Оптимізовані параметри продуктивності нічних МСЗ для аналізу освітлення в міських районах	23
1.1.7	Тендітна прозорість: аналіз супутникових знімків та візуальні зображення безпеки	26
1.2	Різновиди палітр супутникових знімків	27
1.3	БПЛА для аерофотозйомки місцевості	30
1.4	Бази даних супутникових зображень	33
1.5	Висновки до розділу	35
Розділ 2.	ВІДОМОСТІ ПРО ІСНУЮЧІ ВИДИ СТИСНЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ	36
2.1	Стиснення цифрових зображень	36
2.1.1	Алгоритм стиснення JPEG	37

2.1.2	Кодування Хаффмана	39
2.2	Порівняння різних форматів стиснення зображень	42
2.2.1	Формати подання зображень без втрат	43
2.2.2	Формати стиснення зображень з втратами	45
2.3	Алгоритм стиснення JPEG 2000	51
2.4	Дискретне вейвлет-перетворення	57
2.5	Медіанна фільтрація	60
2.6	Висновки до розділу	65
Розділ 3.	РЕАЛІЗАЦІЯ КОДЕКА ДЛЯ СТИСНЕННЯ СУПУТНИКОВИХ ЗОБРАЖЕННЯ	67
3.1	Інструментарій	67
3.2	Сценарій кодека (компресор та декомпресор)	70
3.3	Аналіз компіляції та порівняння результатів	79
3.4	Висновки до розділу	82
Розділ 4.	ОХОРОНА ПРАЦІ	83
4.1	Вступ	83
4.2	Аналіз умов праці на робочому місці	84
4.3	Розробка заходів з охорони праці	85
4.4	Пожежна та вибухова небезпека при експлуатації	88
4.5	Висновки до розділу	89
Розділ 5.	ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	90
5.1	Вступ	90
5.2	Аналіз проблем впливу на стан довкілля	93
5.3	Аналіз джерел впливу та наслідки на навколишнє середовище	95
5.4	Рекомендації щодо зниження негативних чинників	99
5.5	Висновки до розділу	103
	ВИСНОВКИ	105
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	106

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ВЗ	Віддалене зондування
БІД	Ближній інфрачервоний діапазон
МСЗ	Мультиспектральне зображення
RGB	red, green, blue — червоний, зелений, синій)
БПЛА	Безпілотні літальні апарати
ВНБ	Вибухонебезпечні боєприпаси
ВРЗ	Висока роздільна здатність
ОММ	Оператор мобільної мережі
БПС	Базова передавальна станція
ЦМП	Цифрові моделі поверхні
ЕМ	Електромагнітний
ДТК	Дискретна трансформація косинусів
ЗСШП	Зворотні сходи шуму та підйому
ДВП	Дискретне вейвлет-перетворення
JPEG 2000	Joint Photographic Experts Group 2000
(JP2)	Спільна Група Експертів Фотографії 2000
JPEG	Joint Photographic Experts Group
	Спільна Група Експертів Фотографії
PNG	Portable Network Graphics
	Портативна Мережева Графіка
BMP	Bitmap Picture
	Растрове зображення

ВСТУП

Зображення з дистанційним зондуванням (ДЗ) використовуються для багатьох застосувань, включаючи картографування та аналіз земельного покриття, управління катастрофами, кліматичне моделювання, а також управління сільським господарством та лісами. Сучасна тенденція супутників ДЗ характеризується збільшенням роздільної здатності (просторової, спектральної та часової) нових супутникових датчиків. На жаль, це збільшення повинно утримуватися в межах місії, що міститься в низхідній лінії зв'язку, або застосовувати компресію на борту. На борту застосовується стиснення без втрат, але стиснення з втратами також розглядається як можливе рішення, коли стиснення без втрат недостатньо. З точки зору користувача, це вдосконалення датчиків дуже вдячне, оскільки воно забезпечує великий обсяг даних; проте одночасно це призводить до проблем управління, особливо коли використовуються великі часові ряди.

Коли ви думаєте про слово «без втрат» у контексті стиснення зображення, ви, мабуть, думаєте про метод, який найсильніше намагається зберегти якість, зберігаючи відносно невеликий розмір зображення. Це дуже близько до істини. Як метод, стиснення без втрат максимально мінімізує спотворення, зберігаючи чіткість зображення. Це робиться шляхом побудови індексу всіх пікселів та групування одноколірних пікселів. Це подібно до того, як працює стиснення файлів, за винятком того, що ми маємо справу з меншими одиницями даних.

Deflate є одним із найпоширеніших алгоритмів для такого роду робіт. Він базується на двох інших алгоритмах (Хаффман та LZ77, якщо ви книжковий хробак), і він має дуже перевірений спосіб групування даних, знайдених у зображеннях. Замість того, щоб просто пропустити довжину даних і зберегти декілька екземплярів пікселя з однаковим кольором в одній одиниці даних (відомому як кодування довжини циклу), він захоплює повторювані рядки, знайдені

в цілому коді, і встановлює "вказівник" за кожен знайдений дублікат. Скрізь, де певний рядок даних (пікселів) використовується часто, він замінює всі ці пікселі зваженим символом, який додатково стискає все.

Зверніть увагу, що при кодуванні довжини циклу та Deflate жоден з пікселів насправді не з'їдається і не змушений змінювати колір. Використання цього методу дає суто зображення, ідентичне вихідному оригіналу. Єдина різниця між ними полягає в тому, скільки місця фактично зайнято на вашому жорсткому диску. Як впливає з назви, стиснення з втратами змушує зображення втратити частину свого вмісту. Якщо зайти занадто далеко, це насправді може зробити зображення невпізнаним. Але втрата не означає, що ви виключаєте пікселі. Насправді існує два алгоритми, які зазвичай використовуються для стиснення зображень таким чином: кодування перетворення та субдискретизації кольоровості. Перший частіше зустрічається у зображеннях, а другий у відео.

При кодуванні перетворень кольори зображення усереднюються за допомогою спеціальної математичної формули, яка називається дискретним косинус-перетворенням (ДКП). Зображення страждає на втрату кольору і може спричинити артефакти (дивна пікселізація у випадкових точках зображення) при надмірному використанні. Цей конкретний алгоритм компенсує свою незграбність із суттєвою перевагою: ви можете диктувати, наскільки якісною ви хочете залишатись із зображенням. За допомогою стиснення без втрат найближчим до цілісного маніпулювання якістю є встановлення кількості кольорів, які має мати кожне зображення.

Підвибірка кольоровості використовує інший підхід. Замість того, щоб усереднювати невеликі кольорові блоки, які також можуть впливати на яскравість зображення, він обережно намагається зберегти однакову яскравість на всіх ділянках. Це обманює ваші очі, щоб ви не легко помітили будь-яке падіння якості. Насправді він чудово підходить для стиснення анімації, тому його більше використовують у відеопотоках. Це не означає, що зображення також не використовують цей алгоритм.

Google також спробував новий алгоритм збитків, відомий як WebP. Замість того, щоб усереднювати кольорову інформацію, він передбачає колір пікселя, дивлячись на фрагменти, що його оточують. Дані, які насправді записуються в отримане стиснене зображення, - це різниця між передбачуваним кольором і фактичним кольором. Зрештою, багато передбачень будуть точними, в результаті чого буде нуль. І замість того, щоб надрукувати цілу купу нулів, він просто стискає всі їх в один символ, який їх представляє. За даними Google, точність зображення покращується, а стиснення зменшує розмір зображення в середньому на 25 відсотків порівняно з іншими алгоритмами з втратами.

Нова парадигма інфраструктури просторових даних, розроблена за останні роки, сприяє створенню служб веб-даних, як правило, з точки зору стандартів Відкритого геопросторового консорціуму, таких як Служба веб-карт (WMS), Служба веб-охоплення (WCS), або остання служба мозаїки веб-карт (WMTS). Однак для цих веб-служб необхідно використовувати стратегії стиснення та інтерактивної передачі, щоб повторно передавати зображення (які можуть бути дуже великими у випадку WCS) в середовища з обмеженою пропускнуою здатністю. Також необхідно стандартизувати формати стиснення та передачі даних у середовищах, щоб зробити можливим взаємодію. Таким чином, використання стандартних форматів стиснення неминуче, навіть якщо воно передбачає дещо гірше стиснення, ніж те, що було отримано за допомогою нових, але нестандартних алгоритмів, нещодавно опублікованих.

РОЗДІЛ 1 ЗАГАЛЬНИЙ ОГЛЯД ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Галузі у яких використовують стиснення зображень

1.1.1 Моніторинг та аналіз рослинності аграрного сектору

Аграрний сектор - одна із сфер застосування геоінформаційних систем, методи віддаленого зондування (ВЗ) та дані. Віддалені платформи та пов'язані з ними системи візуалізації розрізняють на основі висоти платформи, просторового та часового роздільної здатності. Просторова роздільна здатність визначає найменшу площу пікселів, яку можна ідентифікувати; таким чином, із збільшенням просторової роздільної здатності, площа пікселя зменшується, а однорідність характеристик ґрунту або культури всередині пікселя збільшується [1].

Часова роздільна здатність є важливою для оцінки часових моделей у рослині та характеристики ґрунту. Однак доступність зображень ВЗ із супутникових та повітряних платформ обмежена за хмарністю. Платформи Landsat, серед найбільш використовуваних супутників, мають спектральну роздільну здатність порядку 30 м у видимому та ближньому інфрачервоному діапазоні (БІД) і мають часову роздільну здатність близьку до 17 днів [2]. Для багатьох застосувань прецизійного землеробства ця тимчасова роздільна здатність підходить, навіть враховуючи проблеми з хмарним покривом, які збільшують інтервал часу, в якому знімки без покриття доступні. Те саме стосується просторової роздільної здатності, яка може бути непридатною для визначення мінливості всередині поля. Запуск супутників урядовими космічними агентствами та комерційні компанії, що здійснюють спостереження за землею, значно

покращили час перегляду та можливість мультиспектрального (МС) виявлення зображень. У цьому відношенні наводять два приклади супутників Sentinel-2 та PlanetScope. Супутники Sentinel-2 оснащені датчиками, здатними використовувати як близько 13 спектральних смуг, починаючи від видимого до БД і короткохвильової інфрачервоної області, з просторовими роздільною здатністю від 10 до 60 метрів [3] та тимчасовою роздільною здатністю близько 5 днів у Європейських широтах. Сузір'я PlanetScope, що складається з великої кількості обладнаних невеликих наносупутників з RGB і БД-камерою забезпечує роздільну здатність відбору проб наземних ділянок 3–5 м з одноденним повторним відвідуванням.

Хоча супутникове спостереження керувало багатьма інформаційними досягненнями в галузі управління сільськогосподарською продукцією та практикою [3], критичні технологічні розробки та стрімкий підйом вплинули на безпілотні літальні апарати (БПЛА) за останнє десятиліття, які представляють потенційну зміну гри в застосуванні прецизійного землеробства. У порівнянні з іншими платформами ВЗ, БПЛА, як правило, більш незалежні від кліматичних змінних.

Завдяки можливості надавати дані з вищою тимчасовою та просторовою роздільною здатністю, сьогодні це важливе джерело зображень ВЗ у прецизійному землеробстві, беручи до уваги також те, що, як підкреслювали вчені в додатках прецизійного землеробства, знання про просторові зміни едафічних факторів у межах поля та стан посівів є важливою передумовою. Серед датчиків, встановлених на БПЛА, зайнятих у сільському господарстві, камери МС є найпоширенішими.

Завдяки БПЛА та МС із високою роздільною здатністю менеджери та спеціалісти у сільському господарстві можуть використовувати нові інструменти та мати більше інформації для оптимізації управлінських рішень та формулювання рішень для точного землеробства [4]. Зокрема, ця технологія може визначати кількість сільськогосподарських ресурсів, включаючи агрохімікати та

добрива, на основі неінвазивного моніторингу стану росту сільськогосподарських культур.

Можливість кращого контролю за використанням агрохімікатів та добрив приносить користь, крім підвищеної якості та кількості продукції, зменшення екологічних ризиків, що виникають внаслідок надмірного використання введених матеріалів, підвищення ефективності використання, а також зменшення їх за допомогою змінного управління практики.

Багато камер МС зображень БПЛА дозволяють отримувати спектральну інформацію в смузі червоного, край червоного та БІД для рослинних рослин із дуже високою просторовою роздільною здатністю. На основі поєднання цих трьох смуг, більшість індексів (тобто індексів рослинності, VI) розроблено з метою моніторингу, аналізу та картографування часових та просторових варіацій рослинності як у польових, так і в деревних культурах. У рамках застосувань прецизійного землеробства, серед методів, здатних витягувати надійну та багаторазову інформацію, методи ефективності географічної об'єктної класифікації зображень продемонстрували свою ефективність [5].

Що стосується порівняння між БПЛА і супутниками, то введення відносно нових платформ, включаючи наносупутники, оснащені датчиками, що забезпечують зображення з високою або надвисокою роздільною здатністю, менше 3м та 1м, відповідно, робить супутники все більш конкурентоспроможними БПЛА в програмі прецизійного землеробства. Особливість, що робить останні унікальними, полягає в тому, що вони можуть одночасно встановлювати кілька типів датчиків. В іншому випадку, враховуючи всі доступні платформи, напевно, ще немає такої, яка могла б забезпечити зображення із високою спектральною, просторовою та часовою роздільною здатністю. Насправді, одночасні вимоги до зображень із надвисокою просторовою роздільною здатністю (<10м) з майже добовою роздільною здатністю за часом можуть бути задоволені лише шляхом цілеспрямованого збору за допомогою комерційних програмованих мультисенсорних систем, таких як WorldView, з роздільною здатністю МС близько 1м. У той же час Sentinel-2 в даний час є

найвищою місією отримання зображень МС у даних із відкритим вихідним кодом. У тематичному дослідженні, беручи до уваги характеристики врожаю, роздільна здатність менше або дорівнює одному метру була кращою для більш точного збору даних.

1.1.2 Виявлення кратерів з зображення супутника для оцінки боєприпасів, що не вибухнули

Вибухонебезпечні боєприпаси (ВНБ) визначаються як військові вибухові речовини, такі як гранати, бомби, мінометні снаряди та касетні боєприпаси, які розгортаються під час збройного конфлікту, але не спрацьовують у детонації, а ВНБ створює значні виклики післявоєнному відновленню економіки, здоров'ю людей і добробуту, і реагування уряду. Щороку ВНБ забирає життя від 15 000 до 20 000 людей, і більшість жертв становлять діти або цивільні особи. Присутність ВНБ на сільськогосподарських полях поширює вартість війни на довгострокове рослинництво, оскільки недоступність поля зменшує сільськогосподарське виробництво на Близькому Сході на мільйони доларів США. Практикуючі спостерігачі відмітили, що прихований ризик вибуху бомби робить небезпечним для державних постачальників реагувати на місцеві запити та послуги [6].

Існує припущення, що Камбоджа має одні з найвищих показників забруднення у світі. Під час війни у В'єтнамі Сполучені Штати скинули на Камбоджу 500 000 тонн вибухівки. У всіх 24 провінціях досі є райони, забруднені невибухнувшими боєприпасами та мінами, а в 2001 році майже половина всіх камбоджійських сіл повідомила про певну форму забруднення ВНБ. Сучасні методи очищення земель використовують трудомісткі та часто неефективні засоби для пошуку забруднених районів з високою щільністю. Практика вивезення вимагає ручного пошуку полів, спираючись на металеві та радіолокаційні детектори, щоб знайти можливі бомби, та за допомогою лопат ретельно викопати підозрювані вибухові речовини. У звіті Організації Об'єднаних Націй за 2016 рік було виявлено, що майже половина розмінованої території в

минулому році, "не містила або містила дуже мало мін" [7]. В результаті, за оцінками, ще не знайдено чотирьох-шести мільйонів бездомних вибухових речовин. Щодня внаслідок ВНБ вбиваються або травмуються в середньому більше двох цивільних осіб, і 28 відсотків жертв становлять діти [8].

Аналіз дистанційного зондування забезпечує альтернативний спосіб виявлення ВНБ. Розсекречені записи ВВС США про бомбардування війни у В'єтнамі використовувались для оцінки ефективності авіаударів щодо нападів повстанців, цивільних політичних установок та відновлення капіталу. Однак координати записів про падіння корисного навантаження не застосовувались до літератури з ідентифікації ВНБ, яка розробляє польове обладнання для магнітного відчуття ВНБ, але не забезпечує попереднього вимірювання областей з високою щільністю. Для вирішення цієї проблеми розробляють метод дистанційного зондування для підрахунку кількості кратерів бомб (проксі-сервер для детонованих бомб) у кожній цільовій зоні корисного навантаження. Як тільки кількість детонованих бомб віднімається із загальної кількості бомб у кожному корисному навантаженні (інформація, надана розсекреченими даними), можна оцінити кількість бомб, які все ще не враховані та потенційно приховані в зоні скидання.

Попередні спроби виявити бомби-кратери запозичені у добре відомих методів у літературі про метеорний кратер, які сканують супутникові знімки на наявність великих круглих кратерів на планетарних поверхнях у космічному просторі. Основні відмінності між кратерами бомб та метеорними кратерами можуть призвести до того, що ці методи враховуватимуть кратери бомб на супутникових знімках. По-перше, бомби-кратери з часом зазнають різного рівня ерозії та заростання рослинності, на відміну від метеорних кратерів, які розташовані на позаземних поверхнях без атмосфери та рослинності. Іншими словами, бомби-кратери мають великі варіації зовнішнього вигляду або варіації у межах класу. По-друге, бомби-кратери мають порівняно невеликі розміри з точки зору дистанційного зондування, як правило, діаметром лише від 3 до 12 метрів, і

їх набагато важче знайти, ніж метеорні кратери, діаметр яких може становити до 3000 метрів.

Оскільки методи метеорного кратера виявляють круглі форми на грубозернистих, чорно-білих зображеннях, цей суто евристичний підхід, ймовірно, не враховує кратери бомб, які мають менший розмір, які не мають ідеально круглої форми, що вливаються в навколишню місцевість, або які мають об'єкти, що порушують ситуацію (наприклад, рослини чи вода), у або біля кратера. На рис. 1 наведено приклади, що ілюструють ці відмінності між бомбами та метеорними кратерами. Метеорні кратери мають тенденцію бути більш точними круговими і не зазнають ерозії, що припускає, що бомби-кратери потребують альтернативного методу виявлення. Більш висока роздільна здатність та геометричні дані (наприклад, LiDAR) можуть з певним успіхом розмежувати зони конфлікту. Але для того, щоб виявити об'єкт діаметром від 3 до 12 метрів, дослідникам потрібно працювати із супутниковими знімками дуже високої роздільної здатності (ВРЗ), оскільки кратери на зображеннях ВРЗ приблизно еквівалентні розміру 100 пікселів, що забезпечує достатньо інформації для виявлення різноманітних моделей особливостей за допомогою методів дистанційного зондування. Як і в останньому, зображення з дуже високою роздільною здатністю визначаються як дані дистанційного зондування з просторовою роздільною здатністю від 0,3 до 1 метра [9].



а)



б)

Рис 1. Фотографії (а) кратера бомби в Камбоджі [зображення автора[7]] та (б) метеорних кратерів на Місяці [з бази даних обсерваторії Землі НАСА [10]].

Структура виявлення, заснована на машинному навчанні, спирається на переваги зображень ВРЗ шляхом виявлення кратерів бомб через побудову класифікаторів на основі спеціально розроблених функцій - особливо підходящий метод, враховуючи, що виявлення кратера є цільовим завданням навчання з відносно невеликою кількістю доступних зразків. Оскільки бомби-кратери зазвичай дотримуються ізотропності візерунків, структура враховує як форми, так і особливості зовнішнього вигляду, включаючи кругові форми, контури, морфологічні ознаки та градієнти [11]. При будівництві ці нестандартні особливості, цей каркас враховує варіації форм та оточуючих предметів, оскільки деякі кратери розмилися або були закладені протягом п'ятдесяти років після бомбардування. Але, включаючи ширші варіації форм та особливостей зовнішнього вигляду в класифікаторі, пул кандидатів у кратери також повинен містити більше помилкових спрацьовувань. Класифікатор повинен вміти включати безліч типів справжніх позитивів (які, ймовірно, були пропущені в суто евристичних моделях), а також фільтрувати помилкові позитивні результати (які є результатом більш інклюзивного механізму відбору).

1.1.3 Зіставлення даних мобільної мережі з офіційною статистикою за допомогою супутникових зображень

Метадані про мобільні телефони стали популярним джерелом даних, що доповнює офіційну статистику. Коли людина робить дзвінок, надсилає повідомлення або використовує мобільний Інтернет, метадані про цю взаємодію, наприклад мітка часу та місцезнаходження, зберігається в базі даних оператора мобільної мережі (ОММ). Дослідники використовують ці просторово-часові посилання для геолокаційного аналізу. Одна низка досліджень у цій галузі досліджує питання, чи відображається така поведінка, як бідність, грамотність чи

продовольча безпека, у поведінці мобільних телефонів. Точне узгодження цієї поведінки з "базовою істиною" - часто статистичними даними опитувань або переписів, передбачених для статистичних областей - однак представляє головну проблему, оскільки ці два джерела даних не мають спільного посилання. У випадку записів про деталі дзвінків (ЗДД) географічне посилання забезпечується місцем розташування антени, яке часто зберігається як точкова координата фізичного розташування відповідної базової передавальної станції (БПС). Завдяки своїй простоті, в деякій науковій літературі трактуються антени як точкові координати [12]. Однак взаємодії, захоплені антеною, відбуваються не повністю за цією точною координатою, а в межах зони покриття антени - комірки. Хоча антена може бути розташована в одній статистичній області, більша частина комірки може знаходитися в межах сусідньої області. Сучасна спроба вирішити цю проблему полягає у використанні просторових ваг, заснованих на розмірі площі перекриття статистичних областей та комірок, апроксимованих за допомогою теселяції Вороного [13]. Цей підхід має три основні недоліки: по-перше, теселяція Вороного ідеально розділяє простір навколо місць БПС залежно від відстані до навколишнього БПС. Це являє собою наївне наближення справжніх зон покриття, оскільки воно не враховує перекриття, ділянки без покриття та додаткові складності мережі (кілька антен на БПС, спрямованість антен, різні смуги частот тощо) . Наприклад, приблизно 90 мільйонів людей в Африці в 2019 році все ще не були підключені до жодної мобільної мережі, натякаючи на великі діри в покритті. По-друге, навіть незважаючи на те, що поняття «місцезнаходження дому» абонентів конкретного БПС пропонує мережеву альтернативу статистичному поняттю «звичайне місце проживання», воно не відображається в комірках. Оскільки ваги засновані на розмірах площі, теселяція Вороного неявно припускає, що особини / домогосподарства однорідно розподілені всередині клітин, що в більшості випадків не відповідає дійсності. Наприклад, озеро отримало б таке саме значення у створенні сукупних метаданих мобільних телефонів на місцевому рівні, як і однаково розмірна забудована площа. По-третє, оскільки мобільні станції (як правило, визначаються як

комбінація пристрою та SIM-карти) та антени спілкуються за допомогою модульованих радіосигналів, шляхи поширення яких залежать від ряду факторів, таких як погода, зони покриття за своєю природою є стохастичними. Існують більш розроблені підходи до моделювання діапазонів покриття мобільних мереж [14], особливо в області моделювання розповсюдження радіосигналу, що є природним для електротехніки, однак вони часто вимагають детальної інформації про топологію району, ряд технічних деталей, що стосуються мережі інфраструктури та додаткової інформації від пасивних систем моніторингу, якими оператори мобільних мереж зазвичай не бажають ділитися, і в останньому випадку часто не здатні збирати.

Визнаючи це пропонують використовувати інформацію про поселення, витягнуту із загальнодоступних супутникових зображень для врахування неоднорідності комірок всередині мобільної мережі при зв'язку статистичних даних з метаданими мобільного телефону. Спираючись на це, друга частина методології використовує сценарії, коли доступні додаткові технічні специфікації, щоб вирішити проблеми, пов'язані з дірками, перекриттями та нелінійністю в мобільній мережі за допомогою моделювання на основі розповсюдження. Ідея використовувати населені пункти, отримані з загальнодоступних супутникових зображень, як загальне посилення для статистичних одиниць, таких як домогосподарства та держави, для обчислення ваг для відображення метаданих мобільних телефонів та статистичних даних на основі підрахунку населених пунктів у сценаріях, коли підрахунок мобільних станцій недоступний. Таким чином вирішується питання про неоднорідність комірок. Підхід, заснований на розповсюдженні, для врахування дублювань, дірок та нелінійностей у наданні послуг покриття - у разі наявності додаткової інформації про мережеву інфраструктуру. Широкомасштабне імітаційне дослідження на синтетичній сітці населення для систематичного порівняння, точність різних підходів до картографування та їх вплив на прогностичні показники. Реальний додаток, який демонструє вплив вибору відображення на результати в подальшому аналізі.

1.1.4 Оцінка біомаси на плантаціях навколо промислових районів за допомогою стереозображень

Забруднення повітря, ґрунту та води часто збільшується в регіональному масштабі в результаті розширення промислових районів. Для зниження рівня забруднення в даний час застосовуються різні методи; деякі з цих методів виходять за рамки виключного видалення забруднюючих факторів. Наприклад, можливим способом пом'якшення забруднення є створення та підтримка плантацій всередині та навколо промислових районів. Через їх здатність зменшувати викиди парникових газів в атмосферу, плантаціям приділялася особлива увага багатостороннім договорам про зміну клімату, таким як Кіотський протокол. Їх часто вважають «поглиначами вуглецю», і багато досліджень підкреслювали їх життєво важливу роль у наданні екосистемних послуг та поглинанні вуглецю [15]. Крім того, посадка дерев із використанням швидкозростаючих видів, як частина стратегічних планів урядів щодо зменшення атмосферного вуглекислого газу, відповідає міжнародним договорам про зміну клімату.

Стійке планування промислових плантацій вимагає точної, постійної та якісної інформації з поточних та майбутніх статусів на рівні плантаційних насаджень. Отже, точна та сучасна інформація про кількісний та якісний стан насаджень може бути корисною для їх подальшого планування та управління [16]. Зазвичай кількісні дані інвентаризації, такі як діаметр на висоті грудей (ДВГ), висота, базальна площа, обсяг, надземна біомаса та поглинання вуглецю, точно збираються (і частково моделюються) за допомогою польових обстежень. Крім того, численні дослідницькі роботи з оцінки вмісту біомаси та вуглецю на плантаційних плантаціях були повністю засновані на руйнівних наземних дослідженнях. Однак такий збір даних на місцях вимагає великої кількості часу та витрат. Таким чином, необхідно використовувати альтернативні та економічно ефективні методи, які одночасно підтримують високу точність та практичне застосування [17].

Альтернативні рішення, як правило, включають дані дистанційного зондування з активного (LiDAR, RADAR) або багатокутного (стерео) пасивного дистанційного зондування дуже ВРЗ в поєднанні з наземними даними. Використання стереосупутникових знімків із ВРЗ для моніторингу лісів пов'язане з численними перевагами, такими як широке просторове охоплення, відтворюваність аналізу та здатність тривимірної інформації про дерева та висоти деревостанів. Крім того, ці знімки дозволяють підвищити точність оцінки біомаси та вуглецю в поєднанні з польовими даними та методами статистичного прогнозування. Стереозображення складається з пари оптичних зображень з двома різними видами тієї самої області на землі, отриманих за короткий проміжок часу. Ці зображення забезпечують тривимірну перспективу, яка дозволяє отримувати цифрові моделі поверхні (ЦМП). В останнє десятиліття їх порівняно менші витрати та більші охоплення приваблюють проведення ряду досліджень із використанням стереозображень для оцінки кількісних атрибутів лісу, таких як ДВГ, висота, базальна площа, обсяг, надземна біомаса та секвестрація вуглецю [18]. Крім того, виявлення крони дерев є важливою галуззю досліджень при дистанційному зондуванні за допомогою допоміжного аналізу лісів, оскільки він забезпечує засоби для вирішення багатьох пов'язаних завдань, таких як картографування розподілу рослинності, оцінка щільності рослинності, моніторинг змін рослинності та класифікація видів. Використання сучасних даних, таких як стереозображення з ВРЗ та розробка ефективних алгоритмів, може бути адаптоване для виявлення окремих дерев та оцінки їх атрибутів. В рамках існуючих методів алгоритм узгодження шаблонів є важливим методом для розмежування та виявлення дерев. Цей алгоритм був застосований до різних шарів, отриманих із даних хмари точок та зображень з ВРЗ. Застосований алгоритм заснований на підході «узгодження шаблонів», при цьому шаблон базується на геометричній оптичній моделі, що складається з таких параметрів, як кути освітлення, максимальне та освітлене оточення та специфікації розміру дерева. Крім того, застосований підхід включає пошук за рангом на основі значень подібності, де знаки розподіляються таким чином, щоб зберегти

просторовий розподіл дерев. Результати недавнього дослідження продемонстрували, що цей алгоритм може виявляти крони саду з коефіцієнтом кореляції, що досягає 0,88.

Стереозображення ВРЗ для оцінки ряду атрибутів лісу, включаючи надземну біомасу та поглинання вуглецю на репрезентативному місці плантації, розташованому недалеко від сталевого комплексу Мобараке. Ця територія охоплює найбільшу площу плантацій серед цілих промислових центрів Ірану [19] і розташована неподалік від історичного міста Ісфахан, другого за величиною та третього за чисельністю населення міста Ірану, в якому знаходяться 5 пам'яток, занесених до списку культурних спадщин ЮНЕСКО. Однак в даний час Ісфахан стикається з постійною ниткою, порушеною такими проблемами, як посуха, забруднення повітря та води, які глибоко впливають на його ландшафт, туристичні визначні пам'ятки та засоби до існування. Тому насадження дерев відіграють важливу роль для пом'якшення забруднень, що походять від металургійного комплексу і загрожують цьому регіонально (і національно) важливому промислового та культурного регіону. Через велике значення висоти дерев для побудови алометричних рівнянь з біомасою для більшості видів дерев, параметризували видоспецифічні алометричні рівняння, використовуючи висоти дерев, витягнуті з фотограмметричного ЦМП, з подальшим їх подальшим використанням для оцінки секвестрації вуглецю. Очікується, що результати дослідження дадуть інноваційні та глибокі уявлення про моніторинг плантаційних проектів навколо великомасштабних промислових районів у напівзасушливих зонах.

1.1.5 Характеристика та розподіл середовищ існування морської трави в заповіднику Карибського басейну

Морські трави - одні з найцінніших та продуктивних мілководних екосистем в океані. Грядки морської трави забезпечують кілька важливих екосистем, такі як розплідники та місця для годівлі різноманітної кількості

організмів, переробка поживних речовин, рибогосподарські ресурси, стабілізація осадів та вилучення вуглецю з атмосфери [20]. Розподіл морської трави визначається низкою фізичних факторів, таких як температура, доступність світла, струми та енергія хвиль, тип субстрату, солоність та каламутність [21]. Поява або відсутність різних видів морської трави залежить від унікальних пристосувань кожного виду та їх толерантності до мінливості цих факторів. Через високі вимоги морської трави до достатньої кількості світла на них особливо впливають зміни, що змінюють прозорість води.

Грядки морської трави є вразливими і піддаються дії широкого спектру природних та антропогенних стресових факторів, таких як екстремальні погодні явища, хижацтво, механічні пошкодження, підвищена каламутність та евтрофікація, серед інших [22]. Ці екосистеми занепадають у всьому світі, з великими втратами, спричиненими діями людини, особливо стоком осаду та збільшенням поживних речовин. Тому важливо проводити як базові характеристики, так і моніторинг стану та розподілу місць існування морської трави.

Дані пасивного дистанційного зондування у всьому світі, такі як аерофотозйомка та МСЗ ефективно використовуються для картографування та моніторингу мілководдя ліжка з морською травою. Найчастіше використовувани мультиспектральні супутникові дані які надходять із датчиків Landsat та зображень WorldView 2 і 3 [23], хоча остання надає більш детальну та репрезентативну інформацію про розподіл морської трави через її вищу просторову роздільну здатність. Щоб врахувати різноманітність даних віддаленого зондування та проблеми картографування в різних умовах навколишнього середовища, методи картографування морської трави еволюціонували та адаптувались до конкретних місцевих потреб. Наприклад, об'єктний аналіз зображень нещодавно застосовується для традиційних ручних розмежувань та класифікацій на основі пікселів, оскільки він витягує просторові особливості екологічного інтересу, включаючи спектральну сигнатуру, форму та структуру донних особливостей.

У заповіднику острова Каха-де-Муерто, Пуерто-Рико, про стан та динаміку ліжок морської трави відомо мало. Оновлена інформація про розподіл морської трави та історичні зміни в заповіднику допоможе особам, які приймають рішення, зрозуміти та ефективно керувати ресурсом. Дослідження за допомогою супутникових знімків є першою частиною більш широкого аналізу для оцінки довгострокових змін (1950–2014) у розподілі морської трави в межах Каха-де-Муерто.

1.1.6 Оптимізовані параметри продуктивності нічних МСЗ для аналізу освітлення в міських районах

Нічне оптичне дистанційне зондування у видимому та БІД електромагнітного (ЕМ) спектру в значній мірі поступається як своєму денному аналогу, так і нічному дистанційному зондуванню в тепловому інфрачервоному діапазоні. Навіть якщо існує великий розрив щодо кількості та різноманітності доступних місій та продуктів, існує попит на такі нічні продукти. Інтерес до таких продуктів зростає, що видно із збільшення кількості заявок. Сюди входять моніторинг населених пунктів та динаміки міст, оцінка демографічної та соціально-економічної інформації, світлове забруднення та його вплив на екосистеми та здоров'я людини та астрономічні спостереження, споживання енергії та потреби, виявлення спалахів газу та лісових пожеж, стихійне лихо оцінка та оцінка політичних криз та війн [24]. Більшість із цих програм походять від даних, пов'язаних із штучним освітленням, яке випромінює переважно у видимому та БІД. Отже, сильніший фокус на оптичному нічному дистанційному зондуванні є обґрунтованим. Однак метою перших даних супутникового датчика зображень при слабкому освітленні, а саме DMSP-OLS у 1976 р., був збір даних про глобальний хмарний покрив день і ніч, виявлення нічних джерел викидів БІД було широко використовуваним побічним продуктом. Наприклад, для отримання важливої соціально-економічної інформації тип освітлення є, однак, набагато сильнішим показником економічного зростання, ніж виключно інтенсивність

світла, що використовується в більшості досліджень [25]. У 2011 році стало можливим значне поліпшення просторової роздільної здатності з 2700м до 750м та меж виявлення з появою наступного проекту, AEC-VIIRS- DNB, але з щоденним глобальним покриттям. На додаток до цих панхроматичних (500–900нм) нічних знімків на космічній основі, трихроматичні мають форму фотографій з просторовою роздільною здатністю від 10м до 200м, зроблених астронавтами на борту МКС нерегулярно з 2003 р. Інші панхроматичні дані отримуються лише на Китаєм часто з просторовою роздільною здатністю 130м з 2018 р. та 0,7м з 2013 р. Інші дані з кількома спектральними смугами спорадично отримуються лише з просторовою роздільною здатністю 120м за допомогою AC-5 (AC-4 з подібною спектральною роздільною здатністю) з 2013 року та 0,9м за допомогою JL1-3B (подібна спектральна роздільна здатність) з 2017р. Крім того, спорадично отримані нічні зображення оперативних денних місій виявляють межі виявлення, наприклад, для Landsat-8 лише для багатьох спектральних смуг [26].

Потреба у більш точних спектральних та просторових роздільних здатностях висловлювалась багато разів. Наприклад, натрієву лампу високого тиску неможливо відрізнити від світлодіодної лампи на панхроматичних зображеннях, і перетворення з натрієвої лампи високого тиску на світлодіодну навіть неправильно спостерігається як зменшення потоку світла для типових панхроматичних зображень. Наприклад, вулицю з однією лампою на кожні 25м неможливо відрізнити від вулиці з двома лампами на кожні 50м у роздільній здатності 100м відповідно до теореми про вибірку Найквіста. Незважаючи на пропозицію про місію Nightsat у 2007р., досі немає космічної нічної місії у видимому та БІД з просторовою роздільною здатністю менше 100м, кількома спектральними смугами та глобальним покриттям.

Наприклад, для денних зображень рекомендуються чотири спектральні смуги, як правило, синій (457–523нм), зелений (542–578нм), червоний (650–680нм) і БІД 1 (784–900нм) (для Sentinel-2) і панхроматичну смугу (450–800нм). Крім того, пропонуються спектральні смуги червоного краю (705–740нм) та БІД 2 (960–1040нм). Для нічних знімків зазвичай використовують ті самі датчики. Для

того, щоб визначити оптимальні спектральні та радіометричні характеристики для виділених нічних зображень БІД, важливо зазначити, що наявні дані, наприклад, на основі повітряно-десантних кампаній, забезпечують лише панхроматичні зображення з високою радіометричною роздільною здатністю або високоспектральні зображення із лише низькою радіометричною роздільною здатністю ([27], Лас-Вегас, штат Невада, США). Отже, ці джерела не визначають задовільно оптимальні параметри та характеристики датчика; натомість потрібне наскрізне моделювання датчика в контрольованих середовищах для проведення реалістичного та точного обстеження.

Тож рекомендують спектральні та радіометричні параметри нічного датчика, необхідні для підтримки вимог громади, а також вимог освітлювальної інженерної спільноти та широкої громадськості, з основним акцентом на міському середовищі та виявленні та диференціації штучних зовнішніх джерел опромінення при обов'язково високій просторовій роздільній здатності.

1.1.7 Тендітна прозорість: аналіз супутникових знімків та візуальні зображення безпеки

В останні роки Південно-Китайське море перетворилося на територію інтересів для комерційних супутників спостереження Землі. Китайська діяльність з меліорації земель та будівництво радіолокаційних веж або десантних смуг стають видимими завдяки використанню супутникових зображень на веб-сайтах із особливим інтересом, а також у великих газетах США. З метою надання "об'єктивної" інформації та підвищення регіональної прозорості програму проводить Центр стратегічних та міжнародних досліджень (CSIS), аналітичний центр, що базується у Вашингтоні, який "був присвячений пошуку шляхів підтримання американської популярності та процвітання як сила добра у світі" [28]. Для своїх постійних аналізів АМТІ покладається на комерційних постачальників супутникових знімків, таких як DigitalGlobe, контролювати цю сферу також інтересів безпеки США. Такі інтереси підтверджуються через так звану операцію свободи плавання військових кораблів США, які плавають у зоні

12 морських миль на штучних островах Китаю і сприймаються як виклик територіальним претензіям країни.

У цьому прикладі ми знаходимо складну мережу діючих осіб, яка демонструє, як геополітика переплітається з технічно-політичним розвитком дистанційного зондування, різноманітним колом користувачів та їхніми твердженнями на основі супутникових зображень. У цьому випадку неурядова організація заявляє про підвищення прозорості шляхом використання комерційних супутникових знімків стосовно питань безпеки. Більше того, це вираз більш загальних суперечок щодо нових можливостей, які комерційні супутникові знімки пропонують недержавним суб'єктам у сфері прав людини, розповсюдження ядерної зброї або стихійних лих. З початку нового тисячоліття широкий спектр компаній, адвокаційних груп та дослідників захоплюються цими новими можливостями спостерігати за ситуаціями безпеки, які раніше були практично недоступні через політичні чи географічні обмеження. У той же час, більше комерційних постачальників зображень приєднуються до цієї галузі та вносять свій внесок у цей захоплений дискурс у спільноті дистанційного зондування щодо перспектив того, що супутникові знімки нібито забезпечують «глобальну прозорість» [29]. Центральним у цій дискусії є припущення, що аналіз недержавних суб'єктів може доповнити, поставити під сумнів або перевірити твердження державних знань щодо питань, що стосуються безпеки. Подальше, сама прозорість сприймається як корисний інструмент у глобальній безпеці „для відвернення напористої поведінки та конфліктів та створення можливостей для співпраці та зміцнення довіри” [30]. На цьому тлі ми пропонуємо критично взяти під увагу потенціал технологічних інновацій для демократичних змін, коли йдеться про зв'язок прозорості та комерційних супутникових зображень.

У контексті аналізу комерційних супутникових знімків прозорість можна широко розуміти як зусилля, вживані головним чином недержавними суб'єктами для підвищення видимості діяльності, що відбувається у віддалених районах, які сприймаються як загроза міжнародній або внутрішній безпеці. Ідея прозорості виглядає як центральна риса серед неурядових аналітиків супутникових знімків,

оскільки вони впевнені, що надання речей видимого сприяє притягненню суб'єктів до відповідальності за свої дії. [31] Більш тонке розуміння прозорості як крихкої, часто делікатної, неповної та схильної до постійних соціально-політичних змін. Виробництво технологічних змін у супутникових технологіях та поява нових сузір'їв акторів перекроюють питання про прозорість та владу.

1.2 Різновиди палітр супутникових знімків

Будь-який N колір вибирається із широкого діапазону кольорів, а їх координати (зазвичай: R , G та B) зберігаються в спеціальній таблиці - палітрі. Дані растрових зображень із використанням палітри - це масив, що зберігає цифри (індекси) кольорів у палітрі. Графіка палітри дозволяє поєднувати широкий діапазон кольорів відео з низьким обсягом пам'яті.

Режими палітри - це режими зображення, для кожної точки можна отримати один із невеликої кількості (від 2 до 256) кольорів. Відео пам'ять у таких режимах розділена на дві частини: таблицю кольорів (палітру), яка містить червоний, зелений та синій кольори для кожного кольору, та буфер кадру, який зберігає кількість кольорів у палітрі для кожного пікселя. Деякий час палітру можна змінювати незалежно від буфера кадру. Якщо на екрані якимось з'являється зображення необхідної палітри, це демонструє певний візуальний ефект [32].

Щоб відобразити зображення з більш ніж 256 кольорами на 256-кольоровому екрані, ви можете створити палітру відповідно до кольорів вимоги. Якісний дизайн палітри з 256 кольорами може зайняти досить тривалий час (до секунд на комп'ютерах). Тому там, де потрібна швидкість (Інтернет, ігри, відтворення відео), палітра кодується в графічних даних, а не створюється динамічно. Файли палітри або індексу - це графічні файли, розташовані подібним чином. Як і в режимі відео палітри, замінивши палітру, ви можете перемалювати об'єкт (наприклад, в комп'ютерній грі є машини з шістьма кольорами, а файл даних зберігає одну з машин з шістьма палітрами). Режим палітри відео фактично не використовується в сучасних моніторах комп'ютерів.

Індекс кольорового зображення - це зображення, колір кожного елемента якого вказаний у спеціальній таблиці-палітрі. Отже, кожен елемент зображення (піксель) у пам'яті представлений не реальним кольором, а певним індексом стану. Згідно таблиці кольорів (палітри) він декодується у справжній колірний компонент, так що "справжній" колір кожного такого елемента в даній колірній моделі. Перевага цієї моделі представлення растрових зображень полягає в тому, що вона може значно зменшити обсяг пам'яті, необхідної для подання зображення, і при цьому використовувати будь-який кольоровий відтінок. Наприклад, для представлення 4-кольорового зображення в пам'яті, крім зберігання самої палітри (що не важливо для великих сіток), достатньо лише 2 біт на піксель та 1 стандарт для 8 біт Байти можуть зберігати дані в 4 послідовних точках сітки. На відміну від цього, для повнокольорового растрового зображення з 24 бітами на піксель на точку потрібні 3 байти [33].

В епоху, коли підсистеми комп'ютерної графіки, що використовують повнокольорові зображення, не були широко поширені, використовуючи зображення кольорового індексу (палітри) для отримання швидких спецефектів в іграх та науково-технічних системах обробки зображень. На 2019 рік індексні сітки широко використовуються в науці та техніці для картографування та аналізу об'єктів та явищ, наприклад у геоінформатиці.

Шкала сірого - це кольоровий режим зображення, що відображається в сірих відтінках. Відтінки сірого означає, що кожен піксель на зображенні використовує один байт (8 біт) інформації і передає 256 рівнів сірого (яскравість) або яскравості (значення 0-чорного, значення 255-білого). Сіра шкала відображає особливу інтенсивність світла кожного пікселя у видимій частині електромагнітного спектра. У блоці палітри зберігаються дані таблиці кольорів, пов'язані з даними зображення. Цей блок існує у файлі лише тоді, коли дані зображення використовують формат (індекс кольору).

У комп'ютерній графіці палітра - це обмежений набір кольорів, що дозволяє відображати графічну систему комп'ютера (кольори, проіндексовані синонімами). Виберіть обмежену кількість кольорів із великого кольорового простору, і їх

власні координати (зазвичай вибирають R, G, B) зберігаються у спеціально визначеній палітрі таблиці. Графічні дані палітри з використанням палітри - це масив, що використовується для зберігання чисел (індексу) кольорів у палітрі. Графіка палітри поєднує велику кількість зображень із низьким споживанням пам'яті.

Індекс кольорового зображення - зображення з кольорами, визначеними в спеціальній палітрі таблиці. Кожен елемент на зображенні має умовний індекс як колір, і кольоровий індекс декодується в дійсний колірний компонент за допомогою таблиці кольорів (палітри), що дозволяє створювати кожен з цих елементів у задана кольорова модель Колір.

Двійкове (дворівневе, двійкове) зображення - це цифрове растрове зображення, в якому весь піксель може бути представлений лише одним із цих двох кольорів. Значення кожного з цих пікселів умовно кодується як "0" та "1". Значення "0" часто називають фоном або "1" - переднього плану (переднього плану). Як правило, при зберіганні цифрових двійкових зображень використовуються растрові зображення, де один біт інформації використовується для представлення яскравих пікселів. На ранніх стадіях технології колір двійкових зображень був чорно-білим, тому такий тип зображень називають одинарним зображенням, монохромним зображенням, чорно-білим зображенням, що не зовсім правильно. При використанні кольорів жимолості з різною яскравістю двійкове зображення може розглядатися як окремий корпус індексованого кольорового зображення з двома різними палітрами тонів або як окремий випадок напівтонового зображення. [34]

Двійкові зображення растрових зображень використовуються для представлення та зберігання зображень за допомогою цифрових растрових зображень, де кожному елементу (пікселю) зображення присвоюється 1 біт інформації. Оскільки можливе лише два значення пікселів ("0" та "1"), двійкові зображення та окремі двійкові файли добре стискаються у вищому ступені і містять дуже мало даних. Растрове зображення. Розмір одного нестиснутого зображення розміром 640 x 480 пікселів становить лише 37,5 КБ. Для порівняння,

ємність нестиснутого кольорового растрового зображення такого ж розміру з глибиною 24-бітний колір - 900 КБ. За визначенням, растрові зображення не мають напівтонів. Але півтони можуть передаватися по всій групі пікселів в одному прозорому кольорі з різною щільністю. Багато форматів растрових зображень (BMP, GIF, PCX, TIFF тощо) підтримують відповідне кодування одного зображення. Більшість форматів файлів растрових зображень зберігають двійкові растри, такі як TIFF, BMP, PCX тощо. Напівтонове зображення - це зображення з безліччю тональних значень, які змінюються безперервно і плавно. Прикладом напівтонового зображення є фотографія. Кольорове зображення - у цій кольоровій моделі (RGB, CMYK тощо) кольорові компоненти представлені значеннями їх компонентів.

1.3 БПЛА для аерофотозйомки місцевості

Безпілотники використовуються в широкому діапазоні областей - від прогнозування надзвичайних ситуацій, державного прикордонного контролю, нагляду за трасами, спостереження за атмосферою та погодою, до запобігання несанкціонованому вирубці лісів та браконьєрству в парках, національних та заповідних територій. Вони можуть використовуватися для експлуатації або контролю стану технічних об'єктів, доріг та залізниць, аеропортів та морських портів та трубопроводів. У надзвичайних ситуаціях військові установи та системи швидкого реагування впроваджують найшвидші нововведення. Багато років люди намагаються обладнати безпілотники для цивільної аерофотозйомки. Однак не всі виробники можуть ефективно використовувати для цього безпілотні літальні апарати.

Якщо розглядати можливість використання дронів у сільськогосподарських цілях, то розвиток цієї технології має перспективи. Сьогодні, після встановлення цифрових камер (тобто камер та відеокамер), маленькі безпілотники можуть використовуватися в областях: аерофотозйомка для розробки детальних регіональних планів або для здійснення довгострокові опитування будинків;

планування використання сільськогосподарських та промислових земель (особливо для густонаселених районів); перевірка місць зберігання небезпечних та токсичних речовин, доступ до цієї зони обмежений або небезпечний.

При розробці генерального плану на основі даних, отриманих за допомогою безпілотників, слід створити широкомасштабний план сільського поселення [35]. Це, в свою чергу, стосується встановлення реєстрації земель та меж конкретних територій. На відміну від наземних методів геодезичних зйомок, включаючи використання приймачів GPS для швидких зйомок і зйомок, безпілотні літальні апарати дозволяють швидко і недорого проводити аерофотозйомки невеликих територій для підготовки кадастрових карт та ортографічних фото.

Протягом десятиліть аерофотознімки були ефективним інструментом геодезичних зйомок, геофізичних зйомок та різних видів спостереження. , вартість використання літаків та вертольотів для місцевої масової стрільби значно вища. Тому альтернативним рішенням є використання БПЛА з ребрами. Необхідно оптимізувати технічні рішення щодо використання безпілотників при фотографуванні безпілотників. При використанні безпілотників для аерофотозйомки місцевості необхідно вирішити безліч проблем, щоб забезпечити: стійкість безпілотника під час польоту; збереження заданої швидкості польоту; правильність аналізу; зменшити кут нахилу.

Типове авіаційне обладнання для безпілотників, як правило, включає цифрові камери або відеокамери, іноді на стабілізованій гіроскопом платформі, та інфрачервоні камери або сканери. У деяких випадках безпілотні літальні апарати будуть оснащені лазерними далекомерами або лазерними сканерами, а середні та важкі безпілотні апарати будуть оснащені радіолокаційними станціями із синтетичною апертурною антеною.

Звичайно, безпілотне або дистанційно кероване обладнання може відповідати всім характеристикам роботизованих систем. Найголовніше - це те, що вони можуть виконувати завдання автоматично без присутності виконавця в небезпечних ситуаціях, щоб вони могли виконувати постійну роботу, яка вимагає певних знань та концентрації.

Різні аспекти використання безпілотних систем для різних видів спостереження. Цей комплекс використовується для оновлення та вдосконалення геопросторової інформації. [36] Сформоване зображення накладається на цифрову модель висоти, тоді дані можуть бути використані для вимірювання відстані, визначення площі та використання їх як основи для іншої інформації, що укладається шар за шаром. Однак у традиційному розумінні розробка та виробництво сучасних безпілотних літальних комплексів не є головним завданням авіабудування. У зв'язку з цим літак виконує одну з важливих функцій, яка є засобом пересування.

Найбільш потрібні дані супутникових знімків з високою просторовою роздільною здатністю (особливо МСЗ). Розмір цих знімків може перевищувати 1 Гб, і для економії дискового простору на них часто використовуються алгоритми стиснення, без втрат (ZIP, RAR, 7Z-архів тощо) зменшують розмір на кілька відсотків та збитки (JPEG, ECW, MRSID)) стискаються десятки разів, залежно від допустимих втрат. Стиснення на супутнику є особливо ефективним і може суттєво зменшити вимоги до пропускну здатності радіолінії, що використовується для відхилення даних дистанційного зондування, що надзвичайно важливо для мікросупутників та наносупутників. При стисненні з втратами, враховуючи можливість подальшої обробки зображення (зокрема класифікації), дуже важливо правильно встановити швидкість стиснення. [37] Опитування, проведені на безпілотних літальних апаратах, допомагають уточнити інформацію, отриману за допомогою супутників. Безпілотник залишається в повітрі від 15 до 30 хвилин і робить зображення з високою роздільною здатністю, які потім слід об'єднати в єдиний ортофото (фотографічний план району, заснований на точній геодезії).

1.4 Бази даних супутникових зображень

Супутники фотографували землю багато років. Основною різноманітністю нашої інформації є Геологічної служби США та проекту Коперника

Європейського Союзу. Знімки отримані як у видимому, так і в інфрачервоному світлі. Віддаємо належне безкоштовним і знаходимо відкриті бази даних супутникових знімків, але вони завжди мають великі розміри та певний формат. Безкоштовний доступ до найближчих двох основних взаємопов'язаних супутникових сигналів має низьку деталізацію зображення і не існує в холодну погоду. Для першого успішного застосування сучасної машинної техніки для вирішення проблеми. Інша причина - аналізувати знаки протягом години та повідомляти радіолокаційні дані супутника Сентинел-1, оскільки неможливо підтримувати стабільну погоду.

База даних потрібна з різних причин. Керування великими обсягами даних, адже можливо зберігати дані в електронній таблиці, але додавання великих обсягів даних на робочий лист взагалі не буде працювати. Наприклад: якщо обсяг даних збільшиться до тисяч записів, це призведе лише до проблем зі швидкістю. Під час обробки файлів введення даних у електронних таблицях важко керувати точністю, оскільки в них немає перевірки. Простота оновлення даних адже за допомогою бази даних ви можете налаштувати дані за потреби. Крім того, дані можуть редагувати кілька людей одночасно. Захист даних у цій структурі не можна заперечувати. Захист ваших даних у електронній таблиці низький. Будь-хто може легко отримати доступ до файлу та змінити його. У вас є групи безпеки та привілеї, встановлені для обмеження доступу до бази даних. Цілісність даних також стає проблемою при зберіганні даних у електронних таблицях. Точність та узгодженість даних можна забезпечити в базі даних завдяки вбудованій перевірці цілісності та контролю доступу.

Файлова система бази даних є дорогою і великою. Ви можете забезпечити пришвидшений доступ до файлової системи та до інших стандартних продуктів (наприклад, до багатьох веб-серверів у майстрі операційної системи), щоб асинхронні файли перекривались, а в файловій системі не було порожнього інтерфейсу. Зображення, отримані з бази даних, не можна розглядати як процес оптимізації. Якщо цілісність зображень та операції важливі, то можна використовувати веб-сервери, які не вимагають спеціального кодування або

обробки для доступу до зображень у певних базах даних файлової системи. Різниця між метаданими бази даних та даними файлової системи є більш складною, тому (в контексті веб-програми) дуже важливо забезпечити передачу даних з файлової системи на диск.

Бази даних потрібні для збереження наших даних за запитом. Змінити наші дані за запитом - щоб можна було легко витягти зображення і покласти на їх місце нові. Знайти ці дані за запитом - щоб швидко знайти різні зображення за форматами, датою, способом зйомки. Не дати прочитати ці дані тим, кому не слід, а кому треба - дати. Підтримувати порядок і не дати захламлювати - адже систематизація завжди присутня. Мати можливість масштабувати просто додавши необхідну кількість під серверів.

Якщо в базі даних є зображення, деякі дані можуть бути втрачені, тому що якщо ви хочете зменшити свої витрати за рахунок цього, то він буде змінюватися динамічно. Зображення, що зберігаються в базі даних, не потребують стратегії резервного копіювання. Якщо в базі даних зберігаються зображення отримані з файлової системи, то буде легше керувати та отримувати до них доступ. Неактивний адміністратор може відновити доступ до будь-якої папки на диску. Щоб знайти зображення в базі даних, потрібен відповідний адміністратор. Для передачі зображення потрібен додатковий код і том може бути потужнішим без прямого доступу до файлу.

1.5 Висновки до розділу

Попередні дослідження стиснення зображень (як правило, без урахування впливу на додаток користувача) дійшли висновку, що алгоритми, засновані на вейвлетах, такі як JPEG 2000 (стандарт ISO з 2000 р., Переглянутий у 2004 р.), отримують кращі результати, ніж дискретне косинусне перетворення (ДКП), таке як JPEG. Таким чином, JPEG 2000 представляється варіантом, який слід вивчати далі з точки зору впливу стиснення на додаток для кінцевого користувача, наприклад класифікацію культур. Консультативний комітет систем космічних

даних (CCSDS) розробляє стандарти обробки космічних даних для стиснення на борту з 1982 року. Рекомендація щодо стиснення даних зображень (IDC) (CCSDS 122.0-B-1) - це стандарт стиснення без втрат та втрат. спеціально для використання на борту космічної платформи. Цей стандарт шукав баланс між складністю алгоритму та його продуктивністю, і, отже, його можна легше впровадити за допомогою апаратного та програмного забезпечення. Процес кодування CCSDS-IDC розділений на дві частини. Спочатку виконується 2Д-дискретне вейвлет-перетворення (з трьома рівнями LGD) для декореляції вихідних даних. Потім перетворені дані переставляються в блоки 8×8 , які згруповані в сегменти. Нарешті, кожен сегмент кодується незалежно кодером площини бітів.

Стиснення CCSDS та JPEG 2000, приділяючи особливу увагу як обробці даних корисного навантаження, так і додаткам на стороні користувача. Цей подвійний підхід може бути застосований для того, щоб визначити як момент в ланцюзі обробки, коли слід застосовувати стиснення (на борту або в кінці ланцюга обробки), так і аналіз, який потрібно виконати (оцінка шуму або остаточна оцінка програми). Ефекти як стискання на борту, так і на стороні користувача вивчали з точки зору точності стиснення та застосовуваного підходу, тобто класифікації зображень.

РОЗДІЛ 2. ВІДОМОСТІ ПРО ІСНУЮЧІ ВИДИ СТИСНЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ

2.1 Стиснення цифрових зображень

Ще в 1980-х роках Microsoft розробила рішення для передачі агностичних зображень на пристрої растрових зображень: формат файлу BMP. Ідея формату файлу BMP полягає у призначенні значення кольору для кожного пікселя. Отже, якщо існує растрове зображення 480×360 , яке підтримує 16 мільйонів кольорів (24 біти), зображення буде розташоване десь на північ від 4 МБ. Якщо треба зробити кілька якісних зображень, це точно не ідеально. Тому потрібно задати питання. «Чи є спосіб оптимізувати растровий вигляд, щоб зберегти візуальну цілісність

зображення, але використовувати менше ресурсів?» Відповідь так. Виявляється, більшість споживачів більше цікавлять зображення, як наочний посібник, ніж важку працю.

Уявімо звичайне фото моста, де є достатньо деталей, щоб зрозуміти що це за міст. Тому, поки компроміс прийнятний, більшість людей насправді хочуть торгувати з візуальною швидкістю. Наприклад, якщо суб'єктивне зниження якості зору становить 1%, але споживач економить 90% простору, це зазвичай вітається. Тому одним з головних факторів стиснення растрових зображень є оптимізація візуального не роз'єднання. Видалення деяких пікселів, які неможливо розрізнити неозброєним оком. Це називається стисненням з втратами, і це найпоширеніший тип стиснення, який ви можете побачити при потоковому передаванні відео в онлайн-зображеннях. Принципи роботи кодеків H.264, HEVC, HEIF та JPEG такі.

Інші типи зображень (наприклад, PNG) стискаються без втрат. Ідея полягає в тому, щоб зберегти повну візуальну цілісність вихідного зображення, але використовувати менше байтів, щоб зобразити одне і те ж. Однак існують інші формати файлів, такі як WebP, які підтримують стиснення з втратами та без втрат. Чому ми хочемо стискати речі, не завдаючи збитків? Як зазначалося вище, він ґрунтується на іміджі для досягнення мети. Наприклад, піктограми програм зазвичай мають формат PNG (нещодавно у форматі векторної графіки). Стиснення зображення без втрат складається з великих файлів, а не із стисненням із втратами. Основна причина полягає в тому, що перший метод менш стислий, ніж другий.

2.1.1 Алгоритм стиснення JPEG

Загальні кроки (рис. 2) щодо стиснення JPEG виконуються донині при стисненні відео. З роками алгоритм вдосконалювався, але загальні поняття залишаються незмінними. По-перше це перетворення кольорового простору зображень починається з перетворення вихідного формату зображення RGB на значення Chroma (r та b) та Luminance (Y). Ідея полягає в тому, що наші очі

більш чутливі до змін яскравості, ніж до кольору. Отже, ми фактично можемо зменшити вибірку кольорового діапазону зображення, не помітно впливаючи на візуальну якість зображення.

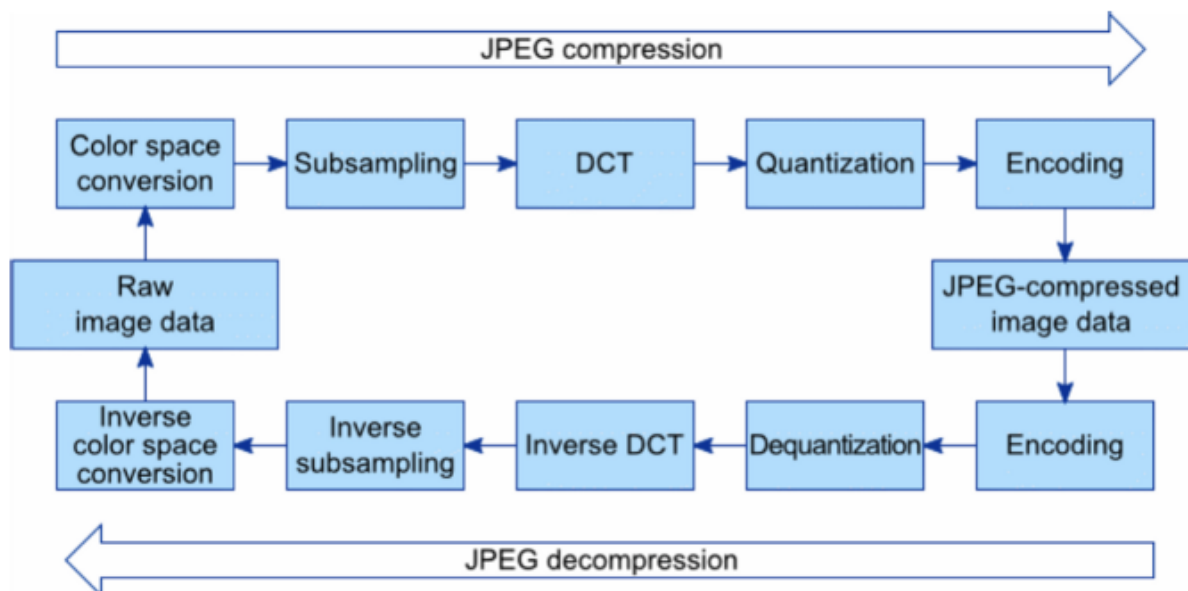


Рис. 2 Огляд стиснення JPEG

По-друге підбірка кольоровості адже багато геймерів можуть згадати, що субдискретизація є однією з можливих ручок, яку вони можуть встановити для оптимізації свого ігрового досвіду. Основна ідея полягає в тому, що чим більше робиться субдискретизація, тим швидшою є продуктивність гри. Це пов'язано з тим, що гра вимагає меншої гами кольорів для візуалізації. Підвибірку кольоровості позначають $J:a:b$, при цьому J - це кількість пікселів для під вибірки, а, що представляє пікселі верхнього рядка, а b - пікселі нижнього рядка. У випадку $4:4:4$ це означає, що в пікселях 4×2 перший рядок (а) повинен мати 4 кольори, а також другий рядок. У випадку $4:2:2$ це означає, що в пікселях 4×2 перший рядок повинен бути представлений двома кольорами, а також другий рядок. У випадку $4:2:0$ це означає, що в 4×2 пікселі перший рядок повинен бути представлений двома кольорами, а другий рядок копіює над тим, що знаходиться в першому рядку. Як ви можете бачити. завдяки підсимпліруванню кольоровості можна зменшити діапазон кольорів на цілих 75%.

Дискретна трансформація косинусів стиснення JPEG здійснюється шляхом нарізання вихідного зображення на шматок розміром 8×8 пікселів. На цьому кроці ми призначаємо коефіцієнти для шматка 8×8 на основі сигналів, показаних нижче. Ідея тут полягає в тому, що коли людське око рухається від верхнього лівого кута до нижнього правого, тим важче це сприйняти. Тому зазвичай трапляється так, що при присвоєнні коефіцієнтів лівий верх отримує дуже велике значення, і він опускається, коли рухається вниз по діагоналі.

Після застосування ДТК наступний крок називається квантуванням. Тут до отриманих значень ДТК застосовується таблиця квантування. Таблиця відрізняється між алгоритмами стиснення, і деяке програмне забезпечення дозволяє користувачеві встановити величину квантування, яку він хоче використовувати. Зверніть увагу, що цифри піднімаються вище, коли людина рухається з верхнього лівого кута в правий нижній. Це навмисно. Ідея квантування полягає в тому, що отримані дані з ДТК діляться з таблицею квантування. Тут стиснене зображення сильно втрачає, якщо його дані. Оскільки нижні праві числа є високими, більшість його значень в решті-решт стануть нульовими після ділення.

Ентропійне кодування за допомогою кодування - останній крок стиснення. Ось як це працює. Припустимо, треба представити діапазон чисел за допомогою бітів. Більше того, потрібно представити їх таким чином, що витрачається найменша кількість бітів для подання. Як це можна зробити, це те, що сильно повторювані числа отримують нижчі біти. Наприклад, якщо нуль представлений багато, то зазвичай призначають йому нижчі біти. Ідея тут полягає в тому, що ви використовуєте менше бітів, щоб представити довший набір значень. Кодування Хаффмана - це алгоритм стиснення без втрат, який також використовується при стисненні текстових файлів. Роблячи це, можна заощадити до 50% від початкового розміру. Стиснення - це просто одна частина рівняння. Коли потрібно відтворити зображення, він повинен змінити процес стиснення, перш ніж він зможе відтворити зображення на екрані. JPEG приблизно на 90% менше, ніж його растрові зображення. На сьогоднішній день це все ще найпопулярніший

доступний формат стиснення зображень. Новіші алгоритми, такі як HEIF (2013) та AVIF (2018), збільшують діапазон пікселів, які можна використовувати для алгоритму стиснення.

Незважаючи на популярність JPEG, новіші формати забезпечують краще стиснення. Наприклад, WebP, загалом, становить приблизно 70% розміру JPEG, і все ж здатний підтримувати візуальну цілісність зображення. Отже, Google (компанія, яка розробила WebP) наполягає розробників на перекодуванні своїх зображень з JPEG на WebP. Однак підтримка WebP все ще менше, ніж JPEG.

2.1.2 Кодування Хаффмана

Кодування Хаффмана - ефективний метод стиснення даних без втрати інформації. В інформатиці інформація кодується як біти - 1 і 0. Рядки бітів кодують інформацію, яка повідомляє комп'ютеру, які інструкції виконувати. Відеоігри, фотографії, фільми та багато іншого кодуються як рядки бітів у комп'ютері. Комп'ютери виконують мільярди інструкцій в секунду, а одна відео гра може складати мільярди бітів даних. Неважко зрозуміти, чому ефективне та однозначне кодування інформації є темою, що цікавить інформатику.

Кодування Хаффмана забезпечує ефективний, однозначний код, аналізуючи частоти, які певні символи з'являються в повідомленні. Символи, які з'являються частіше, кодуються як коротший бітовий рядок, тоді як символи, які використовуються не стільки, кодуються як довші рядки. Оскільки частоти символів різняться залежно від повідомлення, немає коду Хаффмана, який би працював для всіх повідомлень. Це означає, що кодування Хаффмана для відправки повідомлення X може відрізнитися від кодування Хаффмана, що використовується для відправки повідомлення Y . Існує алгоритм генерації кодування Хаффмана для даного повідомлення на основі частот символів у цьому конкретному повідомленні. Кодування Хаффмана працює за допомогою сортуваного за частотою двійкового дерева для кодування символів.

В теорії інформації мета, як правило, полягає в передачі інформації з якомога меншою кількістю бітів таким чином, щоб кожне кодування було однозначним. Наприклад, щоб кодувати A, B, C та D з якомога меншою кількістю бітів, кожна буква може кодуватися як "1". Однак при такому кодуванні повідомлення "1111" може означати "ABCD" або "AAAA" - це неоднозначно. Кодування може бути як фіксованої, так і змінної довжини.

Кодування з фіксованою довжиною - це те місце, де кодування для кожного символу має однакову (Таблиця 2.1.2) кількість бітів.

Таблиця 2.1.2

A	00
B	01
C	10
D	11

Кодування змінної довжини - це те місце, де символи можуть кодуватися з різною (Таблиця 2.1.3) кількістю бітів.

Таблиця 2.1.3

A	000
B	1
C	110
D	1111

Код Хаффмана - це спосіб кодування інформації за допомогою рядків змінної довжини для представлення символів залежно від того, як часто вони з'являються. Ідея полягає в тому, що символи, які використовуються частіше, повинні бути коротшими, тоді як символи, які з'являються рідше, можуть бути довшими. Таким чином, кількість бітів, яка потрібна для кодування даного повідомлення, в середньому буде меншою, ніж у випадку використання коду фіксованої довжини. У повідомленнях, які містять багато рідкісних символів,

рядок, що створюється кодуванням змінної довжини, може бути довшим за рядок, котрий створюється кодуванням фіксованої довжини.

Важливо, щоб схема кодування була однозначною. Оскільки кодування змінної довжини сприйнятливі до неоднозначності, потрібно подбати про створення схеми, де двозначності уникати. Кодування Хаффмана використовує жадібний алгоритм для побудови дерева префіксів, яке оптимізує схему кодування, щоб найбільш часто використовувані символи мали найкоротше кодування. Дерево префіксів, що описує кодування, гарантує, що код будь-якого конкретного символу ніколи не є префіксом бітового рядка, що представляє будь-який інший символ. Щоб визначити двійкове присвоєння символу, зробіть, щоб листя дерева відповідали символам, і присвоєнням буде шлях, який потрібно пройти від кореня дерева до цього листа.

Алгоритм кодування Хаффмана бере інформацію про частоти або ймовірності виникнення певного символу. Він починає будувати дерево префіксів знизу вгору, починаючи з двох найменш вірогідних символів у списку. Він бере ці символи та формує піддерево, що їх містить, а потім видаляє окремі символи зі списку. Алгоритм підсумовує ймовірності елементів у піддереві та додає піддерево та його ймовірність до списку. Далі алгоритм здійснює пошук у списку та обирає два символи або піддерева з найменшими ймовірностями. Він використовує їх для створення нового піддереву, видаляє вихідні піддерева / символи зі списку, а потім додає нове піддерево та його комбіновану ймовірність до списку. Це повторюється, поки не буде одного дерева і всі елементи не будуть додані.

Алгоритм кодування Хаффмана:

- 1) візьміть список символів та їх вірогідність.
- 2) виберіть два символи з найменшою ймовірністю (якщо кілька символів мають однакову ймовірність, виберіть два довільно).
- 3) створіть бінарне дерево з цих двох символів, позначивши одну гілку «1», а другу «0». Немає значення, на якій стороні ви позначаєте 1 або 0, якщо маркування відповідає всій проблемі (наприклад, ліва сторона завжди

повинна бути 1, а права сторона завжди повинна бути 0, або ліва сторона завжди повинна бути 0, а права сторона завжди повинна бути 1).

- 4) додайте ймовірності двох символів, щоб отримати ймовірність нового піддерева.
- 5) видаліть символи зі списку та додайте піддерево до списку.
- 6) поверніться до списку та візьміть два символи / піддерева з найменшими ймовірностями та об'єднайте їх у нове піддерево. Видаліть оригінальні символи / піддерева зі списку та додайте нове піддерево до списку.
- 7) повторюйте, поки всі елементи не поєднаються.

Кодування Хаффмана є оптимальним для кодування окремих символів, але для кодування декількох символів одним кодуванням інші методи стиснення є кращими. Більше того, оптимально, коли кожен вхідний символ - це відома незалежна і однаково розподілена випадкова величина, що має ймовірність, обернену до степеня двох.

2.2 Порівняння різних форматів стиснення зображень

Сьогодні зображення є дуже важливими документами; для роботи з ними в деяких програмах їх потрібно стискати, більш-менш залежно від мети програми. Є деякі алгоритми, які виконують це стиснення по-різному; деякі втрачають інформацію і зберігають ту ж інформацію, що й оригінальне зображення, інші втрачають інформацію при стисненні зображення. Деякі з цих методів стиснення розроблені для певних типів зображень, тому вони не будуть настільки хорошими для інших видів зображень. Деякі алгоритми дозволяють навіть змінювати параметри, які вони використовують для кращого регулювання стиснення до зображення. Можна порівняти деяких найбільш часто використовуваних форматів подання зображень на наборі зображень. Різні типи зображень: справжні кольори, відтінки сірого, відскановані документи та фотографії з високою роздільною здатністю. Добре працюють різні формати для кожного із зображень.

Є деякі формати, які відповідають одним зображенням краще, ніж іншим, залежно від того, що ви шукаєте, і типу зображення, з яким працюєте.

2.2.1 Формати подання зображень без втрат

BMP (растрове зображення) - це растровий графічний формат, який використовується внутрішньо графічною підсистемою Microsoft Windows (GDI) і зазвичай використовується як простий формат графічного файлу на цій платформі. Це нестиснутий формат. PNG (Portable Network Graphics) (1996) - це растровий формат зображення, що використовує стиснення даних без втрат. PNG був створений для вдосконалення та заміни формату GIF на формат файлу зображення, який не вимагає патентної ліцензії. Він використовує алгоритм стиснення DEFLATE, який використовує комбінацію алгоритму LZ77 та кодування Хаффмана.

PNG підтримує палітру (на основі палітри, визначену з точки зору 24-бітових кольорів RGB), відтінки сірого та зображення RGB. PNG був розроблений для розповсюдження зображень в Інтернеті, а не для професійної графіки та як таких інших кольорових просторів.

Порівняння з JPEG:

- JPEG має великий коефіцієнт стиснення, знижуючи якість зображення, він ідеально підходить для великих зображень та фотографій.
- PNG - це алгоритм стиснення без втрат, дуже хороший для зображень із великими площами одного унікального кольору або з малими варіаціями кольору.
- PNG є кращим вибором, ніж JPEG, для зберігання зображень, що містять текст, штрихове зображення чи інші зображення з різкими переходами, які погано перетворюються в частотну область.

Порівняння з TIFF:

- TIFF - це складний формат, який включає надзвичайно широкий спектр опцій. Хоча це робить його корисним як загальний формат для обміну між професійними програмами для редагування зображень, це ускладнює підтримку його в більш загальних програмах, таких як веб-браузери.
- Найпоширенішим алгоритмом стиснення без втрат загального призначення, що використовується з TIFF, є LZW, який поступається PNG і до закінчення терміну дії у 2003 р. Страждав від тих самих патентних проблем, що й GIF.

TIFF (Tagged Image File Format) (останній огляд 1992 р.) - це формат файлу, в основному для зберігання зображень, включаючи фотографії та малюнки. Це один із найпопулярніших та найгнучкіших із поточних форматів растрових файлів у відкритому доступі. Спочатку створений компанією Aldus спільно з Microsoft для використання з друком PostScript, TIFF - популярний формат для зображень із високою кольоровою глибиною, поряд із JPEG та PNG. Формат TIFF широко підтримується програмами для обробки зображень, а також скануванням, факсом, обробкою текстів, оптичним розпізнаванням символів та іншими програмами.

Типи стиснення включають:

- Нестиснута
- PackBits - це швидка, проста схема стиснення для тривалого кодування.
- Лемпель-Зів-Велч (LZW)
- CCITT Fax 3 & 4 - протокол для надсилання факсимільних документів по телефонних лініях
- JPEG

Донедавна використання цього LZW було обмеженим, оскільки ця техніка була предметом декількох патентів у різних юрисдикціях. Іноді кодування CCITT називають, не зовсім точно, кодуванням Хаффмана. 1-мірне кодування CCITT - це

специфічний тип кодування Хаффмана. Однак інші типи кодування ССІТТ не є реалізацією схеми Хаффмана.

2.2.2 Формати стиснення зображень з втратами

JPEG (Joint Photographic Experts Group) (1992) - це алгоритм, призначений для стиснення зображень із глибиною 24 біти або зображень у градаціях сірого. Це алгоритм стиснення з втратами. Однією з характеристик, що робить алгоритм дуже гнучким, є те, що швидкість стиснення можна регулювати. Якщо ми стиснемо багато, буде втрачено більше інформації, але розмір результату буде меншим. При меншій швидкості стиснення ми отримуємо кращу якість, але розмір отриманого зображення буде більшим. Це стиснення полягає у збільшенні коефіцієнтів у матриці квантування, коли ми хочемо більше стиснення, і менших, коли хочемо менше стиснення.

Алгоритм базується на двох візуальних ефектах зорової системи людини. По-перше, люди більш чутливі до яскравості, ніж до кольоровості. По-друге, люди більш чутливі до змін в однорідних областях, ніж у районах, де спостерігається більше варіацій (вищі частоти). JPEG - це найбільш використовуваний формат для зберігання та передачі зображень в Інтернеті.

JPEG 2000 (Joint Photographic Experts Group 2000) - це стандарт стиснення зображень на основі вейвлетів. Він був створений комітетом Спільної групи фотографічних експертів з метою замінити їх оригінальний стандарт JPEG на основі дискретного косинусного перетворення.

JPEG 2000 має вищі показники стиснення, ніж JPEG. Він не страждає від рівномірних блоків, тому характеристики зображень JPEG з дуже високим рівнем стиснення. Але це зазвичай робить зображення більш розмитим, ніж JPEG. Коротки опис та характеристика наведені у Таблиці 2.2.2.

Таблиця 2.2.2

Опис форматів зображень

Формат	Ім'я	Характеристика
BMP	Windows bitmap	Нестислий формат
TIFF	Tagged Image File Format	Без втрат: формат сканування та зображення. Гнучкі: LZW, CCITT, RLE,
PNG	Portable Network Graphics	Без втрат: покращити та замінити GIF. На основі алгоритму DEFLATE.
JPEG	Joint Photographic Experts Group	Lossy: великий ступінь стиснення, хороший для фотографічних зображень
JPEG 2000	Joint Photographic Experts Group 2000	Lossy: остаточна заміна JPEG

Це зображення (Рис. 3) - 24-бітове зображення в глибину. Я стиснув його за допомогою TIFF та PNG. Нестиснене зображення у форматі BMP і має розмір 696КБ. Це зображення є дуже хорошим зображенням для стиснення за допомогою алгоритмів без втрат, оскільки воно має безліч областей однорідних кольорів, тому ми бачимо, що і TIFF, і PNG працюють дуже добре. PNG є потужнішим, ніж TIFF. Я також стиснув його за допомогою JPEG, щоб побачити, який розмір його буде стиснений за допомогою алгоритму з втратами. Співвідношення стиснення для TIFF становить близько 2:1, для PNG близько 2,7:1, а для JPEG ми отримали коефіцієнт стиснення 16:1.

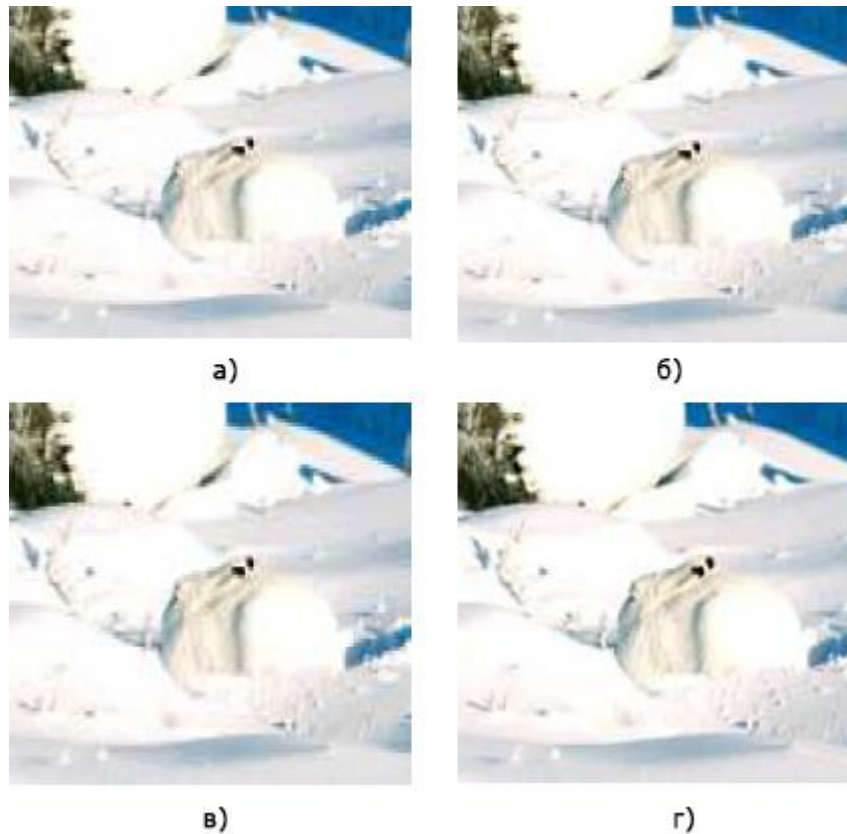


Рис. 3 Формати подання зображень без втрат та їх розміри: а) BMP 696KB, б) TIFF-LZW 378KB, в) PNG 258KB, г) JPEG 43,3KB

Це зображення (Рис. 4) - зображення у градаціях сірого, кожен піксель - 8 біт. Я стиснув його за допомогою TIFF та PNG. Нестиснене зображення у форматі BMP і має розмір 257KB. Розмір менший за попередній, оскільки він є градацією сірого, але ми побачимо, що оскільки він має набагато більше деталей, ніж попередні зображення, результат стиснення з алгоритмами без втрат не дуже хороший. Я також стискав його у форматі JPEG, щоб побачити, яким би був розмір його, стисненого за допомогою алгоритму втрат, ми бачимо, що коефіцієнт стиснення для цього формату на цьому малюнку також набагато менший, ніж у попередньому.

Співвідношення стиснення для TIFF становить приблизно 1:1, для PNG близько 1,5:1, а для JPEG ми отримали коефіцієнт стиснення 3,2:1.

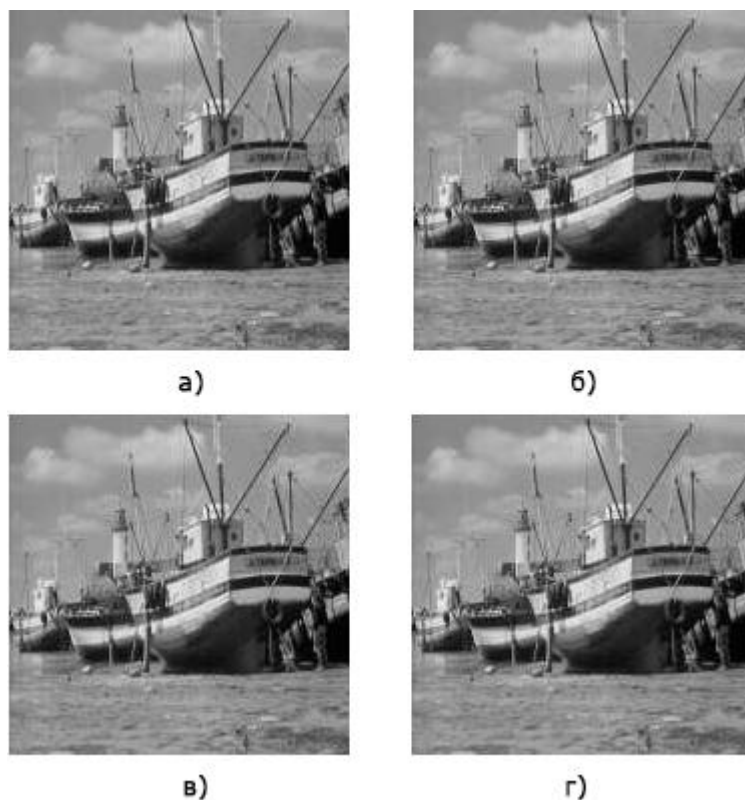


Рис. 4 Формати подання зображень у градаціях сірого: а) BMP 257КВ, б) TIFF LWZ 251КВ, в) PNG 173КВ, г) JPEG 79КВ

Оригінальне зображення (Рис. 5) тут - справжнє кольорове зображення (24 біта на піксель). Розмір оригінального зображення в BMP становить 768КВ. Це правильне зображення для стиснення у форматі JPEG, а не за допомогою алгоритмів стиснення без втрат, PNG та TIFF взагалі не забезпечують стиснення для цього зображення. Це тому, що це зображення з великою кількістю дуже яскравих кольорів та текстур.

JPEG дозволяє користувачеві вибрати число від 100 до 1 для регулювання стиснення, яке ми хочемо отримати. Чим більше число, тим менше стиснення ми отримаємо, і тим кращою якістю буде зображення. Для цього експерименту я показую результат для якості стиснення 100, 50, 10 та 1.

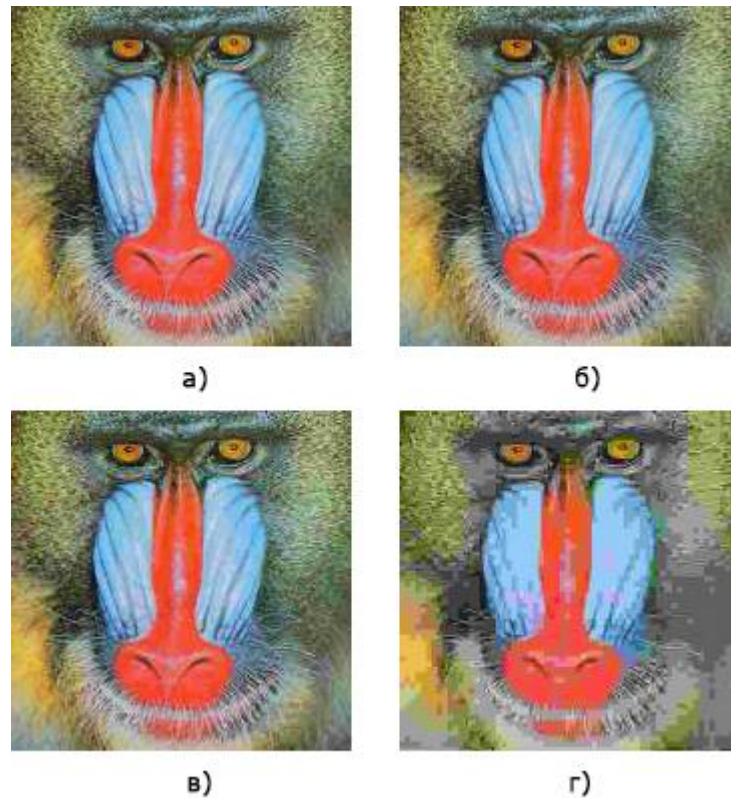


Рис. 5 Формат JPEG та варіації стиснення: а) якість 100 - 334КВ, б) якість 50 - 49,5КВ, в) Якість 10 - 16,3КВ, г) Якість 1 - 6,3КВ

Ви бачите, як зображення втрачає яскраві кольори і стає більш розмитим. З якістю 1 на зображенні з'являються квадрати характеристик. Коли вибраний нами параметр якості менший за 50, ми можемо бачити, як зображення швидко втрачає якість, а помилка з оригінального зображення стає набагато важливішою.

Ось помилка (Рис. б) , яку ми отримуємо для попередніх стиснених зображень, коли вони розпаковуються та порівнюються із вихідним зображенням BMP. Ми бачимо, як помилка стає важливішою, оскільки обране число за якість зменшується. При помилці, обчисленій із зображенням, стисненим з якістю 1, ви можете чітко розрізнити зображення.

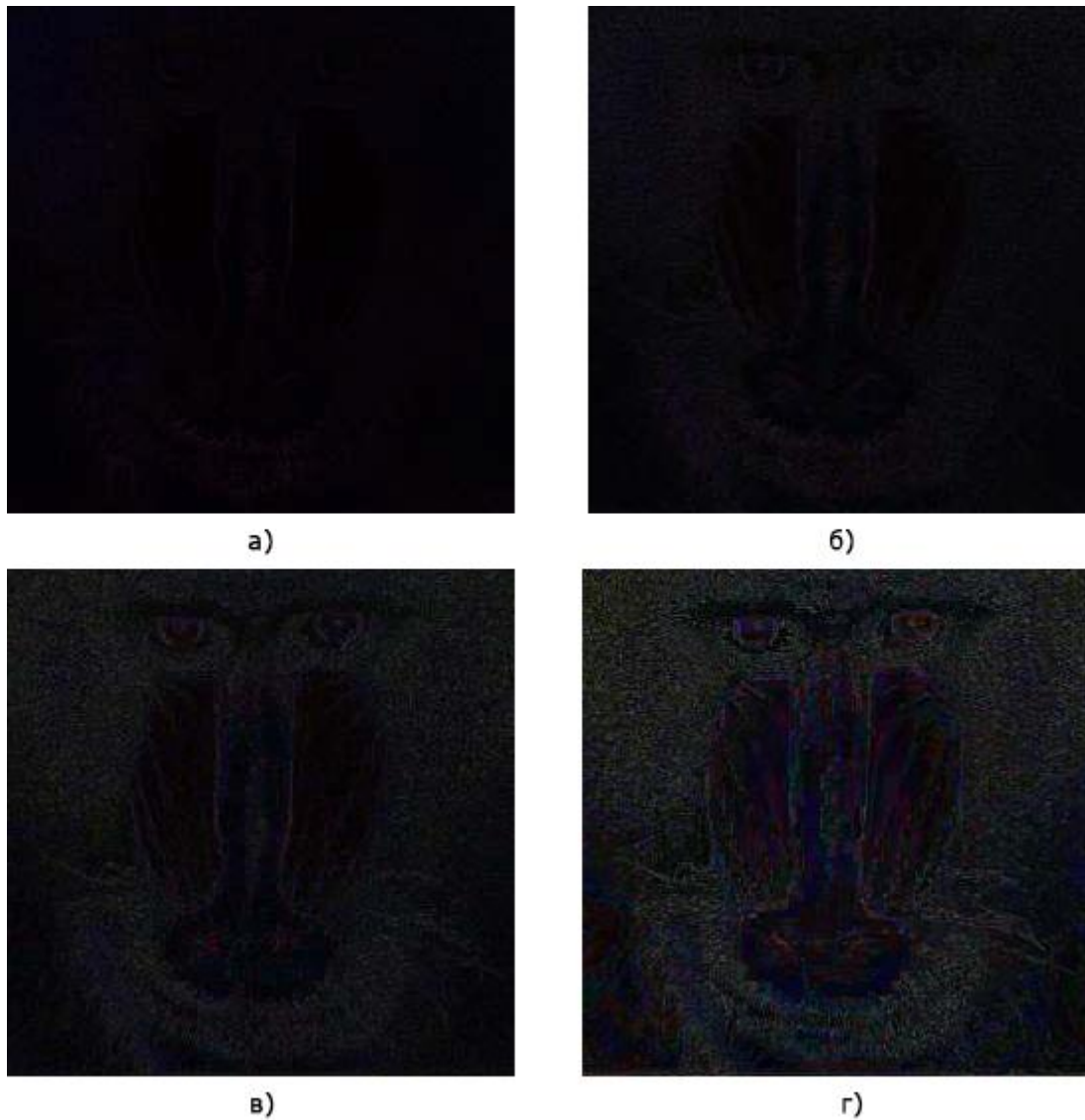


Рис.6 Інверсія помилки а) якість 100, б) якість 50, в) якість 10, г) якість 1

Тут (Рис. 7) я довів, що формат стиснення JPEG 2000 набагато потужніший, ніж JPEG. Для зображень однакового розміру в JPEG та JPEG 2000 ми можемо побачити, наскільки ефективніші JPEG 2000. Хоча JPEG 2000 ще не дуже розширений, він буде потужною заміною JPEG.

Перше зображення - це зображення бабуїна; ми бачимо, що зображення в JPEG має характеристики прямокутних областей через низьку якість стиснення JPEG. JPEG 2000 трохи розмиває зображення при стисненні з дуже низькою якістю.



а)



б)

Рис. 7 Стиснення у форматах та їх розмір: а) JPEG 6,3КВ, б) JPEG 2000 6,3КВ

Тут (Рис. 8) ми отримали результат стиснення для якісного фотографічного зображення. Ми можемо бачити, як кольори дуже погані, і змив для зображення JPEG, але не для JPEG 2000. JPEG 2000 зберігає всі основні деталі оригінального зображення.



а)



б)

Рис. 8 Стиснення у форматах та їх розмір: а) JPEG 148КВ, б) JPEG 2000 148КВ

2.3 Алгоритм стиснення JPEG 2000

Алгоритм стиснення JPEG 2000 був випущений комітетом стандартизації ISO у січні 2001 року. Він базується на існуючих специфікаціях JPEG і додає три

важливі речі до існуючого стандарту. Він додає вейвлет-алгоритм до існуючих алгоритмів стиснення JPEG. Цей алгоритм вейвлет-перетворення пропонує покращену якість зображення при дуже високих коефіцієнтах стиснення. JPEG 2000 забезпечує на 20% покращення ефективності стиснення порівняно з поточним форматом JPEG. Він також пропонує додатковий режим стиснення без втрат. Файли JPEG 2000 без втрат мають площу приблизно вдвічі меншу за розмір оригіналу.

Переваги стиснення JPEG 2000 - це дуже ефективний алгоритм стиснення. В основному він розроблений для використання в Інтернеті. Додавання режиму стиснення без втрат цікаво для використання до друку. Недоліки стиснення JPEG 2000 це сумісність із застарілими системами, стиснення JPEG 2000 можуть мати справу лише нещодавні робочі процеси або комп'ютерні програми. Якщо вам потрібно розповсюдити дані, це може бути справжньою виставою. JPEG 2000 - це ресурсний ресурс: для стиснення даних потрібно багато потужності процесора. При коефіцієнті стиснення нижче 25:1 алгоритм, заснований на вейвлеті, дає менше блокових, але дещо менш детальних зображень у порівнянні зі звичайним стисненням JPEG. Занадто велике стиснення ніколи не є хорошою ідеєю.

JPEG 2000 надає багатий набір функцій, які знаходять застосування у багатьох різних сферах. Деякі з найважливіших функцій, як виявлено у JPEG 2000 Part-1 [38], є наступними:

- 1) ефективність стиснення;
- 2) масштабованість якості: можливість витягувати майже будь-яке подання зі зниженою якістю із потоку коду, зберігаючи при цьому повну ефективність кодування;
- 3) масштабованість роздільної здатності: можливість витягувати майже будь-яку потужність, пов'язаної з роздільною здатністю-2, з потоку коду, зберігаючи повну ефективність кодування;
- 4) доступність регіону інтересу: можливість реконструювати або передавати довільну просторову область, зберігаючи при цьому високу ефективність кодування;

- 5) паралельність: здатність виконувати процеси кодування або декодування паралельно через велику кількість ядер ЦП, потоків графічного процесора або в апаратному забезпеченні;
- 6) неітераційний контроль оптимальної швидкості: можливість досягти цільового стисненого розміру без ітеративного кодування;
- 7) можливість націлювання на візуально відповідні цілі оптимізації;
- 8) стійкість до помилок;
- 9) операції транспонування, перевертання та обрізання стисненого домену (тобто дуже мало пам'яті).

Можливість повторної послідовності інформації на рівні кодового блоку, дільниці або рівня пакетів J2K, щоб орієнтуватися на прогресивне нарощування або цілі з низькою затримкою.

Більшість з цих функцій походять від використання алгоритму EBCOT (вбудоване блокове кодування з оптимізованим усіченням), тоді як використання ієрархічного дискретного перетворення вейвлетів (ДВП) також відіграє важливу роль. На додаток до цих основних функцій, набір стандартів JPEG 2000 забезпечує хорошу підтримку для наступних програм:

- ефективне та чуйне віддалене інтерактивне переглядання зображень (включаючи відео та анімацію) через JPEG 2000 Part-9 [39], також відоме як стандарт JP1P;
- ефективне надання на вимогу довільних областей із величезних джерел зображень;
- стиснення високого динамічного діапазону завдяки використанню нелінійних кривих тону та / або спеціальних відображень з плаваючою точкою, як визначено у JPEG 2000 Part-2 [40];
- розширена анотація метаданих, як це також визначено у JPEG 2000 Part-2.
- ефективне стиснення гіперспектрального та об'ємного вмісту, як це також визначено у JPEG 2000 Part-2 [40].

Суттєвим недоліком стандартів JPEG 2000 є обчислювальна складність. JPEG 2000 забезпечує безліч режимів, які можна використовувати для

націлювання на ефективні апаратні рішення. Крім того, програмні реалізації є достатньо ефективними, щоб зображення майже будь-якого розміру, що відображаються, могли бути відтворені майже миттєво на сучасних платформах, включаючи мобільні пристрої. Однак для відеопрограм та для додатків, які особливо усвідомлюють енергію / енергію, складність стиснення та візуалізації може стати проблемою.

JPEG 2000 забезпечує чудову структуру як проміжний формат розповсюдження відео вмісту, що дозволяє ефективно витягувати роздільну здатність (або навіть область), що знаходиться поруч із пунктом доставки, після чого він може бути перекодований у будь-який із загальних поточкових відео форматів. По суті, це відбувається вже з JPEG 2000, сприяючи специфікаціям взаємодіючого основного формату. Однак такі програми можуть значно виграти від використання представлення HTJ2K, яке зберігає всі бажані функції JPEG 2000 для таких додатків, одночасно різко зменшуючи обчислювальне навантаження. В даний час SMPTE працює над додаванням підтримки HTJ2K до MXF, модифікуючи існуючий стандарт SMPTE ST 4221. Це має полегшити адаптацію HTJ2K до D-Cinema, IMF та інших програм на базі MXF. Хоча зміни до ST 422 мінімальні, тим не менш вони необхідні для однозначної сигналізації про наявність кодових потоків HTJ2K та можливостей, необхідних для їх обробки. Очікується, що переглянутий стандарт буде опублікований до кінця 2019 року. Тим часом проект доступний для всіх членів спільноти стандартів SMPTE.

HTJ2K та пов'язаний з ним формат файлу JPH мають багато бажаних властивостей як формат захоплення зображень для цифрових камер, мобільних телефонів та більш вдосконалених мультисенсорних пристроїв обробки зображень. Пряме кодування на HTJ2K вимагає дуже низької енергії в програмному забезпеченні, графічному процесорі чи апаратному забезпеченні. HTJ2K підтримує дуже високу точність вибірки (наприклад, 12-, 16- або навіть 24 біти на зразок), дозволяючи точно зберігати вміст з надзвичайно високим динамічним діапазоном як у лінійних, так і в журнальних поданнях. В крайньому випадку, HTJ2K можна використовувати для кодування без втрат з

напівплаваючою точкою або навіть повних зображень із плаваючою точкою. Формат файлу JPH підтримує асоційовані кольори, визначені додатками, включаючи багатоколірно асоційовані кольори та місця зміщення вибірки, що дозволяє зберегти як вихідні дані сенсора, так і зображення RGB-зображень у тому ж форматі.

Можливо, більш важливими є можливості масштабування роздільної здатності та доступність регіону в HTJ2K, які дозволяють інтерактивно переглядати файл JPH з надзвичайно низьким рівнем енергії - значно нижчим, ніж енергія, необхідна для взаємодії з файлом JPEG. Крім того, HTJ2K безперебійно працює зі стандартом JPIP [39] для інтерактивного віддаленого перегляду зображень JPEG 2000. Це забезпечує високоефективний механізм підтримки віддаленого попереднього перегляду захопленого вмісту з пристроїв у спеціальній мережі. Для звичайного вмісту JPEG 2000 цей механізм виявився високоефективним у складних середовищах спілкування.

Деякі з методів вбудовування даних, які функціонують у домені перетворення, спеціально розроблені для роботи із зображеннями, такими як кодовані за допомогою JP2, та вбудовування цілочисельних даних у коефіцієнти перетворення, що складаються з квантованих цілих значень. З іншого боку, існують методи, які не розроблені спеціально для закодованих зображень і не мають таких обмежень [41]. У цій роботі ми пропонуємо метод, подібний до попереднього типу, який вбудовує цілі дані в коефіцієнти ДПВ після квантування, що використовуються в процедурі кодування JP2. Оскільки перший тип методу вбудовує інформацію після квантування, він має ту перевагу, що не може страждати від атак через процес квантування.

Отже, доки не буде шкідливих атак або помилок зв'язку, можна буде витягувати вбудовані дані, не втрачаючи жодного біта. Крім того, він має ту перевагу, що не вимагає повного декодування закодованого зображення в космічний домен під час вилучення вбудованої інформації; швидше ми можемо витягувати дані, декодуючи до проміжного етапу кодування вбудованого блоку з оптимізованим усіченням.

Кілька методів для вбудовування даних у квантовані коефіцієнти ДПВ зображення, кодованого JP2, було запропоновано раніше. Вони складаються з методів, які виконують декомпозицію бітової площини коефіцієнтів ДПВ і відповідно замінюють набори бітів множинних коефіцієнтів частковими бітовими наборами даних, що вбудовуються, або замінюють одиничні коефіцієнти одиничними бітами даних, що вбудовуються. Метод у посиланні [41] вимагає зберігати додаткову інформацію щодо того, чи частковий набір бітів піддавався обробці місця розташування коефіцієнтів, якими маніпулювали, були записані. Останні методи дозволяють обмежувати розмір додаткових даних, фіксуючи місця розташування коефіцієнтів, якими маніпулюють; однак фіксація коефіцієнтів призводить до обмежень, що виникають при їх виборі. З іншого боку, існують методи вбудовування, для яких немає таких обмежень щодо того, які коефіцієнти можуть бути обрані для маніпуляції, але для блоків 8 на 8 ДТК кодованого JPEG зображення, яке ми тут розглянемо, це робить насправді не дає можливості вибирати коефіцієнти з будь-якого місця на всьому зображенні без обмежень.

У цій роботі ми пропонуємо новий метод вбудовування даних для зображень, кодованих JP2, заснованих на модульній арифметиці. Запропонований метод передбачає вбудовування L цілих значень в інтегровані квантовані коефіцієнти ДПВ кодування JP2. Тут, використовуючи модульну арифметику, ми можемо зменшити кількість перетворень, необхідних для вбудовування інформації; як результат, ми можемо звести до мінімуму деградацію зображення в результаті вбудовування інформації. Крім того, під час вилучення метод не вимагає додаткової інформації щодо розташування трансформованих коефіцієнтів, якими маніпулювали для вбудовування інформації; тому немає обмежень щодо того, якими коефіцієнтами можна маніпулювати під час вбудовування даних. Ця характеристика дає можливість виконувати вбудовування даних, беручи до уваги як бажання обмежити погіршення якості зображення, що виникає внаслідок помилок квантування, так і області, що цікавлять, стандартизовані як частина специфікацій JP2. [42]

2.4 Дискретне вейвлет-перетворення

У JPEG 2000 без втрат реверсивне дискретне вейвлет-перетворення ядра 5×3 виконане з використанням етапів підйому, розкладає зображення на піддіапазони різних характеристик, які потім кодується незалежно від ентропії. Застосовують зворотні сходи шуму та підйому (ЗСШП) [43] до ДВП; тобто інтегрують шумозаглушення у підйомні сходи ДВП таким чином, що ідеальна оборотність трансформації була збережена, незважаючи на природну втрату шуму. Виявили, що фільтрація шуму була найефективнішою для покращення бітрейтів JPEG 2000 без втрат при застосуванні під час обчислення лише деяких піддіапазонів ДВП, модифікованих ЗСШП. Оскільки в деяких випадках найкращі бітрейти були отримані при пропуску етапу ДВП JPEG 2000, що подібно до шуму, оптимальним може бути проміжок часу між пропуском і застосуванням ДВП. Пропущені кроки ДВП, які отримують із ДВП, пропускаючи вибрані кроки його обчислення. Вибравши кроки, які потрібно пропустити, можемо отримати, як особливі випадки, немодифікований ДВП (якщо не пропустимо жодного кроку), пропустити весь ДВП (пропустивши всі кроки перетворення) або пропустити ДВП частково.

Покращення бітрейту завдяки ЗСШП було досягнуто в [44] за вартістю, яка може бути занадто високою для певних практичних застосувань. Наприклад, середнє поліпшення бітрейту нефотografічних зображень майже на 12% було отримано за рахунок виконання потрібного процесу стиснення JPEG 2000 з додатковим шумом піддіапазону. В першу чергу зосереджуємося на практичному використанні запропонованих методів. Цей підхід призводить до пошуку схеми стиснення, яка в середньому покращує бітрейт нефотografічних зображень більш ніж на 14% за рахунок часу стиснення, збільшеного лише приблизно на 3%, порівняно з немодифікованим JPEG 2000. Ще одна важлива практична властивість цієї схеми полягає у тому, що він відповідає стандарту JPEG 2000. Коротко охарактеризуємо ДВП у JPEG 2000 без втрат, вищезгаданий ЗСШП,

запропонований ДВП разом із запропонованою базовою евристиккою для прийняття рішення про те, які кроки ДВП слід пропустити, застосування ЗСШП до ДВП, разом з евристиккою для вибору фільтрів проти шуму та вирішення, які етапи пропустити, а також експериментальної процедури. По-перше, на основі ефектів ДВП для великого та різноманітного набору тестових зображень вибираємо параметри базової евристики (наприклад, кількість ітерацій та додаткові обмеження для крокових пропусків рішень). Оскільки покращення бітрейту ДВП є кращими, але загалом схожими на вдосконалення, отримані для тих самих даних із використанням ДВП, на другому етапі поєднуємо обидва методи, а також порівнюємо їх із JPEG-LS та HEVC [45] у режимі без втрат. Більшість поліпшень бітрейту в поєднанні ДВП і ЗСШП отримується за рахунок використання лише ДВП, який простіший і перспективніший, ніж ЗСШП, як щодо ступеня стиснення, так і швидкості стиснення. Оскільки зосереджуємось на ефектах, які варті з практичної точки зору, ми далі досліджуємо лише ДВП. На третьому етапі, заснованому на розподілі крокових пропусків рішень базової евристики, пропонують переглянуту евристику, яка має нижчу складність обчислювального часу, і визначаємо фіксовані варіанти ДВП, які відповідають стандарту JPEG 2000, частина 2 [39]. На завершальному етапі, щоб додатково зменшити витрати на поліпшення бітрейту, перевіряємо ентропію піддіапазону як оцінювач ефектів кодування JPEG 2000 для евристики та вибору серед фіксованих варіантів. Останній розділ узагальнює висновки та вказує напрямки для подальших досліджень.

Для стислості реверсивний ДВП ядра на основі підйому 5×3 , який експлуатується при базовому стисненні зображень у градаціях сірого без втрат JPEG 2000, зведених до найнеобхіднішого. Для отримання більш детальної інформації, а також для більш загальних характеристик JPEG 2000, ДВП та схеми підйому.

Використовуючи схему підйому [46], одновимірний ДВП (1Д-ДВП) перетворює на місці дискретний сигнал $S = s_0 s_1 s_2 \dots s_{l-1}$ кінцевої довжини l на дві піддіапазони:

-низькочастотний фільтрований сигнал L , який представляє низькочастотні характеристики вихідного сигналу;

-високочастотний фільтрований сигнал H , що містить високочастотні характеристики, що поряд із сигналом низьких частот дозволяє ідеально реконструювати вихідний сигнал

S трансформується в 3 етапи. По-перше, на етапі прогнозування ми виконуємо фільтрацію високих частот непарних зразків - надалі парність зразка або пікселя визначається його місцем розташування, а не значенням, застосовуючи крок підйому (1) до кожного з них:

$$s_x \leftarrow s_x - \left[(s_{x-1} + s_{x+1}) / 2 \right] \quad (1)$$

де символ підлоги $\lfloor v \rfloor$ позначає найбільше ціле число, що не перевищує v . Потім до кожного парного зразка застосовується інший крок підйому (крок оновлення):

$$s_x \leftarrow s_x - \left[(s_{x-1} + s_{x+1} + 2) / 4 \right] \quad (2)$$

Нарешті, на етапі переупорядкування переставляємо парні вибірки в нижню половину вихідного сигналу, зберігаючи їх впорядкування (зразок s_x переміщується в $s_x / 2$), а непарні вибірки переміщуються у верхню половину. Отримуємо окремі піддіапазони L та H відповідно. На відміну від прогнозування та оновлення, крок переупорядкування може розглядатися як деталь реалізації кодера JPEG 2000, оскільки він не змінює властивостей перетворених зразків у межах заданого піддіапазону. Однак найближчі сусіди вибірки потім використовуються для визначення контексту кодування при подальшому ентропійному кодуванні; змінюючи положення цих зразків, ми впливаємо на формування контексту, що в свою чергу впливає на отриманий бітрейт.

Двовимірний LDG (2Д-ДВП) для зображення отримується шляхом першого застосування 1Д-ДВП до кожного стовпця зображення, що призводить до L та H піддіапазонів зображення. Потім, застосовуючи 1Д-ДВП до кожного рядка, ми отримуємо 1-рівневий 2Д-ДВП, що складається з піддіапазонів LL та HL (перетворених з L піддіапазону) та піддіапазонів LH та HH (з H піддіапазону).

Називати піддіапазон, що належить до пари піддіапазонів (L, H) , (LL, HL) або (LH, HH) , доповнюючий інший піддіапазон з тієї ж пари. ДВП вищого рівня, що забезпечує представлення зображень із багатовирішувальною здатністю, отримується шляхом розкладання Маллата [47]. Перетворення $t + 1$ рівня отримують, застосовуючи перетворення 1 рівня до піддіапазону LL перетворення рівня t . Розкладання Маллату - єдине, що підтримується базовим стандартом JPEG 2000, заслуговує на увагу, що розширення базового стандарту допускають різні довільні структури декомпозиції. У JPEG 2000 без втрат трансформоване зображення кодується складно та гнучко. В решті цього дослідження слід зазначити, що кожна піддіапазон стискається незалежно від інших за допомогою контекстно-адаптивного кодера ентропії, в якому контекст залежить від піддіапазону.

2.5 Медіанна фільтрація

Медіанна фільтрація - достатньо часто застосовується методом попередньої обробки сигналів. Специфічною особливістю медіанного фільтра є вибірковість по відношенню до елементів масиву, які представляють собою немонотонну складову послідовності чисел в межах вікна (апертури) фільтра, і різко виділяються на тлі сусідніх відліків. У той же час на монотонну складову послідовності медіанний фільтр не діє, залишаючи її без змін. Завдяки цій особливості, медіанний фільтри при оптимально обраної апертурі можуть, наприклад, зберігати без спотворень різкі межі об'єктів, ефективно пригнічуючи некорельовані або слабо корельовані перешкоди і малорозмірні деталі. Ця властивість дозволяє застосовувати медіанну фільтрацію для усунення аномальних значень в масивах даних, зменшення викидів і імпульсних перешкод. Характерною особливістю медіанного фільтра є його нелінійність. У багатьох випадках застосування медіанного фільтра виявляється більш ефективним в порівнянні з лінійними фільтрами, оскільки процедури лінійної обробки є оптимальними при рівномірному або Гауссовому розподілі перешкод, що в

реальних сигналах може бути далеко не так. У випадках, коли перепади значень сигналів великі в порівнянні з дисперсією адитивного білого шуму, медіанний фільтр дає менше значення середньоквадратичної помилки в порівнянні з оптимальними лінійними фільтрами. Особливо ефективним медіанний фільтр виявляється при очищенні сигналів від імпульсних шумів при обробці зображень, акустичних сигналів, передачі кодових сигналів і т. П. Однак детальні дослідження властивостей медіанний фільтрів як засобу фільтрації сигналів різного типу є досить рідкісними.

Ніяка система реєстрації не забезпечує ідеальної якості зображень досліджуваних об'єктів. Зображення в процесі формування їх системами (фотографічними, голографічними, телевізійними) зазвичай піддаються впливу різних випадкових перешкод або шумів. Фундаментальною проблемою в області обробки зображень є ефективне видалення шуму при збереженні важливих для подальшого розпізнавання деталей зображення. Складність вирішення даного завдання істотно залежить від характеру шумів. На відміну від детермінованих спотворень, які описуються функціональними перетвореннями вихідного зображення, для опису випадкових впливів використовують моделі адитивної, імпульсного і мультиплікативного шумів.

Найбільш поширеним видом перешкод є випадковий адитивний шум, статистично незалежний від сигналу. Модель адитивного шуму використовується тоді, коли сигнал на виході системи або на будь-якому етапі перетворення може розглядатися як сума корисного сигналу і деякого випадкового сигналу. Модель адитивного шуму добре описує дію зернистості фотоплівки, флуктуаційний шум в радіотехнічних системах, шум квантування в аналого-цифрових перетворювачів і т.п.

Адитивний гаусів шум характеризується додаванням до кожного пікселя зображення значень з нормальним розподілом і з нульовим середнім значенням. Такий шум зазвичай вводиться на етапі формування цифрових зображень. Основну інформацію в зображеннях, як правило, несуть контури об'єктів. Класичні лінійні фільтри здатні ефективно видалити статистичний шум, але

ступінь розмитості дрібних деталей на зображенні може перевищити допустимі значення. Для вирішення цієї проблеми використовуються нелінійні методи, наприклад алгоритми на основі анізотропної дифузії Перона і Маліка, білатеральні і трілатеральні фільтри. Суть таких методів полягає у використанні локальних оцінок, адекватних визначенням контуру на зображенні, і згладжування таких ділянок в найменшій мірі.

Імпульсний шум характеризується заміною частини пікселів на зображенні значеннями фіксованою або випадкової величини. На зображенні такі перешкоди виглядають ізольованими контрастними точками. Імпульсний шум характерний для пристроїв введення зображень з телевізійної камери, систем передачі зображень по радіоканалах, а також для цифрових систем передачі і зберігання зображень. Для видалення імпульсного шуму використовується спеціальний клас нелінійних фільтрів, побудованих на основі рангової статистики. Загальною ідеєю таких фільтрів є детектування позиції імпульсу і заміна його оцінним значенням, при збереженні інших пікселів зображення незмінними.

Алгоритм полягає в обробці зображення локальним вікном із записом результату обробки в нове зображення. Нехай ми знаходимося в точці зображення з координатами (I, J) - поточний відлік. Навколо поточного відліку розглядається локальна околиця розміру $N \times N$. За значеннями точок в локальній околиці будується варіаційний ряд, який позначимо p . Розмір даного ряду $N * N$. В результуючому зображенні поточний відлік приймає значення за наступним правилом:

$$\text{Im}_2(i, j) = \left\{ \begin{array}{l} p(k), \text{if } |p(k) - \text{Im}_1(i, j)| < |p(N^2 - k + 1) - \text{Im}_1(i, j)| \\ p(N^2 - k + 1), \text{if } |p(k) - \text{Im}_1(i, j)| \geq |p(N^2 - k + 1) - \text{Im}_1(i, j)| \end{array} \right\}$$

де k - параметр алгоритму, N - непарне число, Im_1 - вихідне зображення, Im_2 - результуюче зображення.

Якщо $k = (N \wedge 2 + 1) / 2$ - тобто центр варіаційного ряду - даний фільтр стає відомим медіанного фільтром. Надалі цей параметр будемо називати відступом.

Властивості даного фільтр дуже корисні на практиці, так як фільтр дозволяє компенсувати не тільки шум але усувати (частково) наслідки розмиття зображення. Граничним випадком цього фільтра при $k = (N \wedge 2 + 1) / 2$ ми маємо медіанний фільтр, який тільки усуває шум, але не чіпає кордону, і якщо зображення змащене, то розмиття так і залишиться. При $k = (N \wedge 2 + 1) / 2$ шум фільтрується дещо гірше, зате підвищується різкість зображення, а при $k = 0$ шум і зовсім не фільтрується, але розмиття видаляється найсильнішим чином.

Далі я приведу тут код на Matlab. Тестуючий скрипт буде читати зображення, змащувати його, і додавати шум. Потім зображення відновлюється даним фільтром.

```
I1 = imread('coins.png');
h = ones(3,3) / 9;
I2 = imfilter(I1,h) ;
I3 = imnoise(I2,'salt & pepper',0.02);
I4 = im2_rang_filter (I3, 1, 2);
figure; imagesc(I1);
colormap gray;
figure; imagesc(I3);
colormap gray;
figure; imagesc(I4)
colormap gray;

function outImage= im2_rang_filter (aImage, aHalfWindowSize, aOtsup)
[ver,hor] = size(aImage);
wsize = (aHalfWindowSize*2+1)^2;
result = zeros(ver,hor);
for i = aHalfWindowSize+1 : (ver - aHalfWindowSize)
    for j = aHalfWindowSize+1 : (hor - aHalfWindowSize)
```



```

wind = aImage((i-aHalfWindowSize) : (i + aHalfWindowSize), (j-
aHalfWindowSize) : (j + aHalfWindowSize));
vec = reshape(wind,1,wsize);
vec = sort(vec);

if (abs(vec(aOtsup+1) - aImage(i,j)) < abs(vec(wsize - aOtsup) - aImage(i,j)) )
    result(i,j) = vec(aOtsup+1);
else result(i,j) = vec(wsize - aOtsup);
end;
end;
end;
outImage = result;

```



Рис. 9 Оригінальне зображення

Нижче показані результати фільтрації вікном 3 на 3 при варіюванні параметра $k = 1, 2, 5$. При малих k забирається змазування, при великих забирається шум. Перший малюнок (Рис. 9) - вихідне зображення, другий малюнок (Рис. 10) - спотворене, далі один за одним йдуть відфільтровані при $k = 1, 2, 5$:

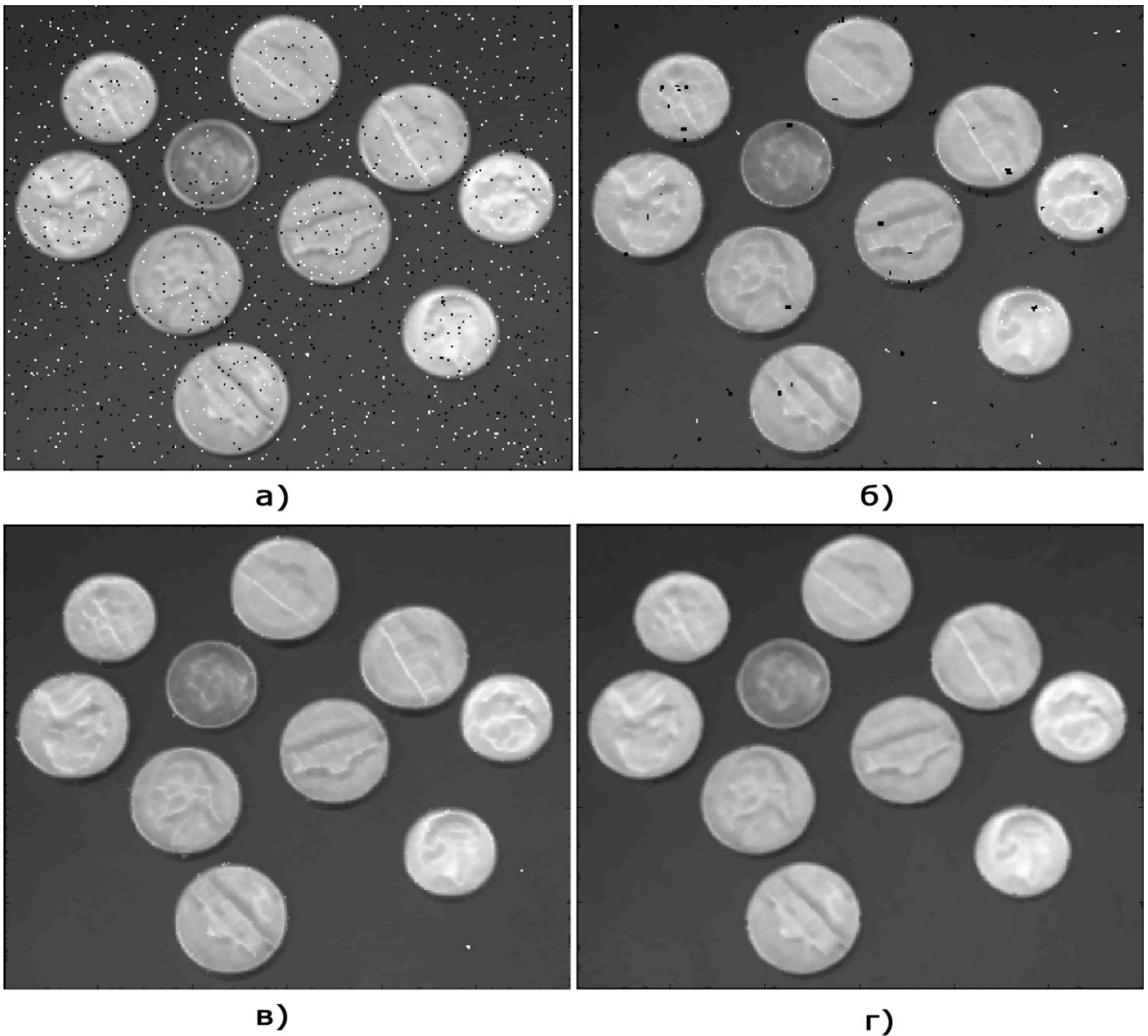


Рис. 10 Медіанне фільтрування а) спотворене, б) при $k = 1$, в) при $k = 2$, г) $k = 5$

2.6 Висновок до розділу

Стиснення та декомпресія послідовностей зображень у реальному часі вимагає апаратної реалізації стиснення, а також алгоритмів декомпресії у відповідних апаратних платформах. Кодування за стандартом JPEG 2000 базується на адаптивному арифметичному кодуванні. На етапі стиснення кодування називається кодуванням, а на етапі декомпресії кодування називається декодуванням. Вейвлет-коефіцієнти спочатку пройдуть те, що називається бітовим моделюванням, перш ніж може відбутися процес кодування. Системного

рівня для моделювання бітових коефіцієнтів вейвлетів, що використовується в JPEG. Стисла послідовність бітів та відповідний контекст, отримані за допомогою бітового моделювання для кодера, правильно вводяться в систему. Кінцевий бітовий потік - це вихідна послідовність бітів, отримана з цієї системи.

Оскільки кількість цифрових зображень значно зростає, кількість ситуацій, в яких ми одночасно хочемо пов'язати додаткову інформацію із зображенням, також стає великою. Наприклад, легкість роботи з зображеннями може бути збільшена, якщо шукати зображення за допомогою текстових запитів, якщо до нього можна прикріпити текстові дані, що описують зображення. Як і це, якщо додаткова інформація вбудовується в зображення перед передачею, стає можливим відстежувати та оцінювати якість зображення в точці отримання; крім того, виникає можливість виявлення помилок, які могли виникнути під час передачі, та їх виправлення.

Ці методи відрізняються від так званих механізмів цифрових водяних знаків, які мають на меті зберегти авторські права автора, тим, що особа, що вбудовує інформацію, припускає, що зображення вже закодовано, і що має бути можливо отримати інформацію, яка повинна бути вбудована в цілому, незважаючи на те, що зображення було стиснене за допомогою неперевертається функції.

Методи реалізації вбудовування додаткової інформації в ці види закодованих зображень можна умовно розділити на два типи. З одного боку, існують методи, при яких інформація вбудовується безпосередньо в закодовану послідовність, вбудовуючи інформацію, маніпулюючи кодовими словами, наприклад, у закодованій послідовності JP2 в одиницях бітів або байтів. З іншого боку, існують методи, які вбудовують інформацію в область перетворення, наприклад, в область дискретного вейвлет-перетворення (ДВП) або в область дискретного косинусного перетворення (ДКТ).

РОЗДІЛ 3. РЕАЛІЗАЦІЯ КОДЕКА ДЛЯ СТИСНЕННЯ СУПУТНИКОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

3.1 Інструментарій

Огляд місії Sentinel-2 та імітатора продуктивності зображення Sentinel2. Для оцінки ефекту стиснення зображення на борту використовують симулятори приладів, розроблені для оцінки вимог місії. Оптична місія Sentinel2 [48] є частиною системи Глобального моніторингу навколишнього середовища та безпеки (GMES), яка є спільною ініціативою Європейської комісії (ЄК) та Європейського космічного агентства (ЄКА), спрямованої на розвиток європейського потенціалу для надання та використання оперативної інформації моніторингу для програм навколишнього середовища та безпеки. Полярні орбітальні супутники Sentinel-2 забезпечують систематичне глобальне фотографування МСЗ з високою роздільною здатністю із високою частотою повторного відвідування. Оптичне корисне навантаження, Multispectral Imager (MSI), буде отримувати сцени з трьома одночасними роздільною здатністю (10м, 20м та 60м) в діапазонах VNIR та SWIR на широкій смузі близько 290км.

Симулятор продуктивності зображення Sentinel-2 [49] був розроблений EADS Astrium. Він створює імітовані зображення Sentinel2, починаючи з гіперспектральних зображень з адекватною спектральною конфігурацією (охоплюючи всі смуги приладу MSI), пікселі яких представляють дно відбивної здатності атмосфери. Тренажер здатний імітувати зображення Sentinel-2, використовуючи вбудовану компресію при декількох ступенях стиснення. Стиснення та декомпресія під час моделювання зображення виконується за допомогою виклику зовнішніх виконуваних файлів. Оскільки наше головне завдання полягає в обчисленні продуктивності CCSDS та JPEG 2000, коли вони використовуються на борту, симулятор був модифікований, щоб дозволити

користувачеві вибрати один із трьох варіантів стиснення: CCSDS, JPEG 2000 та компресор, який спочатку був включений (нестандартний, розроблений CNES).

Симулятор був розроблений для створення зображень, які можуть бути доставлені з наземного сегмента на декількох рівнях після обробки, від спостережуваних продуктів грубих даних до розрахункових геофізичних кінцевих продуктів. У цьому дослідженні ми генеруємо імітовані зображення на рівні 1b, застосовуючи геометричне та радіометричне калібрування, що відповідає обробці сегмента землі, щоб отримати зображення, готові до геореєстрації та геореференції. Таким чином, моделювання включає в себе отримання та стиснення на борту, а також обробку сегмента землі.

Для реалізації модулювання було завантажено два зображення які були зняті на супутник Sentinel-2_L2A (рис. 12) та Sentinel-3 OLCI (рис. 11).

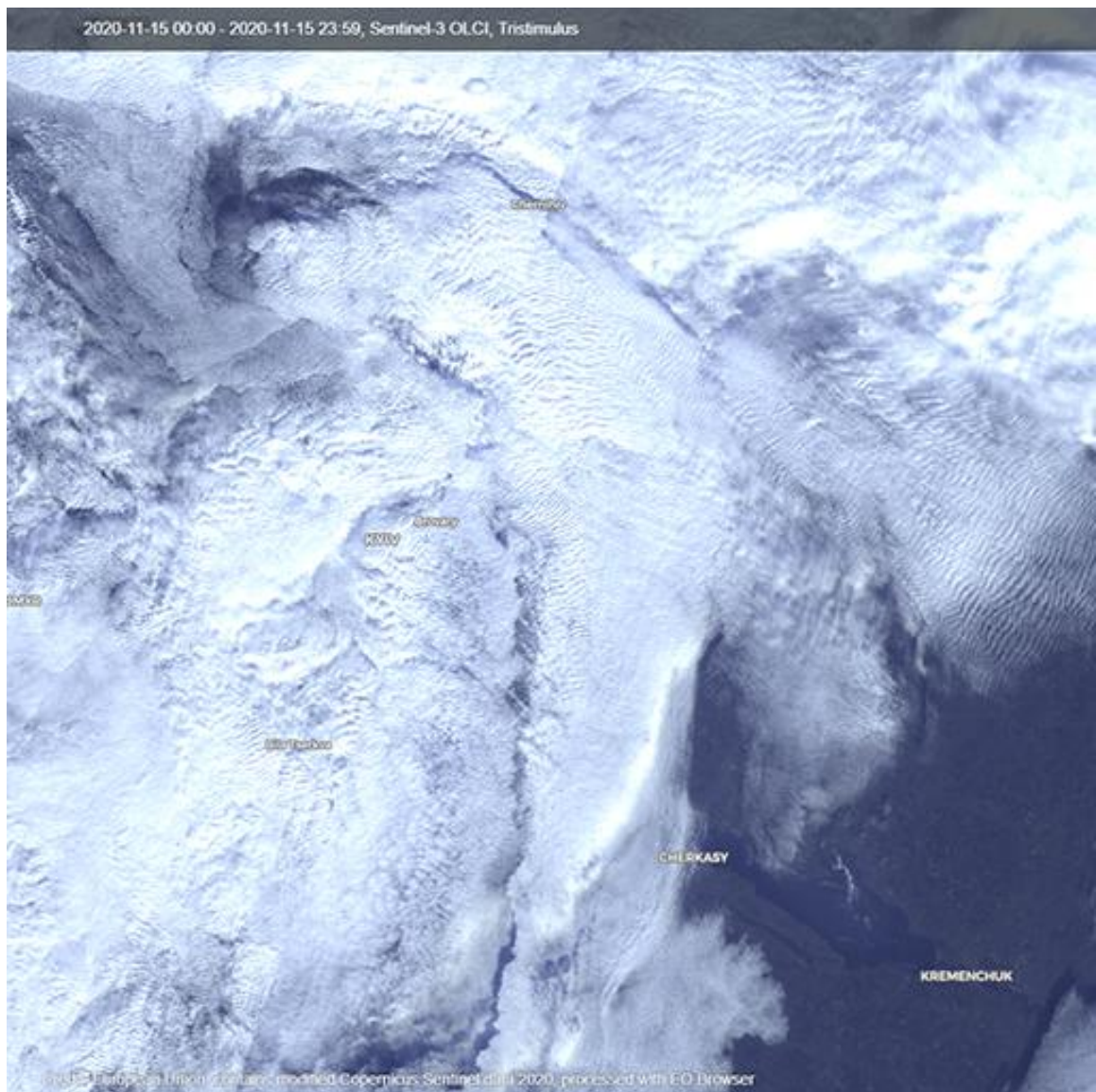


Рис. 11 Зображення отримане з Sentinel-3 OLCI

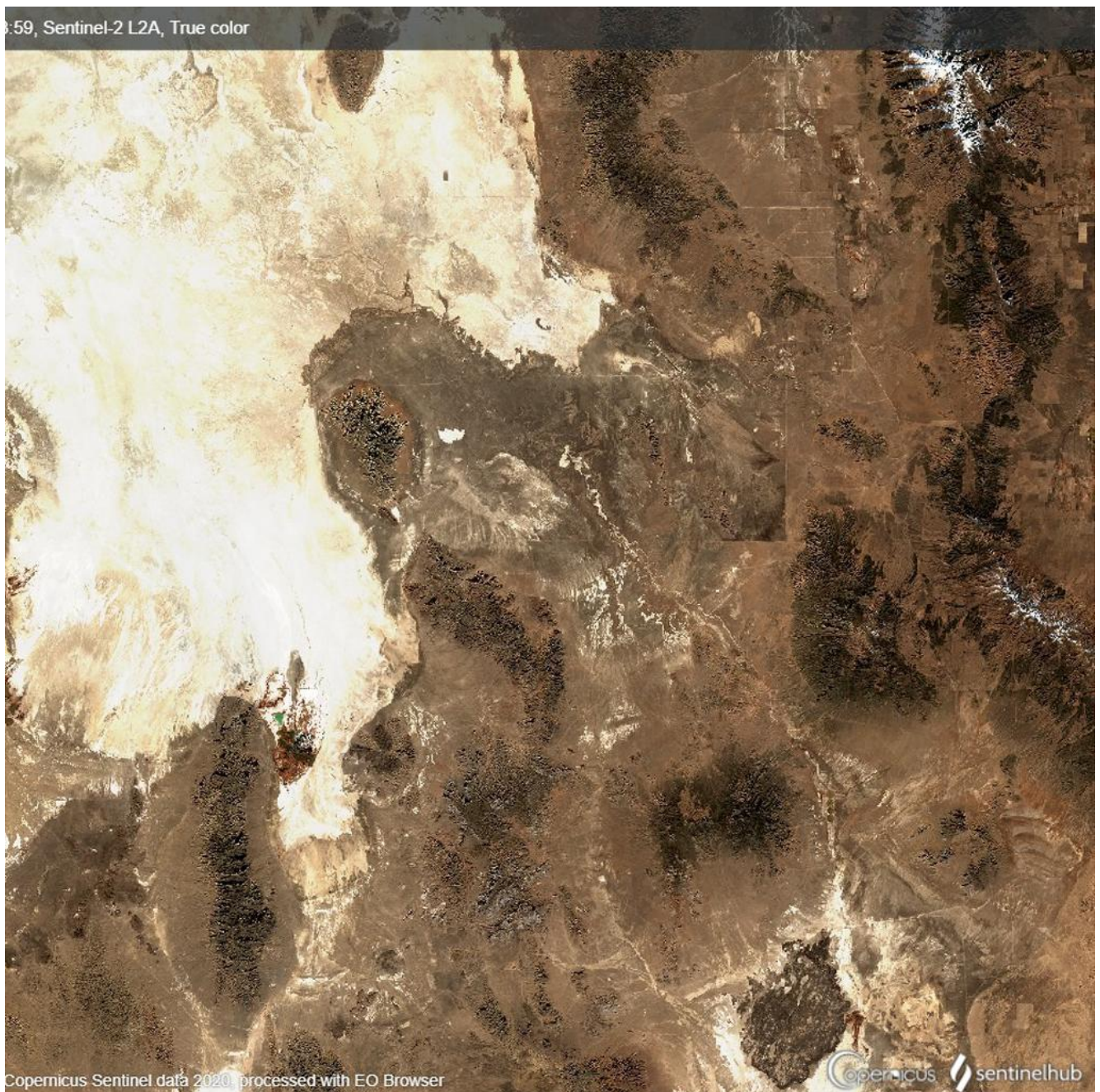


Рис. 12 Зображення отримане з Sentinel-2_L2A

Також частина програмування буде виконана у середовищі Microsoft Visual Studio. Інтегроване середовище розробки програмного забезпечення та низка інших інструментальних засобів. Ці продукти дозволяють розробляти як консольні програми, так і програми з графічним інтерфейсом, в тому числі з підтримкою технології Windows Forms, а також веб-сайти, веб-застосунки, веб-служби, як в рідному, так і в керованому кодах для всіх платформ.

Visual Studio покращує навігацію по коду і додає безліч рефакторингов, а також індикатор працездатності документа і очищення коду одним клацанням миші для застосування декількох правил рефакторінга. Також є поліпшення в процесі налагодження, в тому числі точки зупину за даними для додатків .NET Core, які допоможуть перервати роботу тільки при зміні значення, яке шукають. Visual Studio можна використовувати для створення широкого спектра додатків, від кроссплатформених додатків C++ до мобільних додатків .NET для Android і iOS, написаних з використанням Xamarin, до хмарних додатків з використанням служб Azure. Ці проекти від розробки до тестування, налагодження і навіть розгортання, при цьому зводячи до мінімуму необхідність перемикання між різними додатками, порталами і веб-сайтами.

Visual Studio дозволить створити доступний та ефективний інтерфейс для модуляції та подальшої презентації моделювання. Інтерфейс користувача дозволить не змінювати кожного разу код програми, а легко змінювати модельовані зображення для стиснення. Інструменти середовища дозволяють з'єднати комп'ютер та апаратно-програмні засоби, а саме з Arduino.

3.2 Сценарій кодека (компресор та декомпресор)

Основний сценарій стиснення:

- 1) Завантажуємо зображення з файлу;
- 2) Конвертуємо завантажене зображення в байтовий масив RGB-значень;
- 3) Перекодовуємо RGB в YCrCb з квантуванням підсумкових колірних компонентів;
- 4) Застосовуємо вейвлет;
- 5) Переводимо багатовимірний масив в одновимірний (плоский);
- 6) Стискаємо отриманий потік GZip
- 7) Коефіцієнти для стиснення в представленому коді підібрані з метою отримання мінімального за розміром вихідного файлу, але з можливістю, щось розгледіти.

Для використаних методів будемо використовувати такі бібліотеки:

```
1 using System;
2 using System.Collections.Generic;
3 using System.ComponentModel;
4 using System.Data;
5 using System.Drawing;
6 using System.Linq;
7 using System.Text;
8 using System.Threading.Tasks;
9 using System.Windows.Forms;
10 using System.Runtime.InteropServices;
11 using System.Drawing.Imaging;
12 using System.IO.Compression;
13 using System.IO;
14 using System.Threading;
```

Задаємо кількість рівней згортки вейвлета (чим їх більше, тим краще жметься). По суті розмір зображення і ці коефіцієнти беруться з заголовка(header) стисненого файлу.

```
133 public const int WV_LEFT_TO_RIGHT = 0;
134 public const int WV_TOP_TO_BOTTOM = 1;
135
136 public byte[] Run(byte[] compressed)
137 {
138     int z;
139     int dwDepth = 6;
140
141     int w = 512;
142     int h = 512;
143
144     int[] dwDiv = { 48, 32, 16, 16, 24, 24, 1, 1 }, dwTop = { 24, 32, 24, 24, 24, 24, 32, 32 };
145     int SamplerDiv = 2, YPerec = 100, crPerec = 85, cbPerec = 85;
146
147     double[, ] yuv = doUnPack(compressed, w, h, dwDepth);
```

Використовуємо розгортку вейвлету.

```
150 for (z = 0; z < 2; z++)
151 {
152     for (int dWave = dwDepth - 1; dWave >= 0; dWave--)
153     {
154         int w2 = Convert.ToInt32(w / Math.Pow(2, dWave));
155         int h2 = Convert.ToInt32(h / Math.Pow(2, dWave));
156         WaveleteUnPack(yuv, z, w2, h2, dwDiv[dWave] * SamplerDiv);
157     }
158 }
159 z = 2;
160 for (int dWave = dwDepth - 1; dWave >= 0; dWave--)
161 {
162     int w2 = Convert.ToInt32(w / Math.Pow(2, dWave));
163     int h2 = Convert.ToInt32(h / Math.Pow(2, dWave));
164     WaveleteUnPack(yuv, z, w2, h2, dwDiv[dWave]);
165 }
```

YCrCb декодування та розкладання зображення у плоский масив.

```
167 byte[] rgb_flatened = this.YCrCbDecode(yuv, w, h, YPerec, crPerec, cbPerec);
168 return rgb_flatened;
```

Дана процедура є обратною процедурою DoPack у класі wvCompress. Вона зворотньо переводить його в (short)double - тип з типа byte. Також часовий масив для результуючих коефіцієнтів згорнутого вейвлета.

```
173 private static double[,] doUnPack(byte[] Bytes, int cW, int cH, int dwDepth)
174 {
175     int lPos = 0;
176     byte Value;
177     int intIndex = 0;
178
179     int size = cW * cH * 3;
180
181     double[,] ImgData = new double[3, cW, cH];
182
183     int shortsLength = Bytes.Length - size;
184     short[] shorts = new short[shortsLength / 2];
185     Buffer.BlockCopy(Bytes, size, shorts, 0, shortsLength);
```

Функція розгортки вейвлета.

```
260 private void WaveleteUnPack(double[,] ImgArray, int Component, int cW, int cH, int dwDevider)
261 {
262     int cw2 = cW / 2, ch2 = cH / 2;
263     double dbDiv = 1f / dwDevider;
```

Деквантування значень.

```
265 for (int i = 0; i < cW; i++)
266 {
267     for (int j = 0; j < cH; j++)
268     {
269         if ((i >= cw2) || (j >= ch2))
270         {
271             if (ImgArray[Component, i, j] != 0)
272             {
273                 ImgArray[Component, i, j] /= dbDiv;
274             }
275         }
276     }
277 }
```

Розгортка вейвлета.

```
279 for (int i = 0; i < cW; i++)
280 {
281     reWv(ref ImgArray, cH, Component, i, WV_LEFT_TO_RIGHT);
282 }
283 for (int j = 0; j < cH; j++)
284 {
285     reWv(ref ImgArray, cW, Component, j, WV_TOP_TO_BOTTOM);
286 }
287 }
288
```

Процедура зворотнього швидкого ліфтинга дискретного біортогонального CDF 9/7 вейвлета.

```
290 private void reWv(ref double[, ] shorts, int n, int z, int dwPos, int Side)
291 {
292
293     double a;
294     double[] xWavelet = new double[n];
295     double[] tempbank = new double[n];
296
297     if (Side == WV_LEFT_TO_RIGHT)
298     {
299         for (int j = 0; j < n; j++)
300         {
301             xWavelet[j] = shorts[z, dwPos, j];
302         }
303     }
304     else if (Side == WV_TOP_TO_BOTTOM)
305     {
306         for (int i = 0; i < n; i++)
307         {
308             xWavelet[i] = shorts[z, i, dwPos];
309         }
310     }
311
312     for (int i = 0; i < n / 2; i++)
313     {
314         tempbank[i * 2] = xWavelet[i];
315         tempbank[i * 2 + 1] = xWavelet[i + n / 2];
316     }
317     for (int i = 0; i < n; i++)
318     {
319         xWavelet[i] = tempbank[i];
320     }
321 }
```

Метод перекодування YCrCb в RGB.

```
385 private byte[] YCrCbDecode(double[, ] yuv, int w, int h, double Ydiv, double Udiv, double Vdiv)
386 {
387     byte[] bytes_flat = new byte[3 * w * h];
388     double vr, vg, vb;
389     double vY, vCb, vCr;
390     Ydiv = Ydiv / 100f;
391     Udiv = Udiv / 100f;
392     Vdiv = Vdiv / 100f;
393     for (int j = 0; j < h; j++)
394     {
395         for (int i = 0; i < w; i++)
396         {
397             vCr = yuv[0, i, j] / Vdiv;
398             vCb = yuv[1, i, j] / Udiv;
399             vY = yuv[2, i, j] / Ydiv;
400             vr = vY + 1.402f * (vCr - 128f);
401             vg = vY - 0.34414f * (vCb - 128f) - 0.71414f * (vCr - 128f);
402             vb = vY + 1.772f * (vCb - 128f);
403             if (vr > 255) { vr = 255; }
404             if (vg > 255) { vg = 255; }
405             if (vb > 255) { vb = 255; }
406             if (vr < 0) { vr = 0; }
407             if (vg < 0) { vg = 0; }
408             if (vb < 0) { vb = 0; }
409             bytes_flat[j * w * 3 + i * 3 + 0] = (byte)vb;
410             bytes_flat[j * w * 3 + i * 3 + 1] = (byte)vg;
411             bytes_flat[j * w * 3 + i * 3 + 2] = (byte)vr;
412         }
413     }
414     return bytes_flat;
415 }
```

Задаємо константи, та завантажуюмо зображення. Конвертуємо завантажене зображення в байтовий масив. Використовуємо вейвлета та збереження в RAW без пост-стиснення.

```
419 class WvCompress
420 {
421
422
423     public const int WV_LEFT_TO_RIGHT = 0;
424     public const int WV_TOP_TO_BOTTOM = 1;
425
426     public byte[] run(string path)
427     {
428
429
430         Bitmap bmp = new Bitmap(path, true);
431
432
433         byte[,] b = this.BmpToBytes_Unsafe(bmp);
434
435
436         byte[] o = this.Compress(b, bmp.Width, bmp.Height);
437
438
439         FileStream f = new System.IO.FileStream(path + ".raw", FileMode.Create, FileAccess.Write);
440         f.Write(o, 0, o.Length);
441         f.Close();

```

Стиснення отриманого масива звичайним Gzip-ом и збереження у файл. Якщо для стиснення використовувати що небуть інше замість GZIP, то можна отримати файл розміром ще в 2 рази менше.

```
445         string outGZ = path + ".gz";
446         FileStream outfile = new FileStream(outGZ, FileMode.Create);
447         GZipStream compressedzipStream = new GZipStream(outfile, CompressionMode.Compress, true);
448         compressedzipStream.Write(o, 0, o.Length);
449         compressedzipStream.Close();

```

Значення, для квантування коефіцієнтів вейвлета. Далі задаємо відсотки квантування Y, cr, cb компонентів кольору та кількість рівней згортки вейвлета. Використовуємо вейвлет згортку послідовно до кожного кольорового каналу.

```
471         for (int dWave = 0; dWave < WVCount; dWave++)
472         {
473             int waveW = Convert.ToInt32(cW / Math.Pow(2, dWave));
474             int waveH = Convert.ToInt32(cH / Math.Pow(2, dWave));
475             if (z == 2)
476             {
477
478
479                 YCrCb = WaveletePack(YCrCb, z, waveW, waveH, dwDiv[dWave], dwTop[dWave], dWave);
480             }
481             else
482             {
483                 YCrCb = WaveletePack(YCrCb, z, waveW, waveH, dwDiv[dWave] * SamplerDiv, dwTop[dWave] * SamplerTop, dWave);
484             }
485         }

```

Кожен канал згортаємо вказану кількість разів. Канал з компонентом Y квантуємо на менше значення так як у ньому лежать структури зображень (яскрава компонента), а у інших каналах дані про кольори.

```
456 private byte[] Compress(byte[,,] rgb, int cW, int cH)
457 {
458
459     int[] dwDiv = { 48, 32, 16, 16, 24, 24, 1, 1 };
460     int[] dwTop = { 24, 32, 24, 24, 24, 24, 32, 32 };
461     int SamplerDiv = 2, SamplerTop = 2;
462
463     int YPerc = 100, crPerc = 85, cbPerc = 85;
464     int WVCOUNT = 6;
465
466     double[,,] YCrCb = YCrCbEncode(rgb, cW, cH, YPerc, crPerc, cbPerc, cW, cH);
467
468     for (int z = 0; z < 3; z++)
```

Конвертація масива в одновимірний.

```
488     byte[] flattened = doPack(YCrCb, cW, cH, WVCOUNT);
489     return flattened;
```

Процедура пакує масив типу Double в масив типу Byte. За рахунок наявності в масиві більшої кількості значень розміщених у межах байта. На початку усі Double доводяться до типу Short. Потім значення, які не влізли в тип байт дописуються у кінець вихідного потоку, а замість них в масив байтів записуються значення 255. Задасмо резервування для short значень. Прохід масива послідовно по вейвлет-рівням.

```
494 private byte[] doPack(double[,,] ImgData, int cW, int cH, int wDepth)
495 {
496     short Value;
497     int lPos = 0;
498     int size = cW * cH * 3;
499
500     int intCount = 0;
501     short[] shorts = new short[size];
502     byte[] Ret = new byte[size];
503
504     for (int d = wDepth - 1; d >= 0; d--)
505     {
506         int wSize = (int)Math.Pow(2f, Convert.ToDouble(d));
507         int W = cW / wSize;
508         int H = cH / wSize;
509         int w2 = W / 2;
510         int h2 = H / 2;
```

Склеювання двох масивів (byte[] і short[]) в один та повертаємо результуючий плоский масив.

```
580         int shortArraySize = intCount * 2;
581         Array.Resize(ref Ret, Ret.Length + shortArraySize);
582         Buffer.BlockCopy(shorts, 0, Ret, Ret.Length - shortArraySize, shortArraySize);
583
584         return Ret;
```

Підрахунок коефіцієнта квантування.

```
587     private double[,] WaveletePack(double[,] ImgArray, int Component, int cw, int ch, int dwDevider, int dwTop, int dwStep)
588     {
589         short Value;
590         int cw2 = cw / 2;
591         int ch2 = ch / 2;
592
593         double dbDiv = 1f / dwDevider;
594         ImgArray = Wv(ImgArray, cw, ch, Component, WV_TOP_TO_BOTTOM);
595         ImgArray = Wv(ImgArray, ch, cw, Component, WV_LEFT_TO_RIGHT);
```

І саме квантування.

```
597         for (int j = 0; j < ch; j++)
598         {
599             for (int i = 0; i < cw; i++)
600             {
601                 if ((i >= cw2) || (j >= ch2))
602                 {
603                     Value = (short)Math.Round(ImgArray[Component, i, j]);
604                     if (Value != 0)
605                     {
606                         int value2 = Value;
607                         if (value2 < 0) { value2 = -value2; }
608                         if (value2 < dwTop)
609                         {
610                             ImgArray[Component, i, j] = 0;
611                         }
612                         else
613                         {
614                             ImgArray[Component, i, j] = Value * dbDiv;
615                         }
616                     }
617                 }
618             }
619         }
620         return ImgArray;
```

Швидкий ліфтинг дискретного біортогонального CDF 9/7 вейвлета.

```
624 private double[,] Wv(double[,] ImgArray, int n, int dwCh, int Component, int Side)
625 {
626
627     double a;
628     int i, j, n2 = n / 2;
629     double[] xWavelet = new double[n];
630     double[] tempbank = new double[n];
631
632     for (int dwPos = 0; dwPos < dwCh; dwPos++)
633     {
634         if (Side == WV_LEFT_TO_RIGHT)
635         {
636             for (j = 0; j < n; j++)
637             {
638                 xWavelet[j] = ImgArray[Component, dwPos, j];
639             }
640         }
641         else if (Side == WV_TOP_TO_BOTTOM)
642         {
643             for (i = 0; i < n; i++)
644             {
645                 xWavelet[i] = ImgArray[Component, i, dwPos];
646             }
647         }
648     }
649 }
```

Множимо непарні на коефіцієнт "a" та ділимо парні на коефіцієнт "a".

```
688     if (Side == WV_LEFT_TO_RIGHT)
689     {
690         for (i = 0; i < n2; i++)
691         {
692             ImgArray[Component, dwPos, i] = xWavelet[j++] / a;
693             ImgArray[Component, dwPos, n2 + i] = xWavelet[j++] * a;
694         }
695     }
696     else if (Side == WV_TOP_TO_BOTTOM)
697     {
698         for (i = 0; i < n2; i++)
699         {
700             ImgArray[Component, i, dwPos] = xWavelet[j++] / a;
701             ImgArray[Component, n2 + i, dwPos] = xWavelet[j++] * a;
702         }
703     }
704
705 }
706 return ImgArray;
```

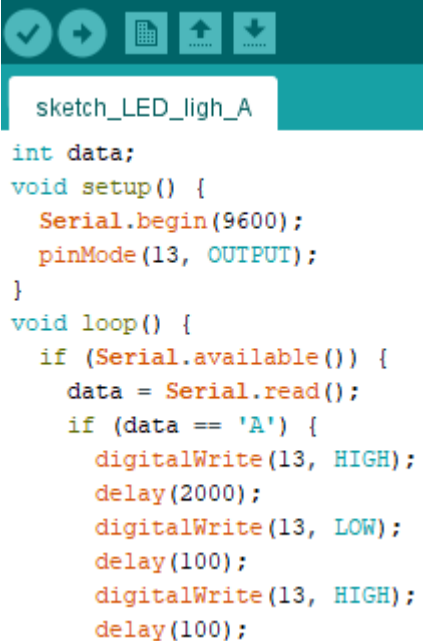
Метод перекодування RGB в YCrCb.

```
710 private double[,] YCrCbEncode(byte[,,] BytesRGB, int cW, int cH, double Ydiv, double Udiv, double Vdiv, int oW, int oH)
711 {
712     double vr, vg, vb;
713     double kr = 0.299, kg = 0.587, kb = 0.114, kr1 = -0.1687, kg1 = 0.3313, kb1 = 0.5, kr2 = 0.5, kg2 = 0.4187, kb2 = 0.0813;
714     Ydiv = Ydiv / 100f;
715     Udiv = Udiv / 100f;
716     Vdiv = Vdiv / 100f;
717     double[,,] YCrCb = new double[3, cW, cH];
718     for (int j = 0; j < oH; j++)
719     {
720         for (int i = 0; i < oW; i++)
721         {
722             vb = (double)BytesRGB[0, i, j];
723             vg = (double)BytesRGB[1, i, j];
724             vr = (double)BytesRGB[2, i, j];
725             YCrCb[2, i, j] = (kr * vr + kg * vg + kb * vb) * Ydiv;
726             YCrCb[1, i, j] = (kr1 * vr - kg1 * vg + kb1 * vb + 128) * Udiv;
727             YCrCb[0, i, j] = (kr2 * vr - kg2 * vg - kb2 * vb + 128) * Udiv;
728         }
729     }
730     return YCrCb;
731 }
```

Кількість байтів у растровому зображенні. Копіюємо заблоковані байти з пам'яті та не забуваємо розблокувати растрове зображення.

```
733 private unsafe byte[,,] BmpToBytes_Unsafe(Bitmap bmp)
734 {
735     BitmapData bData = bmp.LockBits(new Rectangle(new Point(), bmp.Size), ImageLockMode.ReadOnly, PixelFormat.Format24bppRgb);
736
737     int byteCount = bData.Stride * bmp.Height;
738     byte[] bmpBytes = new byte[byteCount];
739     Marshal.Copy(bData.Scan0, bmpBytes, 0, byteCount);
740
741     bmp.UnlockBits(bData);
742     byte[,,] ret = new byte[3, bmp.Width, bmp.Height];
743     for (int z = 0; z < 3; z++)
744     {
745         for (int i = 0; i < bmp.Width; i++)
746         {
747             for (int j = 0; j < bmp.Height; j++)
748             {
749                 ret[z, i, j] = bmpBytes[j * bmp.Width * 3 + i * 3 + z];
750             }
751         }
752     }
753 }
```


У модуль Arduino завантажуюмо такий код (рис 13). Щоб він розумів команди які буде відправляти ПК.



```
sketch_LED_ligh_A
int data;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(13, OUTPUT);
}
void loop() {
  if (Serial.available()) {
    data = Serial.read();
    if (data == 'A') {
      digitalWrite(13, HIGH);
      delay(2000);
      digitalWrite(13, LOW);
      delay(100);
      digitalWrite(13, HIGH);
      delay(100);
    }
  }
}
```

Рис. 13

3.3 Аналіз компіляції та порівняння результатів

Початкове вікно кодеку буде мати вигляд (рис. 14).

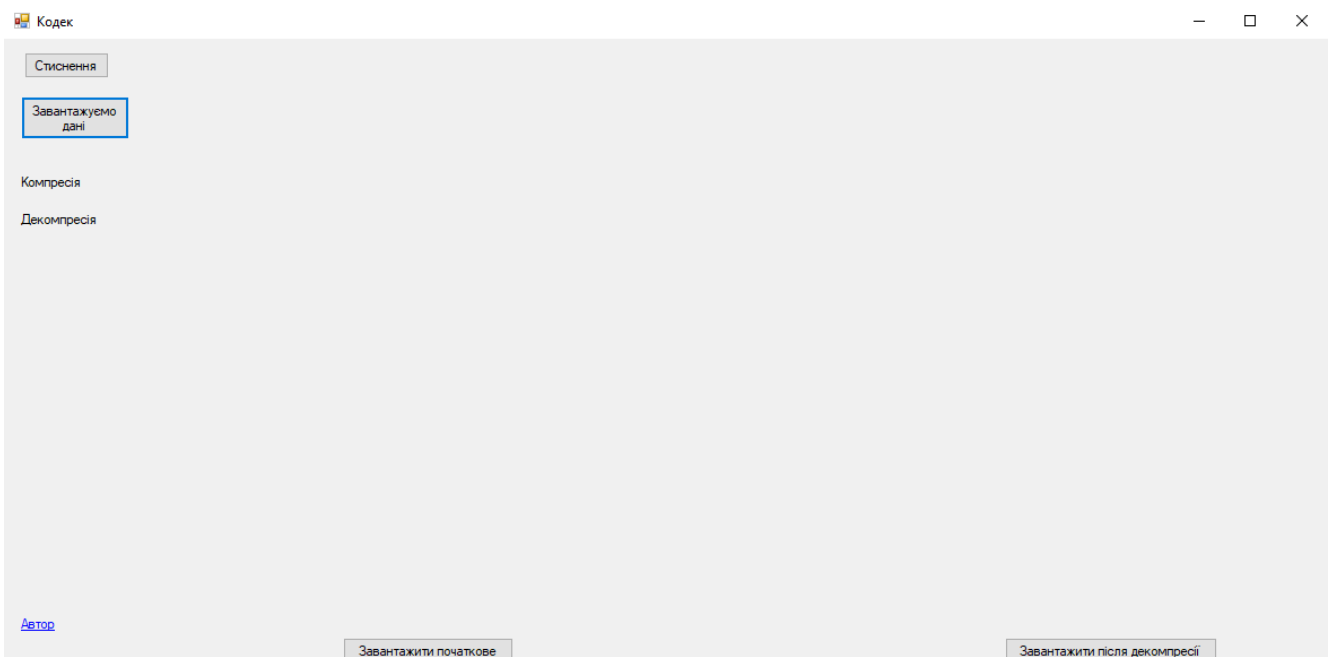


Рис. 14

Далі завантажимо зображення отримане з Sentinel-2_L2A (рис.12) та виконаємо процедуру стиснення. Після чого можна порівняти зображення до та після (рис 15).



Рис. 15

Також завантажимо дані операції стиснення. Час який знадобився процесору щоб стиснути зображення вагою 2104КБ – 751мс та час на роботу декомпресора 335мс. Вага отриманого зображення після компресора 58КБ, а після декомпресії становить 1978КБ.

Для дослідження далі завантажимо отримане з Sentinel-3 OLCI (рис. 11) та виконаємо процедуру стиснення. Після чого можна порівняти зображення до та після (рис 16).

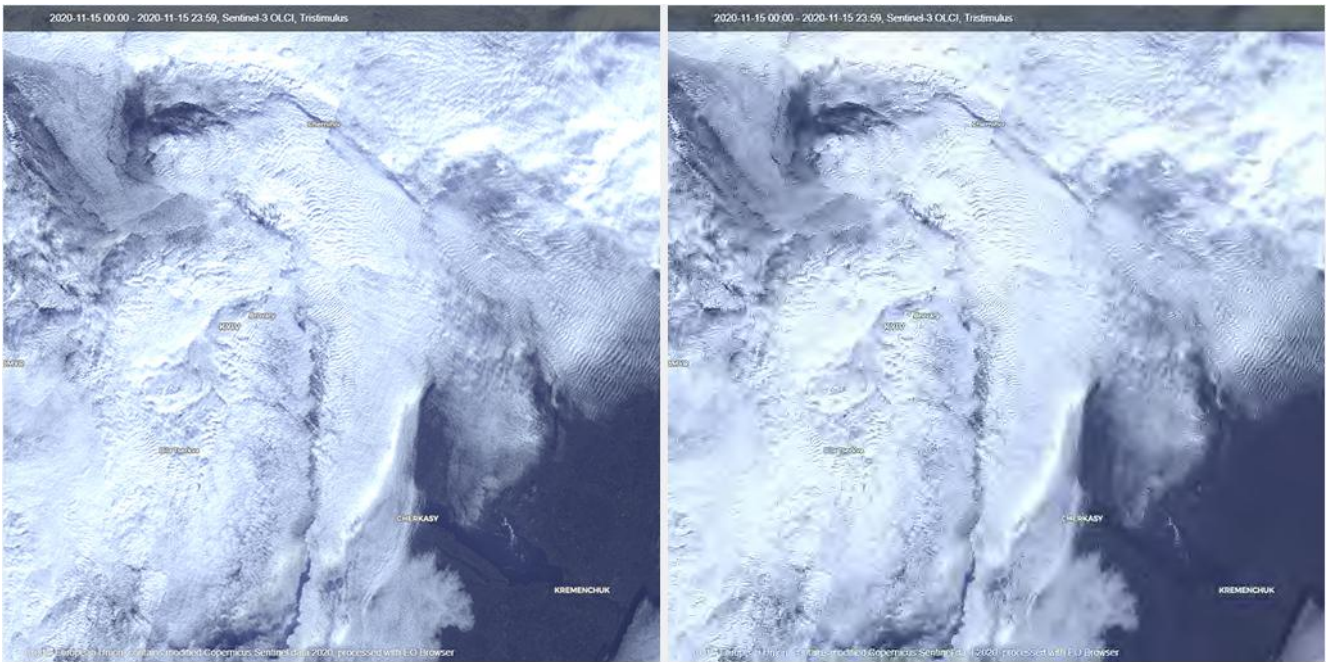


Рис. 16

Також завантажимо дані операції стиснення. Час який знадобився процесору щоб стиснути зображення вагою 537КБ – 719мс та час на роботу декомпресора 323мс. Вага отриманого зображення після компресора 27КБ, а після декомпресії становить 510КБ.



Рис. 17 Модуль Arduino підключений до ПК

3.3 Висновок до розділу

На основі аналізу основних функціональних можливостей кодека, реалізовували стиснення зображення за допомогою вейвлет-перетворення з попередньою фільтрацією. Для оцінки якості стиснення було проведено порівняння з відомим способом стиснення, заснованому на косинус перетворенні JPEG. Говорячи про перспективність застосування способу стиснення на базі вейвлет-перетворення для вирішення задачі обробки зображення отриманого супутником можна пропонувати подальшу модернізацію шляхом додавання до цього кодеку фільтрації супутникових зображень. Ць сприятиме спрощенню візуального та автоматичного аналізу з подальшою обробкою зображень на комп'ютері. Це дозволить вирішити багато задач як зі зберіганням великої кількості зображень так і з їх обробкою.

Розроблено методику, що відрізняється від відомих класичних способів стиснення поєднанням медіанної фільтрації та стисненням з використанням вейвлет перетворення, що дозволяє отримати ущільнення даних без втрат. Запропоновано модифікований спосіб стиснення зображень, який призводить до зменшення шуму та зменшення втрат від стиснення.

Отримані в роботі результати полягають в тому, що запропонований спосіб ущільнення інформації дає змогу отримати покращені результати порівняно з класичними способами в середньому на 10% з покращенням якості. Завдяки реалізації на hardware дане обладнання просто розмістити на супутнику та стискати безпосередньо там.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Вступ

Цей розділ присвячується висвітленню питань забезпечення безпечних, здорових та нешкідливих умов праці при розробці та впровадженні заходів і засобів у відповідності до основної та спеціальної частин дипломного проекту або дипломної роботи. Змістом розділу є аналіз умов безпеки праці на обраному робочому місці, виявлення шкідливих і небезпечних чинників виробничого середовища і трудового процесу та порівняння їх з діючими нормативами, а також розробка заходів щодо поліпшення системи управління охороною праці та створення умов праці, що відповідають вимогам нормативно-правових актів з охорони праці.

Основними законодавчими актами з охорони праці є: Конституція України, Закони України «Про охорону праці» Кодекс законів про працю України», «Основи законодавстві України про охорону здоров'я», «Про забезпечення санітарного і благополуччя населення», «Про пожежну Безпеку» [50, 51].

Розвиток науки і техніки у сучасному світі привносить істотні нововведення до усіх областей виробництва. Автоматизація і комп'ютеризація більшості процесів істотно підвищуючи продуктивність праці працівників. Проте разом з нововведеннями приходить і додаткова небезпека, так щороку відбувається велика кількість нещасних випадків на виробництві. Як показує практика, більшість випадків при яких гинуть люди відбувається із-за ігнорування ними правил техніки безпеки і експлуатації устаткування, але багато відбувається і із-за незадовільної організації охорони праці на підприємстві.

Саме поняття «Охорона праці» - має на увазі систему правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. В результаті проведення аналізу умов праці, будуть виявлені шкідливі і небезпечні чинники і висловлені рекомендації, відносно їх усунення, з метою збереження здоров'я.

4.2 Аналіз умов праці на робочому місці

Значним чинником, погіршуючим умови є шум, вироблений працюючим устаткуванням. Шумом прийнято називати всякий небажаний для людини звук, який заважає сприйняттю корисних сигналів. Шум являє собою безладне з'єднання звуків різної інтенсивності і частоти, що чинить шкідливий вплив на увесь організм і, в першу чергу, на центральну нервову систему. Коливання, що сприймаються людиною як звук, лежать приблизно в межах 20...20000 Гц. Ці межі не однакові у різних людей і залежать від віку людини. Основними фізичними параметрами звуку є: інтенсивність, звуковий тиск і частота коливань.

Шуми підрозділяються на широкосмугові з безперервним спектром, шириною більше за одну октаву і тональні, в спектрі яких є чутні дискретні тони. За тимчасовими характеристиками шуми діляться на постійні, рівень яких під час робочого дня змінюються не більше ніж на 5 дБ, і непостійні, рівень яких змінюється в часі більш ніж на 5 дБ. непостійні шуми підрозділяються на: що коливаються, переривчасті і імпульсні. Вимір шуму на робочих місцях роблять відповідно до ГОСТ 20445-75 і ГОСТ 23941-79. Рівні шуму в досліджуваному приміщенні відповідають допустимим значенням, і складає менше 50 дБ. Джерела ультра- і інфразвуку відсутні. Також відсутні джерела вібрацій. Умови навколишнього середовища можуть підвищувати небезпеку ураження людини електричним струмом. Так у приміщеннях з високою температурою та відносною вологістю повітря наслідки ураження можуть бути важчими, оскільки значне потовиділення для підтримання теплобалансу між організмом та навколишнім середовищем, призводить до зменшення опору тіла людини.

Електричний удар -- це збудження живих тканин організму електричним струмом, що супроводжується судомним скороченням м'язів. Залежно від наслідків ураження електричні удари можна умовно підрозділити на чотири ступеня:

- судомні скорочення м'язів без втрати свідомості;

- судомні скорочення м'язів з втратою свідомості, але зі збереженням дихання та роботи серця;
- втрата свідомості та порушення серцевої діяльності чи дихання (або одного і другого разом);
- клінічна смерть.

Шлях проходження струму через тіло людини є важливим чинником. Небезпека ураження особливо велика тоді, коли на шляху струму знаходяться життєво важливі органи -- серце, легені, головний мозок.

4.3 Розробка заходів з охорони праці

Ефективність протидії виробничим шумам визначають можливістю докладного дослідження його фізичних характеристик. Разом з тим визначення сумарного рівня інтенсивності шуму протягом багатьох років було основним і часто єдиним критерієм оцінки шуму. Дослідження частотного складу шуму виконувалось рідко, головним чином через відсутність приладів для аналізу. Усі шуми можуть бути поділені на шуми механічного походження, зумовлені вібраціями твердих тіл, і гідроаеродинамічного походження, які виникають під час вихлопів, пульсацій та вихроутворень у газах і рідинах. Під час вирішення конкретних задач зниження шуму застосовують методи усунення причин шуму і ослаблення шуму в джерелі та ізоляції і поглинання шуму. Для зниження так званих внутрішніх шумів двигунів необхідно домагатися максимально можливої амортизації двигунів за рахунок застосування спеціальних підвісок. Розвантаження деталей конструкції від вібрацій підвищує термін його служби, комфортабельність і усуває шум від багатьох дрібних, погано закріплених деталей, які можуть дати значний сумарний рівень шуму.

Захисне заземлення застосовують у мережах з напругою до 1000 В з ізолюваною нейтраллю та в мережах напругою вище 1000 В з будь-яким режимом нейтралі джерела живлення. Захисне заземлення - це навмисне електричне з'єднання із землею або з її еквівалентом металевих нормально не

струмопровідних частин, які можуть опинитися під напругою. Призначення захисного заземлення полягає в тому, щоб у випадку появи напруги на металевих конструктивних частинах електроустаткування забезпечити захист людини від ураження електричним струмом при її доторканні до таких частин.

Принцип дії захисного заземлення в мережах з ізольованою нейтраллю полягає в зменшенні до безпечних значень напруги доторкання та кроку, зумовлених замиканням на корпус. Це досягається зменшенням потенціалу на корпусі заземленого устаткування, а також вирівнюванням потенціалів, тобто підвищенням потенціалу основи до потенціалу заземленого устаткування [52].

Статична електрика - це сукупність явищ, що пов'язані з виникненням, накопиченням та релаксацією вільного електричного заряду на поверхні або в об'ємі діелектричних та напівпровідникових речовин, матеріалів та виробів. Виникнення зарядів статичної електрики є результатом складних процесів перерозподілу електронів чи іонів при стиканні двох різнорідних тіл (речовин). Нейтралізація зарядів статичної електрики здійснюється внаслідок іонізації повітря індукційними, високовольтними, радіоактивними та комбінованими нейтралізаторами.

Вимоги до освітлення наведені у ДБН В.2.5-28-2006 «Природне і штучне освітлення». Збереження зору людини, стан його центральної нервової системи значною мірою залежить від освітлення .

Розрахунок освітленості робочого місця зводиться до вибору системи освітлення, визначенню необхідного числа світильників, їхнього типу й розміщення. У приміщенні використовується система загального штучного освітлення з використанням люмінесцентних джерел світла у світильниках загального освітлення. Як світильники загального освітлення використовуються люмінесцентні лампи типу ЛП071-4x18-571/Мілано із індексом передачі кольору не менш 70 ($R \geq 70$), як світильники - установки типу УСП-35-4x18 з можливістю плавного регулювання яскравістю.

Нормативними документами встановлено вимоги освітлення робочого місця інженера, так як рекомендована освітленість на поверхні столу в зоні

розміщення робочого документу 300 - 500 лк. Місцеве освітлення не повинно створювати відблисків на поверхні екрану і збільшувати освітленість екрана понад 300 лк.

Для проектування системи штучного освітлення скористаємося методом світлового потоку, оскільки будемо розраховувати рівномірне загальне освітлення приміщення при освітленості тільки в горизонтальній площині. Висота приміщення: $H = 3\text{м}$; Висота робочої поверхні столу: $h_p = 0.9\text{м}$; Висота звісу світильника від стелі: $h_z = 0.15\text{м}$; Визначаємо висоту звісу світильника над робочою поверхнею:

$$b = H - h_p - h_z$$

$$b = 3 - 0,9 - 0,15 = 1,95\text{м}$$

Ширина приміщення: $A = 4\text{ м}$; Довжина приміщення: $B = 6\text{ м}$; Визначаємо освітлювану площу приміщення: $S = A \cdot B$

$$S = 4 \cdot 6 = 24\text{м}^2$$

Визначаємо індекс приміщення:

$$i = \frac{S}{h \cdot (A + B)}$$

$$i = \frac{24}{1.95 \cdot (4 + 6)} = 1.23$$

Коефіцієнти відбиття від стелі 70%, від стін – 50%, від підлоги – 10%
Вибираємо характеристики, що відповідають типу лампи – ЛЕД(E27) напруга 230 В, 8 Вт, тривалість горіння – 30 000 годин, світловий потік горіння 780 лм. Три лампи потужністю по 8 Вт кожна. Таким чином, світловий потік: $\Phi = 2340\text{ лм}$; з урахуванням індексу приміщення, коефіцієнтів відбиття стелі, стін, підлоги і типу обраного світильника визначаємо коефіцієнт світлового потоку: $\eta = 40$;
Коефіцієнт затінення: $K_z = 1,4$; Коефіцієнт затінення для даного приміщення з фіксованим положенням інженера-програміста: $K_\gamma = 0.9$; Коефіцієнт нерівномірності освітлення: $Z = 1.3$; Кількість ламп в світильнику: $n = 3$;

Розраховуємо потрібну кількість світильників:

$$N_c = \frac{100 \cdot E \cdot S \cdot K_3 \cdot Z}{n_i \cdot \Phi \cdot \eta \cdot K_\gamma}$$

$$N_c = \frac{100 \cdot 300 \cdot 24 \cdot 1,4 \cdot 1,3}{3 \cdot 2340 \cdot 40 \cdot 0,9} = 5,2$$

З розрахунків видно, що для даного приміщення потрібно додати 2 лампи, щоб забезпечити рекомендовану освітленість приміщення.

4.4 Пожежна та вибухова небезпека при експлуатації

Проведемо оцінку міри вибухо- і пожежонебезпеки приміщення, в якому проводяться роботи по виготовленню пристрою, що розробляється. Для цього існує два методи - детерміація і імовірнісний. У основі методу детерміації лежить розподіл на категорії приміщень по пожежній і вибухопожежній небезпеки; у основі імовірнісного - розрахунок вірогідності досягнення певного рівня пожежної і вибухопожежної небезпеки. Ці два методи базуються на таких нормативних документах, як СНіП 2.09.02-85, СНіП 2.01.02-85, ОНТП 24-68 ПВЕ, ГОСТ 12.1.009-91, ГОСТ 12.1.010-76 і т.п.

Потенційними вогнищами займання є електропроводка при її ушкодженні і робочі місця, на яких проводяться роботи з несправним устаткуванням або порушенням правил техніки безпеки.

З організаційних заходів протидії пожежі слід зазначити:

- контроль над дотриманням правил пожежної безпеки;
- призначення відповідальної особи за комплекс протипожежних заходів;
- знайомство з правилами протипожежної безпеки; - устаткування приміщення засобами пожежогасінні (як автоматичними, так і індивідуальними).

Рекомендується встановити протипожежну сигналізацію.

4.5 Висновки до розділу

Працювати дозволяється тільки на справному устаткуванні. При виникненні пожежі діяти згідно інструкції по пожежній безпеці. Про усі несправності устаткування негайно повідомляти ремонтні служби. При нещасному випадку вміти надати першу допомогу, викликати лікаря, по можливості залишивши місце події без зміни. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях:

- у випадках виявлення дефектів шнурів живлення, наявності диму або запаху гару негайно відключити живлення і повідомити про аварійну ситуацію;
- якщо людина потрапила під напругу, негайно звільнити його від дії струму шляхом відключення устаткування і до прибуття лікаря надати ПМД;
- у разі погіршення самопочуття (появи різі в очах, різкому погіршенні зору) покинути робоче місце, звернутися до лікаря;
- при займанні устаткування, відключити живлення і вжити заходи по гасінню вогнища пожежі за допомогою вуглекислого або порошкового вогнегасника, викликати пожежну команду.

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

5.1 Вступ

Впровадження у виробництво найновіших досягнень науки і техніки, поява нових технологій, енергоджерел і матеріалів призвели до революційних змін у житті суспільства. Людство вступило в епоху науково-технічної революції, що посилює антропогенний вплив на природу. Цей вплив має суперечливий характер. У ньому переплітаються позитивні й негативні явища. З одного боку, вдосконалення технологій і зростання виробництва сприяють більш повному задоволенню потреб людей, раціональному користуванню природними ресурсами, збільшенню виробництва продуктів харчування і т. ін. З іншого — забруднюється природне середовище, знищуються ліси, посилюється ерозія ґрунтів, випадають кислотні дощі, зменшується озоновий шар землі, погіршується стан здоров'я людей тощо.

Зростаючі потреби суспільства і виробництва обумовлюють подальше прискорення темпів науково-технічного прогресу. Цілком зрозуміло, що чим вищий історичний етап розвитку суспільства, тим більшою мірою стан природного середовища детермінується цілепокладаючою людською діяльністю. Поглиблення і розширення масштабів такої діяльності можуть призвести до глобальних суперечностей у розвитку цивілізації, які можна подолати лише шляхом проведення докорінних змін у рамках розвитку самого суспільства. Сучасна екологічна ситуація складалась стихійно в ході діяльності людей, спрямованої на задоволення їхніх потреб. Людина досягла висот сучасної цивілізації завдяки тому, що постійно змінювала природу у відповідності зі

своїми цілями. Люди досягали цілей, на які розраховували, але одержували наслідки, яких не чекали.

У сучасній екологічній ситуації важливо при оцінці економічної ефективності науково-технічного прогресу враховувати екологічні наслідки впровадження нової техніки, проводити комплексні еколого-економічні експертизи нової техніки. Такій експертизі мають підлягати не тільки створені техніка і технології, а й технічні ідеї, розробки, проекти нових технічних засобів [53]. Саме під цим кутом зору розглянемо стан навколишнього середовища в Україні.

У складному стані перебувають земельні ресурси та ґрунти України. Її земельний фонд (60,4 млн. га) характеризується високим рівнем освоєності. Розораність території становить 56%, чого немає в жодній країні світу. Для порівняння у США цей показник 27%, у Франції — 42%, у ФРН — 33%. В середньому на одного жителя України припадає 0,81 га сільськогосподарських угідь і 0,65 га ріллі. Високий рівень розвитку продуктивних сил і сприятливі ґрунтово-кліматичні умови для ведення сільського господарства обумовили інтенсивне використання земель. Тільки 8% території країни перебуває в природному стані. Це болота, озера, гірські масиви, покриті і непокриті лісом. В Україні всі придатні для інтенсивного землекористування території вже введені в різні сфери господарської діяльності.

Велике занепокоєння викликає стан водних ресурсів та способи їхнього використання. Це насамперед води рік, озер, боліт, ставків, водосховищ та підземні води. На півдні Україна омивається водами Чорного і Азовського морів. В Україні протікає понад 22 тис. річок загальною довжиною більш як 170 тис. км. Основні запаси води знаходяться в північній і північно-західній частині, а в південних областях води не вистачає. З метою більш надійного забезпечення водою маловодних регіонів виконано значні роботи з регулювання стоку річок, на яких створено 1087 водосховищ, зроблено близько 28 тис. ставків, 7 великих каналів.

Залишається гострою проблема забруднення поверхневих та підземних вод переважно органічними речовинами, сполуками азоту, фенолами, нафтопродуктами, а також важкими металами. В останні роки спостерігається підвищення їхньої мінералізації, зростають зосередження хімічних підприємств. Загалом на території України нині діють 193 стабільні осередки забруднення підземних вод, експлуатуються 303 великі водозабори підземних вод, де якість води погіршується внаслідок техногенного впливу.

З метою охорони вод від забруднення проводяться такі профілактичні заходи: розробка схем комплексного використання та охорони вод, екологічна експертиза проектів будівництва і реконструкції об'єктів, що впливають на стан води, нормування водоспоживання та водовідведення, введення в експлуатацію водоохоронних споруд, контроль за скидом стічних вод та стоком водних об'єктів тощо.

За останні роки намітилась тенденція до зменшення викидів забруднених речовин в атмосферне повітря. У 1992 р. в цілому було викинуто в повітря 8,6 млн. т. шкідливих речовин від стаціонарних джерел забруднення. Основні забруднювачі повітря — підприємства металургії (30,7%), енергетики (28,9%), вугільної (17,2%) та нафтохімічної промисловості (5%). Однак рівень забруднення атмосфери ще залишається досить високим. Найзагрозливіша ситуація складається в промислових центрах Донецько-придніпровського економічного регіону.

Головна причина повільного зниження викидів і зменшення рівнів забруднення — використання застарілих і неефективних технологій.

Значна частка у забрудненні атмосфери належить транспорту. Так, понад 40% оксиду вуглецю, 45% вуглеводів і близько 30% окислів азоту від загальної кількості речовин потрапляють в атмосферу завдяки транспорту. Викиди автотранспорту в 90-ті роки становлять 38,5% від усього обсягу викидів забруднених речовин в Україні. З метою їх зменшення потрібно застосовувати альтернативні види моторного палива з меншим вмістом свинцю, перевести

дизельні автомобілі на використання газодизельних сумішей, що зменшує димність відпрацьованих газів та вміст у них токсичних сполук.

Екологічна ситуація в Україні з метою її оздоровлення потребує мобілізації зусиль усіх урядових і неурядових організацій, вчених, виробників, господарських і контролюючих органів, громадськості.

Закон України "Про охорону навколишнього середовища" [54] - визначає правові, економічні, соціальні основи охорони навколишнього середовища. Завдання Закону полягає в регулюванні відносин у галузі охорони праці, використанні та відновленню природних ресурсів, забезпеченні екологічної безпеки, попередженню та ліквідації наслідків негативної дії на навколишнє середовище діяльності людини, збереження природних ресурсів, генетичного фонду нації, ландшафтів й інших природних об'єктів. Під час науково-дослідницької роботи у лабораторії утворюються відходи у вигляді зношених й відпрацьованих деталей, відходів паперу, люмінесцентні лампи та ін. Всі відходи здаються в господарський блок для подальшої утилізації. Жорсткість вимог до виробництва й матеріалів, а також розробка нових виробничих й утилізаційних технологій дозволяє зменшити антропогенне навантаження на навколишнє середовище.

5.2 Аналіз проблем впливу на стан довкілля

Навколо нашої планети, на орбіті знаходиться величезна кількість частинок космічних апаратів і ступенів ракет. Вже зараз вони становлять загрозу для орбітальних станцій. Наприклад, в травні 2016 року дуже маленький осколок, розміром всього в десять або навіть соті частки міліметра, залишив на склі Міжнародної космічної станції скол діаметром близько 7мм [55].

Всьому виною величезна швидкість Міжнародної космічної станції, що долає на орбіті більше 7,7 км в секунду. На таких швидкостях при зіткненні небезпечні об'єкти практично будь-якого розміру. Якщо МКС зіткнеться з усього лише з 10-сантиметровим фрагментом сміття, це вже, швидше за все, стане

фатальним для міжнародної орбітальної програми. Скільки ж уже осколків різного розміру знаходиться на низькій навколоземній орбіті? За розрахунками Європейського космічного агентства, понад 29 000 часток більше 10 см. Кожна з них при зіткненні гарантовано знищить будь-космічний апарат або орбітальну станцію. Практично всі такі шматки сміття враховуються, і за ними ведеться саме пильне спостереження з Землі. До речі, в цю категорію ввійшли і які відпрацювали своє супутники і ступені ракет-носіїв, використаних при виведенні космічних апаратів.

МКС може отримати лазер для «відстрілу» космічного сміття. До слова, радянський перший супутник ПС-1 зійшов з орбіти і згорів в щільних шарах атмосфери вже через 92 дні після запуску. Перший американський супутник «Експлорер», запущений через кілька місяців, провисів на орбіті до 1970 року. А ось американський супутник «Авангард-1», який почав роботу в березні 1958 року, до сих пір знаходиться в космосі за рахунок своєї високої еліптичної орбіти (від 650 до 3800 км від Землі). За підрахунками вчених, він буде перебувати там ще кілька сотень або навіть тисяч років. Цілком можливо, однією з перших місій з очищення земної орбіти стане спроба забрати «Авангард-1» з орбіти і доставити його в музей [56].

Частинок від одного до 10 см набагато більше. Європейські вчені оцінюють їх кількість приблизно в 670 000 одиниць. Звучить жахливо, але насправді все не так і погано. Якщо всі ці шматки сміття рівномірно розподілити по поверхні Землі, то вийде, що на один шматок доведеться приблизно 76 кв. км площі. Відповідно в Москві, в межах МКАД, буде лежати 11-12 шматочків розмірами від одного до 10 см. А космос набагато більше.

Стежити за частинками такого розміру з Землі поки нереально - немає необхідних технологій і сил. Але кожна з них при зіткненні здатна зруйнувати супутник і нанести дуже серйозні пошкодження Міжнародної космічної станції. Але крім таких великих частинок, є і набагато менші, але від того не менш небезпечні. Частинок розміром від 1 мм до 1 см понад 17 мільйонів, і всі вони мають штучне походження [57]. Такі частинки можуть при невеликому зіткненні

вирубати космічний апарат і навіть пробити протівометеорітну захист орбітальної станції. Пробоїну можна буде закрити, але це все ще дуже і дуже небезпечно.

За даними Європейського агентства з навколишнього середовища (ЄАНС), кількість електронних відходів, утилізованих в світі щороку, досягло 40 мільйонів тонн, що в даний час зростає в три рази швидше, ніж інші види відходів. Основна причина цього - тривале зростання використання електронних товарів. Згідно зі звітом Emarketer за 2014 рік, тільки з точки зору стільникових телефонів у всьому світі налічується 1,64 мільярда користувачів, ця цифра, за оцінками, збільшиться до 2,56 мільярда, що еквівалентно однієї третини населення світу в 2018 році [58]. Це показує кількість людей, які все частіше використовують електронні пристрої.

Крім того, технологія постійно оновлюється і вдосконалюється, що призводить до скорочення очікуваного терміну служби електронних продуктів, що, в свою чергу, вимагає безперервного виробництва електронних компонентів для нового обладнання. Це також вважається одним з основних джерел електронних відходів, які різко збільшуються. Це має великий вплив на економіку і життя людей, особливо на екологічні проблеми в інвестованих країнах.

Інша частина виробництва електронних компонентів, а також виробництво устаткування, в основному відбувається з двох основних джерел: відходи в процесі поховання та поховання від повсякденної діяльності робочих на заводі.

Остаточний склад виробництва електронних компонентів містить багато домішок, металів і токсичних хімікатів. Крім того, щоденні відходи, викликані потребами в харчуванні і санітарії робочих, також містять безліч органічних сполук і шкідливих бактерій. Обидва типи відходів є основними причинами несприятливого впливу на навколишнє середовище без належної і розумної обробки.

5.3 Аналіз джерел впливу та наслідки на навколишнє середовище

Одним з найбільш серйозних забруднень навколоземної орбіти став американський проект «Вестфорд». У 1961-1963 роках за допомогою трьох ракет-носіїв на орбіту були виведені 480 000 000 мідних голок. Американські військові припускали створити штучну іоносферу навколо нашої планети, щоб забезпечити більшу надійність для систем військового зв'язку. Причому перші два запуски закінчилися невдало, і лише з третього разу військовим вдалося «засіяти» на орбіті нашої планети майже півмільярда невеликих дротяних шматочків. Дротові голочки були дуже тонкими, вони мали в довжину всього 1,78 см при товщині близько 20 мкм. На виготовлення півмільярда таких зволікань треба було всього близько 20 кг міді. В результаті третього, успішного запуску навколо Землі на висоті 3500 км було утворено кільце, своєрідний «бублик» товщиною близько 30 км. Кожен дріт в цьому «бублику» працював як дипольна антена. Вже на четвертий день після запуску американські військові провели сеанс зв'язку між військовими базами в Каліфорнії і Массачусетсі. Космічна штучна іоносфера забезпечувала прийом і передачу даних на швидкості близько 20 кілобіт в секунду, що приблизно дорівнює потужності модему в 1990-х роках [59].

Однак уже через кілька тижнів голочки стали розлітатися один від одного, і якість зв'язку стало падати. Багато в чому через це від проекту відмовилися і закрили. За словами військових, більшість правильно спрямованих шматків дроту протягом 10 років повернулися на Землю і згоріли в щільних шарах атмосфери. Проте точних даних, скільки повернулося, а скільки залишається на орбіті, немає. Таким чином людство влаштувало одне з найсерйозніших забруднень орбітального простору. На щастя, більшість з них збилися в окремі скупчення, за якими ведеться спостереження з Землі. В даний час налічується 46 таких скупчень, але технологій, щоб прибрати їх з орбіти, теж поки немає.

У 1978 році науковий консультант NASA Дональд Кесслер, дивлячись на стрімко збільшується кількість космічних апаратів на орбіті, зробив один дуже неприємний для людства прогноз. Він припустив, що в якийсь момент супутників на орбіті стане так багато, що почнуть траплятися неконтрольовані зіткнення, які приведуть до ефекту доміно. Що він мав на увазі? За рахунок величезних

швидкостей супутники на орбіті при зіткненні утворюють величезну кількість осколків, що розлітаються в різні боки. При цьому частина цих осколків може знайти собі наступну «жертву» і далі.

І так, перше зіткнення на орбіті вже сталося в 2009 році. Головною дійовою особою став «Космос-2251» - російський військовий супутник зв'язку типу «Стріла-2М». Він був запусканий в 1993 році і пропрацював на орбіті всього пару років. Потім його система маневрування вийшла з ладу, військові попереживати, але нічого не змогли вдіяти, списали його і забули. А супутник полетів далі по космосу шукати собі друзів. І 10 лютого 2009 року, на висоті близько 790 км над рівнем моря, він зустрівся з робочим американським супутником Iridium-33.

В результаті роботи джерел електромагнітного випромінювання з'являється електромагнітне поле. Воно утворюється при взаємодії багатопольових і дипольних тіл з електричним зарядом. В результаті в просторі утворюються хвилі, такі як радіохвилі - електромагнітні хвилі з довжиною хвилі > 500 мкм (частотою $< 6 \times 10^{12}$ гц). Вони мають багатофункціональне застосування: радіомовлення, радіотелефонний зв'язок, телебачення, радіолокація, радіометрологія ін. У всіх перерахованих випадках радіохвилі є засобом передачі на відстань без проводів тієї чи іншої інформації: мови, телеграфних сигналів, зображення;

Електромагнітне поле характеризується випромінюванням та довжиною хвилі. Чим далі від джерела випромінювання, тим випромінювання сильніше згасає. В будь-якому випадку забруднення розповсюджується на велику територію. Електромагнітний фон завжди існував на планеті. Він сприяє розвитку життя, але, надає природнього впливу, що не завдає шкоди екології. Так, люди могли піддаватися дії електромагнітного випромінювання, використовуючи у своїй діяльності дорогоцінні й напівкоштовні камені.

При експлуатації ВЧ-, ДВЧ-, УВЧ передавачів на радіо та телецентрах джерелами електромагнітного випромінювання є високочастотні генератори, антенні комутатори, пристрої складання потужностей електромагнітного поля, комунікації (від генератора до антенного пристрою), антени. Ступінь опромінення працюючих залежить від кількості розміщуваних у приміщенні передавачів (в

окремих зонах, на радіо та телецентрах їх може бути до 20), їх потужності, ступеня екранування, розміщення окремих блоків всередині приміщення і поза його межами. Для всіх видів зв'язку джерелом електромагнітного випромінювання є радіолокаційні станції, зокрема генератори, фідерні лінії, антени, окремі блоки енергії електромагнітного поля ЗВЧ- та НВЧ діапазонів. Впливу енергії НВЧ діапазону працівники зазнають при регулюванні, настроюванні та випробовуванні радіолокаційних станцій, у цехах заводів і ремонтних майстерень. Основним джерелом випромінювання в цехах заводу є відкриті антенні системи. Під час випробовування СБСЗ на полігонах або їх експлуатації в цивільній авіації умови праці операторів сприятливіші, оскільки більшу частину робочого часу вони перебувають в екранованих кабінах [60].

Всесвітня організація охорони здоров'я стверджує, що "ніяких негативних наслідків для здоров'я не очікується". Проте Міжнародна агенція з дослідження раку (IARC) класифікувала надзвичайно низькочастотну ЕМР (електромагнітну радіацію), пов'язану з лініями електропередачі, та радіочастоту ЕМР із використанням мобільних телефонів як можливих канцерогенів людини. Порівняно з мобільними телефонами, радіочастотний ефект ЕМР від інших бездротових пристроїв нижчий - оскільки інші пристрої, як правило, розташовані далі від тіла, - а в деяких випадках – під постійним впливом. Інші бездротові пристрої, такі як розумні лічильники, випромінюють лише періодично. IARC не зробила ніяких висновків про зв'язок між раком та радіочастотною ЕМР з джерел, відмінних від стільникових телефонів.

Збільшується кількість людей, які є надмірно чутливими до електромагнітного випромінювання. Електромагнітна радіація існує навколо ліній електропередачі пристроями, під час використання, що простягається на кілька метрів навколо пристрою. Близькі струми та випромінювальні поля все ще можуть вивільнюватися з електричних проводів, навіть якщо прилади вимикаються. Електричні поля змінного струму не зникають, коли прилад вимикається, зникають тільки магнітні поля змінного струму.

Підрахувати вуглецевий слід індустрії, продукту або послуги - складне завдання. У Міжнародній організації по стандартизації є стандарт ISO 14040: 2006, на основі якого був створений стандарт Оцінки життєвого циклу, що дозволяє приблизно оцінити наслідки виробництва продукту або послуги для навколишнього середовища, в тому числі і їх вуглецевий слід [61].

Розрахуємо вуглецевий слід від пристрою розробленого в дипломній роботі. Для цього спочатку ми порахуємо середню потужність за годину:

$$P_a = \frac{P_{ar} + P_{pc}}{2}$$

де P_{ar} – споживання платою Ардуїно, P_{pc} – споживання домашнім персональним комп'ютером.

З технічних характеристик беремо дані для обчислення: 1) для мого домашнього комп'ютера $P_{pc} = 500 \text{ Вт*год}$; 2) для плати Ардуїно $P_{ar} = 0,215 \text{ Вт*год}$. $P_a = 250,11 \text{ Вт*год}$

Тепер ми можемо порахувати, яку кількість викидів вуглекислого газу буде виробляти пристрій:

$$m_{CO_2} = P_a h_{24} d_{30} CDE$$

де h_{24} – кількість годин у добі, d_{30} – кількість днів у місяці, CDE – викид вуглекислого газу в залежності від палива.

Гідротермальне джерело за кіловат електроенергії викидає 50 грам вуглекислого газу, сонячні панелі – 100 грам, атомна енергія – 30 грам, вітрогенератор – 40 грам [62].

Таблиця 5.3.1

Тип енергії	CO ₂ , кг
Сонячні панелі	18,01
Гідротермальне джерело	9,04
Атомна енергії	5,402
Вітрогенератор	7,203

5.4 Рекомендації щодо зниження негативних чинників

Більшість сучасних проектів по створенню космічних апаратів для орбітальної прибирання або так і знаходяться на стадії проектів, або тягнуть не більше ніж на студентські розробки. На жаль, але на ділі поки жодна світова держава не почала всерйоз боротися з проблемою орбітального сміття. А хто ж з країн зробив найбільший внесок в засмічення орбіти Землі? На першому місці за кількістю космічного сміття знаходяться США. Зовсім трохи від них відстає Росія (3961 проти 3999 великих об'єктів), але за загальною кількістю об'єктів на земній орбіті (з урахуванням ступенів ракет і діючих супутників) Росія утримує перше місце (6515 у Росії і 6211 у США). На третьому місці за кількістю сміття знаходиться Китай (3475 об'єктів). Максимум, що було зроблено, - організовано спостереження за космічними апаратами і серйозними шматками сміття на орбіті. У кожної країни ведеться свій каталог, що враховує найбільш помітні проблеми забруднення. Наприклад, є російський каталог Аспос ОКП (автоматизована система попередження про небезпечні ситуації в навколосемному космічному просторі), що ведеться головним інформаційно-аналітичним центром ЦНДІМаш. Станом на 2014 рік в ньому містилася інформація вже про більш ніж 15,8 тис. Одиниць об'єктів космічного сміття. Також спостереження за сміттям на орбіті ведуть і Сполучені Штати Америки.

У США є достатня кількість ідей і розробок для прибирання космічного сміття, але поки жодна з них не перетворилася в реальний космічний апарат. Серед варіантів і ідей є, наприклад, спеціальна осередкова мережа, яка накидається на скупчення космічного сміття, щоб потім направити його в бік Землі. Іноді досить просто зрушити об'єкт у напрямку до поверхні планети, а далі все справа зробить сила тяжіння. Є варіант прибирання сміття з орбіти за допомогою лазера. Передбачається, що лазерний імпульс, випаровуючи частину об'єкта, змусить його зрушити з місця, що сильно зменшить загальний час перебування сміття на орбіті. Цей проект називається Laser Broom («Лазерна мітла»), але і він в даний час не втік далі розробок [63].

В процесі виготовлення електронних пристроїв необхідно дотримуватися деяких правил, задля зменшення електромагнітного забруднення, а саме: контролювати рівень електромагнітного випромінювання на робочому місці; використання екранованих камер; робити періодичну перевірку здоров'я працівників і за допомогою досліджень виявляти причину негативного впливу; встановлення еквівалентного навантаження поблизу передавача, це дозволить поглинати велику кількість електромагнітного випромінювання; віддалення робочого місця від джерела випромінювання; дотримуватись гранично допустимих значень електромагнітного поля; екранувати захисне робоче місце для вимірювань; при обробці надвисокочастотної частини, слід застосувати різні типи поглиначів потужності; використовувати імітатори випромінювання при перевірці індикаторних, прийомних, обчислювальних, керуючих систем, коли немає необхідності вмикати генератори та випромінювачі високочастотних сигналів; використовувати хвилевідводні відгалужувачі, дільники потужності, послаблювачі, при роботі ліній передачі енергії та антен; на всіх етапах дослідження з пристроєм НВЧ забезпечити відсутність витоку енергії в місцях зчленування елементів хвиле водного тракту.

Демонтаж вважається невід'ємною операцією утилізації бракованих плат з компонентами. Він проводиться на декількох рівнях: або OEM; або самими виробниками обладнання для відновлення компонентів з бракованої продукції або виробленої в надмірній кількості для повторного використання або заміни; або спеціальними підрядниками, які виконують цю функцію для виробника; або по демонтажу для повторного продажу на ринку вторинних матеріалів. Практично всі подібного роду операції демонтажу виконуються вручну, що саме по собі накладає обмеження на цю операцію через витрати на трудовитрати. Технології механічного, автоматизованого і роботизованого демонтажу розглядалися як з точки зору скорочення трудовитрат, так і для забезпечення комфортних умов праці. Компанія SAT (Австрія) розробила методику автоматизованого демонтажу компонентів з надлишкових або несправних плат з компонентами. Ця методика використовується в першу чергу для демонтажу дорогих компонентів. Однак

існує ймовірність розвитку цієї технології для виконання демонтажу всіх компонентів. Компанія SAT вважає, що демонтаж компонентів будь-яким ручним способом вимагає багато часу і фінансових витрат і в майбутньому не знайде широкого застосування в загальному процесі переробки відходів електроніки, обсяги яких в Європі, за оцінкою організації SAT, в даний час становлять 400 000 т в рік. Технологія SAT використовує автоматичний пошук і зняття припою подвійним променем лазера з подальшим зняттям обраних компонентів вакуумним пінцетом. Операція по демонтажу компонентів включає деякі етапи: прочитання ідентифікують даних всіх компонентів; прочитання бази даних зберігаються на складі компонентів для визначення їх вартості і потреби; процес визначення, як припаяні або змонтовані не ідентифікованих компонентів; демонтаж обраних компонентів - здійснюється роботом протягом 3-5 с; зняття припою за допомогою лазера або інфрачервоного випромінювання методом, визначеним для конкретного типу корпусу компонента. Було також розроблено обладнання для зняття компонентів за конвеєрним принципом, шляхом нагрівання інфрачервоним випромінюванням і струшування компонентів з плати за допомогою ударяючих валиків.

Знизити вуглецевий слід виробництва можна, наприклад, утеплення будинків, розміщенням сонячних панелей на даху, впровадженням енергії з відновлюваних джерел, технологічними поліпшення (більш Економічні лампи і обладнання) [64].

Також, зниження вуглецевого сліду може залежати від матеріалів, що використовуються для виробництва або упаковки. Наприклад, використання і виробництво пластикової тари і упаковки, натомість скляній або металевій, може потенційно знизити виділяється слід CO₂. Так, Franklin Associates розрахували викиди вуглеводнів при виробництві різних видів пляшок в розрахунку на 2957 л. напою. За даними звіту, виробництво пляшок із пластику показало найнижчий результат викидів CO₂ на всіх етапах життєвого циклу. А пластмасові комплектуючі машин і літаків допомагають знизити вагу транспортного засобу, що надалі впливає на економічність споживання палива і призводить до

скорочення викидів вуглеводню в атмосферу. До того ж, при виробництві, що вважається більш екологічним, паперового пакета, відбувається на 70% вище виділення парникових газів, ніж при виробництві того ж пакета з пластику [65].

Якщо ж комп'ютер позбавлений зовнішньої відеокарти і має енергоефективний процесор, то споживання такої системи складе менше 200 Ватт на годину, що можна порівняти з енергоспоживанням телевізора великої діагоналі. При цьому треба враховувати, що в режимі простою або нескладних завдань, споживання енергії зменшується завдяки функціям енергозбереження, вбудованим в BIOS материнських плат або утиліт, що функціонує під системою Windows.

5.5 Висновок до розділу

Після того, як в промисловому житті стали використовуватися прилади, що працюють від електроенергії, а в побутовому житті - електротехніка, інтенсивність випромінювання підвищилася. Це призвело до появи хвиль такої довжини, яких раніше в природі не існувало. В результаті будь-який прилад, який працює на електроенергії, є джерелом електромагнітного забруднення. З появою джерел забруднення антропогенного характеру, електромагнітні поля стали чинити негативний вплив і на здоров'я людей, і на природу в цілому. Так з'явилося явище електромагнітного смогу. Він буває як на відкритих просторах, в місті і за його межами, так і в приміщеннях.

Санітарно-гігієнічні чинники небезпеки виникають при підвищеному вмісті в повітрі робочих зон шкідливих речовин, недостатньому чи нераціональному освітленні, підвищеному рівні шуму, вібрації, незадовільних мікрокліматичних умовах, наявності різноманітних випромінювань вище допустимих значень, порушенні правил особистої гігієни та ін.

Організаційні чинники небезпеки характеризують структуру виробничих взаємозв'язків, систему правил, норм, інструкцій, стандартів стосовно виконання робіт, планово-попереджувального ремонту устаткування, організацію нагляду за

небезпечними, роботами, використанням устаткування, механізмів та інструменту за призначенням тощо.

Бурхливо розвивається виробництво електроніки створює все більшу кількість відходів. Серед відходів електронного обладнання найбільшою вартістю володіють плати, що містять дорогоцінні метали. Це призвело до розвитку комерційної інфраструктури, заснованої на зборі друкованих плат з подальшою їх сортуванням за змістом дорогоцінних металів і відновленням шляхом переплавки в плавильної печі.

Більшість відходів плат (приблизно 85%) вивозиться на сміттєві звалища. Це призводить до нераціональних втрат обмежених матеріальних ресурсів і, крім того, дає велике навантаження на сміттєві звалища. Утилізація відходів електроніки дозволить скоротити потреби в сміттєвих звалищах, а також буде сприяти відновленню цінних матеріалів і компонентів для повторного використання. Незважаючи на те, що за останні п'ять років вартість електронних компонентів значно знизилася, все ж існує значний попит на багато відновлені деталі, і варіант зменшення навантаження на сміттєві звалища придбав як ніколи велике значення. Що стосується продукції, одержуваної з відходів, то можна розглядати дві категорії її утилізації: утилізація компонентів і утилізація матеріалів плат.

Встановивши систему GPS-стеження, можна забезпечити збір даних, які допоможуть проаналізувати використання транспорту що використовується на виробництві і зробити його більш ефективним. Аналіз телематичних даних може дати інформацію про критерії для майбутніх рішень.

За допомогою інформації про вуглецевий слід продуктів, споживачі зможуть зрозуміти, як саме запобігти викидам парникових газів. У свою чергу, виробники вже надають клієнтам можливість зменшити вуглецевий слід певних продуктів, використовуючи альтернативну сировину і поновлювані джерела енергії.

У структурі встановлених електроенергетичних потужностей в Україні вугільна генерація (ТЕС та ТЕЦ) займає більше 50%. Найменшу частку займають

ВДЕ ~2%. Загальний тренд виробництва електроенергії в Україні має тенденцію до скорочення на ~14% за останні 3 роки. Найбільшу частку у виробництві займають АЕС – 54% всієї електроенергії в Україні в 2016 році, тоді як ТЕС мають частку у 32%. При цьому, з 2013 року відбулися певні зміни у структурі виробництва електроенергії – частка АЕС зросла на 10% та частка ТЕС скоротилася на 8%. Такі зміни зумовлені проблемами поставок вугілля, основне місце видобування якого знаходиться у зоні АТО. Альтернативні джерела в Україні виробляють лише ~1% всієї електроенергії. Встановлені потужності ВДЕ в Україні мають тенденцію до щорічного зростання (падіння у 2014 році спричинене втратою масштабних об'єктів енергетики в окупованій АР Крим та в зоні АТО). Середньорічний темп зростання встановленої потужності ВДЕ складає 31%. Станом на 1 січня 2017 року встановлена потужність об'єктів відновлюваної енергетики в Україні, які працюють за «зеленим» тарифом, склала 1117,7 МВт

ВИСНОВКИ

Однією з тенденцій останнього десятиліття у сфері дистанційного зондування Землі з космосу став комплексний підхід до обробки даних: спільне використання даних різних інструментів, у тому числі, оптичних і радіолокаційних. Оскільки кожен з названих методів спостереження Землі володіє як перевагами, так і обмеженнями в застосуванні, що мають різну природу, об'єднання таких різних даних відкриває нові можливості та є дуже ефективним, в порівнянні з роздільною обробкою, за рахунок розширення об'єму одержуваної інформації завдяки як взаємодоповнюваності, так і взаємозамінності. Незважаючи на зростаючий інтерес до спільного використання оптичних і радарних знімків, проблема їх стиснення залишається актуальною. Кожен тип знімку має свої особливості та проблемні моменти, які необхідно враховувати при стисненні.

У роботі досягнуто поставленої мети – розроблено модифікований алгоритм для підвищення якості стиснення. Для досягнення мети було виконано наступні завдання: проаналізовано об'єкт та предмет дослідження, проведено аналіз існуючих методів стиснення, визначено вимоги до системи, створено

модифікований алгоритм стиснення, реалізовано програмне забезпечення на основі розробленого алгоритму та проведено аналіз.

Використавши запропонований метод стиснення для обробки зображення, знятого супутником можна значно підвищити ступінь стиснення зображення, тим самим збільшивши кількість даних, які можна передати за певний проміжок часу. Завдяки медіанній фільтрації втрати після стиснення значно зменшуються. Поєднання класичного методу стиснення с непараметричною фільтрацією дозволяє розширити сферу досліджень для молодих науковців в розробці та модифікації супутників та супутникового зондування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Mulla, D.J. Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps. *Biosyst. Eng.* 2013, 114, 358–371.
- [2] McCabe, M.F.; Houborg, R.; Lucieer, A. High-resolution sensing for precision agriculture: From Earth-observing satellites to unmanned aerial vehicles. *Remote Sens. Agric. Ecosyst. Hydrol.* XVIII 2016, 9998, 999811.
- [3] ESA. Resolution and Swath. Available online: earth.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2/instrumentpayload/resolution-and-swath (accessed on 2 April 2020).
- [4] He, Y.; Weng, Q. *High Spatial Resolution Remote Sensing: Data, Analysis, and Applications*; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 2018; ISBN 9780429470196.
- [5] Solano, F.; Di Fazio, S.; Modica, G. A methodology based on GEOBIA and WorldView-3 imagery to derive vegetation indices at tree crown detail in olive orchards. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 2019, 83, 101912
- [6] McGrath R. *Landmines and unexploded ordnance: a resource book*. Pluto Press; 2000.

- [7] Geneva International Centre for Humanitarian Demining. Finishing the job: An independent review of mine action sector in Cambodia; 2016. Office of the United Nations Development Programme.
- [8] Collier P, Elliot VL, Hegre H, Hoeffler A, Reynal-Querol M, Sambanis N. Breaking the conflict trap: Civil war and development policy. World Bank; 2003.
- [9] Qin R, Tian J, Reinartz P. 3D change detection—approaches and applications. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*. 2016; 122:41–56.
- [10] Lunar Reconnaissance Orbiter Camera. Earth Observatory: Fresh craters on the moon and earth; 2009.
- [11] Dalal N, Triggs B. Histograms of oriented gradients for human detection. In: Schmid C, Soatto S, Tomasi C, editors. *International Conference on Computer Vision & Pattern Recognition (CVPR'05)*. vol.
- [12] Schmid T, Bruckschen F, Salvati N, Zbiranski T. Constructing sociodemographic indicators for national statistical institutes by using mobile phone data: estimating literacy rates in Senegal. *Journal of the Royal Statistical Society Series A: Statistics in Society*. 2017; 180(4):1163–1190.
- [13] Pokhriyal N, Jacques DC. Combining disparate data sources for improved poverty prediction and mapping. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*. 2017; 114(46): E9783–E9792.
- [14] Phillips C, Sicker D, Grunwald D. A survey of wireless path loss prediction and coverage mapping methods. *IEEE Communications Surveys and Tutorials*. 2013; 15(1):255–270.
- [15] Karsenty A, Blanco C, Dufour T (2003). Forest and climate change. Instruments related to the United Nations Framework Convention on Climate Change and their Potential for Sustainable Forest Management in Africa. FAO, Rome, Italy, pp. 44.
- [16] Cairns MA, Olmsted I, Granados J, Argaez J (2003). Composition and aboveground tree biomass of a dry semi-evergreen forest on Mexico's Yucatan Peninsula. *Forest Ecology and Management* 186: 125-132. - doi: 10.1016/S03
- [17] Wang X, Li Z, Liu X, Deng G, Jiang Z (2007). Estimating stem volume using QuickBird imagery and allometric relationships for open *Populus xiaohei* plantations.

Journal of Integrative Plant Biology 49: 1304-1312. - doi: 10.1111/j.1672-9072.2007.00528.x

[18] Persson H, Wallerman J, Olsson H, Fransson JES, Fransson JES, Persson H (2013). Estimating forest biomass and height using optical stereo satellite data and a DTM from laser scanning data Estimating forest biomass and height using optical stereo satellite data and a DTM from laser scanning data. *Canadian Journal of Remote Sensing* 39: 251-262. - doi: 10.5589/m13-032

[19] Sohrabi H, Bakhtiarvand Bakhtiari S, Ahmadi K (2016). Above- and below-ground biomass and carbon stocks of different tree plantations in central Iran. *Journal of Arid Land* 8: 138-145. - doi: 10.1007/s40333-015-0087-z

[20] Costanza, R.; d'Arge, R.; de Groot, R.; Farber, S.; Grasso, M.; Hannon, B.; Limburg, K.; Naeem, S.; Oneill, R.V.; Paruelo, J.; Raskin, R.G.; Sutton, P., and van den Belt, M., 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387(6630), 253–260.

[21] Gonzalez-Liboy, J., 1979. An Examination of the Present Condition of Seagrass Meadows in La Parguera, Puerto Rico. San Juan, Puerto Rico: DNER and U.S. Fish and Wildlife Service, Final Report to the Department of Natural Resources and U.S. Fish and Wildlife Service, 100p.

[22] Duarte, C.M., 1991. Seagrass depth limits. *Aquatic Botany*, 40(4), 363–377.

[23] Hoang, T.; Garcia, R.; O'Leary, M., and Fotedar, R., 2016. Identification and mapping of marine submerged aquatic vegetation in shallow coastal waters with WorldView-2 satellite data. In: Vila- Concejo, A.; Bruce, E.; Kennedy, D.M., and McCarroll, R.J. (eds.), *Proceedings of the 14th International Coastal Symposium* (Sydney, Australia). *Journal of Coastal Research*, Special Issue No. 75, pp. 1287–1291.

[24] Levin, N.; Kyba, C.C.M.; Zhang, Q.; Sánchez de Miguel, A.; Román, M.O.; Li, X.; Portnov, B.A.; Molthan, A.L.; Jechow, A.; Miller, S.D.; et al. Remote sensing of night lights: A review and an outlook for the future. *Remote Sens. Environ.* **2020**, 237, 111443.

- [25] Bennett, M.M.; Smith, L.C. Advances in using multitemporal night-time lights satellite imagery to detect, estimate, and monitor socioeconomic dynamics. *Remote Sens. Environ.* **2017**, *192*, 176–197.
- [26] Levin, N.; Phinn, S. Illuminating the capabilities of Landsat 8 for mapping night lights. *Remote Sens. Environ.* **2016**, *182*, 27–38.
- [27] Kruse, F.A.; Elvidge, C.D. Identifying and mapping night lights using imaging spectrometry. In *Proceedings of the IEEE Aerospace Conference, Big Sky, MT, USA, 5–12 March 2011*.
- [28] CSIS [Center for Strategic and International Studies] (2013) *CSIS Annual Report 2012*.
- [29] Olbrich, P. and Witjes, N. (2015) *Earth Observation and International Security: The Role of Uncertainty in Satellite Imagery Analysis by Non-State Actors*. ESPI Perspectives, No. 72. Vienna: European Space Policy Institute.
- [30] AMTI [Asia Maritime Transparency Initiative] (2014) *About AMTI*
- [31] Blumer, H. (1954) ‘What is Wrong with Social Theory?’, *American Sociological Review*, *18/1*: 3–10.
- [32] Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео; Д. Ватолин, А. Ратушняк, М. Смирнов, В. Юкин; Диалог-МИФИ, 2003 г.; ISBN 5-86404-170-X
- [33] Фурман Я. А., Юрьев А. Н., Яншин В. В. Цифровые методы обработки и распознавания бинарных изображений, 1992. ISBN 5-7470-0204-X
- [34] Working with GeoMedia Professional, Appendix E «Raster Information», Compression Techniques; DJA080791, SJ**690 (6.0)
- [35] Глотов В.М. Застосування стереофотограмметричного методу для створення картматеріалів при проектуванні генеральних планів сільських населених пунктів / Глотов В.М., Кордуба Ю.Г. // *Геодезія, картографія і аерофотознімання*. – 2011. – № 74. – С. 97–101.
- [36] Зинченко О.Н. Беспилотные летательные аппараты: применение в целях аэрофотосъемки для картографирования (часть 1) / Зинченко О.Н. // *Ракурс*. – 2011. – С. 1–12

- [37] Мозговой, Д. К. Обработка спутниковых снимков при решении прикладных задач [Текст] / Д. К. Мозговой // Международный научно-практический форум «Наука и бизнес» : тез. докл., 29–30 июня 2015 г. – Днепропетровск, 2015. – С. 191-194.
- [38] "ITU-T Rec T.800 | IS 15444-1 -- JPEG 2000 image coding system: Core coding system," 2001.
- [39] "ITU-T Rec T.808 | IS 15444-9 -- JPEG 2000 image coding system: Interactivity tools, APIs and protocols," 2005.
- [40] "ITU-T Rec T.801 -- Information technology -- JPEG 2000 image coding system: Extensions," 2002.
- [41] Fujiyoshi M, Watanabe O, Kiya H. A method of guaranteeing image-quality for quantization-based watermarking using a non-orthogonal transformation. IEICE Trans Fundam 2005;E88-A:1434–1442.
- [42] Christopoulos C, Askelof J, Larsson M. Efficient methods for encoding regions of interest in the upcoming JPEG 2000 still image coding standard. IEEE Signal Process Lett 2000;7:247–249
- [43] Starosolski R. Reversible Denoising and Lifting Based Color Component Transformation for Lossless Image Compression; 2016. Preprint. Available: arXiv:1508.06106 [cs.MM]
- [44] Starosolski R. Application of reversible denoising and lifting steps to DWT in lossless JPEG 2000 for improved bitrates. Signal Process Image Commun. 2015; 39(A): 249±63.
- [45] Information technology ±High efficiency coding and media delivery in heterogeneous environments ±Part 2: High efficiency video coding. ISO/IEC International Standard 23008±2 and ITU-T Recommendation H.265; 2015.
- [46] Daubechies I, Sweldens W. Factoring wavelet transforms into lifting steps. J Fourier Anal Appl. 1998; 4: 247±69.
- [47] Mallat SG. A theory for multiresolution signal decomposition: the wavelet representation. IEEE T Pattern Anal. 1989; 11: 674±93.

- [48] Sentinel-2 team, GMES Sentinel-2 Mission Requirements Document, EOP-SM/1163/MR-dr, Issue 2 Rev. 1, March 2010, <http://esamultimedia.esa.int/docs/GMES/Sentinel-2 MRD. pdf>.
- [49] Sentinel-2 team, GMES Sentinel-2 Image Performance Simulator Description, S2-TN-ASG-SY-2002, Issue 1 Rev. 1, ESA confidential, February 2007.
- [50] Закон України «Про охорону праці».
- [51] Закон України «Основи законодавства України про охорону здоров'я».
- [52] Міждержавний стандарт ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление.
- [53] ISO 14031:1996. Оцінювання екологічної ефективності. Загальні вимоги. Чинний від 15.06.96.
- [54] Закон України “Про охорону навколишнього природного середовища” – К.: Україна. – 1991. - 59 с. (з усіма редакціями до 2017 року)
- [55] С.С. Вениаминов, А.М. Червонов, Космический мусор — угроза человечеству / М: ИКИ РАН, 2012, ISSN 2075-6836
- [56] Fengyun-1C Debris: One Year Later // Orbital Debris Quarterly News. 2008. V. 12. Iss. 1.
- [57] Назаренко А. И. Моделирование космического мусора — М.: ИКИ РАН, 2013. 216 с. (Серия «Механика, управление и информатика»), ISBN 978-5-9903101-6-2, ISSN 2075-6839
- [58] ГОСТ 12.1.002-84. Электрические поля промышленной частоты. Введен 01.01.85.
- [59] Herrin J. et al. STS-126 Shuttle Endeavour Window Impact Damage // Orbital Debris Quarterly News. 2009. V. 13. Iss. 2.
- [60] ГОСТ 12.1.005–88. ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. Введен 01.01.89.
- [61] ISO 14040:2006 Environmental management — Life cycle assessment — Principles and framework
- [62] POSTNOTE 383 June 2011 Carbon Footprint of Electricity Generation

- [63] Рыхлова Л., Бахтигараев Н. Новые проблемы околоземной астрономии // Околоземная астрономия. 2009. М.: Институт астрономии РАН, 2010.
- [64] K. O’Rielly, J. Jeswiet. Strategies to Improve Industrial Energy Efficiency // Procedia CIRP. — 2014-01-01. — Т. 15. — С. 325—330. — ISSN 2212-8271
- [65] Harald Pilz, Bernd Brandt, Roland Fehringier. The impact of plastics on life cycle energy consumption and greenhouse gas emissions in Europe // denkstatt GmbH. — 2010