

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет комп'ютерної інженерії та управління
(повна назва)

Кафедра електронних обчислювальних машин
(повна назва)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
Пояснювальна записка

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Триетапний метод сегментації зображень,
сформованих для навігації мобільних роботів

(тема)

Виконав:

студент II курсу, групи СПМ-22-3
Беспалий А.В.
(прізвище, ініціали)

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»
(код і повна назва спеціальності)

Тип програми освітньо-наукова
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма Системне програмування
(повна назва освітньої програми)

Керівник: ст. викл. Єрьоміна Н.С.
(посада, прізвище, ініціали)

Допускається до захисту

Зав. кафедри ЕОМ

(підпис)

Коваленко А.А.

(прізвище, ініціали)

2024 р.

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет _____ комп'ютерної інженерії та управління _____

Кафедра _____ електронних обчислювальних машин _____

Рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____

Спеціальність _____ 123 «Комп'ютерна інженерія» _____
(код і повна назва)

Тип програми _____ освітньо-наукова _____
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Освітня програма _____ Системне програмування _____
(повна назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри _____
(підпис)

“ _____ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

студенту _____ Беспалому Андрію Віталійовичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Триетапний метод сегментації зображень, сформованих для навігації мобільних роботів

затверджена наказом по університету від “ 01 ” квітня 2024 р. № 257 Ст

2. Термін подання студентом роботи до екзаменаційної комісії 15 червня 2024 р.

3. Вхідні дані до роботи зображення з різним об'єктовим складом; ПВ матриця ЕЗ 8x8 елементів; ПЗ: матриця 16x16; розмір ОП ЕЗ 3 елементи, розмір ОП ПЗ - 9 елементів; тип обладнання – процесор Intel Core 2 Duo, Xeon E312xx, процесор віртуальної машини; мова програмування - MATLAB

4. Перелік питань, що потрібно опрацювати у роботі огляд предмету досліджень, аналіз методів сегментації зображень для здійснення селекції об'єктів при навігації МР; оцінка параметрів інформативних полів ПВ; дослідження селекції об'єктів на зображеннях поверхні візування на основі кореляційного аналізу; розробка триетапного методу сегментації зображень для здійснення селекції об'єкта прив'язки на поточному зображенні.

5. Перелік графічного матеріалу із зазначенням креслеників, схем, плакатів, комп'ютерних ілюстрацій (слайдів) 22 слайди

6. Консультанти розділів роботи (заповнюється за наявності консультантів згідно з наказом, зазначеним у п.1)

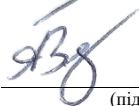
Найменування розділу	Консультант (посада, прізвище, ім'я, по батькові)	Позначка консультанта про виконання розділу	
		підпис	дата

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

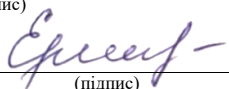
№	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд предмету дослідження	02.04.24-08.04.24	
2	Аналіз методів сегментації зображень для здійснення селекції об'єктів при навігації	09.04.24-16.04.24	
3	Оцінка параметрів інформативних полів ПВ	17.04.24-22.04.24	
4	Дослідження селекції об'єктів на зображеннях ПВ на основі кореляційного аналізу	23.04.24-06.05.24	
5	Розробка триетапного методу сегментації	07.05.24-23.05.24	
6	Оформлення матеріалів кваліфікаційної роботи	24.05.24-03.06.24	
7	Подання кваліфікаційної роботи керівникові та її попередній захист	04.06.24-07.06.24	
8	Подання кваліфікаційної роботи на рецензування	08.06.24-12.06.24	

Дата видачі завдання 01 квітня 2024 р.

Студент


(підпис)

Керівник роботи


(підпис)

ст. викл. Єршоміна Н.С.

(посада, прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи: 81 с., 39 рис., 0 табл., 2 дод., 19 джерел.

КОРЕЛЯЦІЙНО-ЕКСТРЕМАЛЬНІ СИСТЕМИ НАВІГАЦІЇ, ОБ'ЄКТ ПРИВ'ЯЗКИ, СЕЛЕКЦІЯ ОБ'ЄКТІВ, ПОТОЧНЕ ЗОБРАЖЕННЯ, ЕТАЛОННЕ ЗОБРАЖЕННЯ, ФРАКТАЛЬНА РОЗМІРНІСТЬ, ЯСКРАВІСТЬ, КОНТРАСТ.

Метою кваліфікаційної роботи є визначення класифікаційних ознак об'єктів поверхні візування та розробка методу селекції об'єктів з урахуванням об'єктової насиченості.

В ході виконання кваліфікаційної роботи проаналізовано стан розробки відомих методів селекції об'єктів на зображеннях. Розроблено узагальнену модель опису ПВ та обґрунтовано вибір типів інформативних полів для здійснення селекції об'єктів на зображеннях ПВ.

Розроблено метод селекції об'єктів на зображеннях поверхні візування на основі використання різних інформаційних ознак, таких як фрактальну розмірність, яскравість та контраст. Здійснено оцінку параметрів інформативних полів зображень поверхні візування з різною об'єктовою насиченістю. Встановлена можливість застосування ФР для селекції об'єктів ПВ з низькою об'єктовою насиченістю. Розроблено триетапний метод метод селекції x об'єктів на зображеннях поверхні візування на основі використання сукупності інформаційних ознак. Встановлено, що застосування ФР відносно яскравості забезпечує зменшення обчислювальної складності до 10^6 . Моделювання селекції об'єктів на зображеннях ПВ з використанням реальних зображень з Google Earth підтвердило ефективність розроблених методів за рахунок зменшення операцій обчислення.

ABSTRACT

Master's thesis: 81 pages, 39 figures, 0 tables, 2 appendices, 19 sources.

CORRELATION-EXTREME NAVIGATION SYSTEMS, REFERENCE OBJECT, OBJECT SELECTION, CURRENT IMAGE, REFERENCE IMAGE, FRACTAL DIMENSION, BRIGHTNESS, CONTRAST.

The purpose of the certification work is to determine the classification features of the objects of the visualization surface and to develop a method for selecting objects taking into account the object saturation.

In the course of the certification work, the state of development of known methods for selecting objects in images was analyzed. A generalized model for describing the OB was developed and the choice of types of informative fields for object selection in OB images was substantiated.

A method for selecting objects in images of the visualization surface based on the use of various information features, such as fractal dimension, brightness, and contrast, is developed. The parameters of the informative fields of images of the visualization surface with different object saturation are estimated. The possibility of applying FR for the selection of PV objects with low object saturation is established. A three-stage method for selecting x objects on the images of the viewing surface based on the use of a set of information features is developed. It is established that the use of FRs relative to brightness reduces the computational complexity to 106. Simulation of object selection in VP images using real images from Google Earth confirmed the effectiveness of the developed methods by reducing computational operations.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ	8
ВСТУП	9
1 ОГЛЯД ПРЕДМЕТУ ДОСЛІДЖЕННЯ	12
1.1 Огляд існуючих рішень і обґрунтування актуальності розробки	12
1.2 Поняття сегментації зображень	14
1.3 Різновиди сегментації	15
2 АНАЛІЗ МЕТОДІВ СЕГМЕНТАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ ЗДІЙСНЕННЯ СЕЛЕКЦІЇ ОБ'ЄКТІВ ПРИ НАВІГАЦІЇ МР	18
2.1 Класифікація існуючих методів сегментації зображень	18
2.2 Метод на основі порога	18
2.2.1 Методи на основі глобального порога	19
2.2.2 Методи на основі локального порога	22
2.3 Сегментація за регіонами	24
2.4 Сегментація країв	24
2.5 Здійснення сегментації шляхом кластеризації	25
3 ВИЗНАЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ОЗНАК ПОВЕРХНІ ВІЗУВАННЯ	26
3.1 Результати визначення інформаційних ознак поверхонь місцевизначення	26
3.2 Дослідження зображень за фрактальною розмірністю	32
4 ДОСЛІДЖЕННЯ СЕЛЕКЦІЇ ОБ'ЄКТІВ НА ЗОБРАЖЕННЯХ ПОВЕРХНІ ВІЗУВАННЯ НА ОСНОВІ КОРЕЛЯЦІЙНОГО АНАЛІЗУ	39
4.1 Обґрунтування критеріїв визначення ступеня схожості зображень	39
4.2 Розробка алгоритму порівняння зображень з використанням ВКФ	39
5 РОЗРОБКА ТРИЕТАПНОГО МЕТОДУ СЕГМЕНТАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ ЗДІЙСНЕННЯ СЕЛЕКЦІЇ ОБ'ЄКТА ПРИВ'ЯЗКИ НА ПОТОЧНОМУ ЗОБРАЖЕННІ	45

5.1 Розробка алгоритму сегментації зображення та селекції об'єкта прив'язки за фрактальною розмірністю	45
5.2 Моделювання селекції об'єктів на зображеннях в залежності від параметрів шуму	47
5.3 Результати порівняння обчислювальної складності селекції об'єкта на зображенні при використанні різних інформаційних ознак	56
ВИСНОВКИ.....	58
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	60
ДОДАТОК А Графічний матеріал кваліфікаційної роботи.....	63
ДОДАТОК Б Аналіз узагальненої моделі зображення поверхні візування за кількістю об'єктів, селекція об'єктів на зображеннях.....	75
Б.1 Аналіз узагальненої моделі зображення поверхні візування за кількістю об'єктів.....	76
Б.2 Селекція об'єктів на зображеннях за допомогою інформаційної ознаки фрактальних розмірностей	79

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ, СКОРОЧЕНЬ
І ТЕРМІНІВ

АКФ – автокореляційна функція

ВЗ – вихідне зображення

ВКФ – взаємкореляційна функція

ВФ – вирішальна функція

ДЗЗ – дистанційне зондування Землі

ДСА – діаграма спрямованості антени

ЕЗ – еталонне зображення

ЕМ – електромагнітна енергія

ІНС – інерційні навігаційні системи

ІП – інформативні параметри

КЕСН – кореляційно-екстремальні системи навігації

КВК – коефіцієнт взаємної кореляції

МР – мобільні роботи

ОНС – основна навігаційна система

ОП – об'єкт прив'язки

ПВ – поверхня візування

ПЗ – поточне зображення

ПКАК – поля кореляційного аналізу за контрастом

ПКАЯ – поля кореляційного аналізу за яскравістю

ПФР – поле фрактальної розмірності

СН – системи навігації

СТЗ – системи технічного зору

УПЯ – узагальнений показник якості

ВСТУП

Сучасні системи управління мобільними роботами (МР) неможливо представити без використання систем навігації (СН). Одна з основних вимог, яка висувається до даних систем – це неперервність процесу визначення місцезнаходження МР в реальному режимі часу. СН МР повинні стійко працювати в будь яких умовах оточуючого середовища, включаючи в себе всепогодність, сезонність та інше, а також визначати наявність перешкод у вигляді хибних об'єктів місцевості та різноманітних радіоелектронних збурюючих впливів з боку зовнішніх факторів.

На сьогоднішній день для навігації МР існує чимало методів. Умовно їх можна розділити на чотири групи:

- навігаційна супутникова система;
- навігація за допомогою станцій наземного базування (радіонавігація);
- візуальна навігація;
- автономна система навігації.

Глобальні навігаційні супутникові системи забезпечують максимальне охоплення території земної кулі та дають можливість як абсолютного, так і відносного високоточного визначення координат та інших навігаційних параметрів за допомогою геодезичної та навігаційної апаратури споживачів.

Навігаційні супутникові системи являються сучасним засобом для визначення місця розташування, швидкості та точного часу. Однак дані системи мають і ряд недоліків, основний з них – це сильна залежність від радіоперешкод та перешкод, що обмежують область видимості угруповання космічних апаратів супутникової навігаційної системи. Навіть короткочасний збій у системі може призвести до незворотних надзвичайних подій. Враховуючи те, що більшість країн земної кулі, в тому числі і Україна, не мають своєї власної супутникової СН, виникає необхідність використання

інших систем для навігації МР.

Сенсом радіонавігації є визначення місця розташування об'єкта, який перебуває у русі, за допомогою радіотехнічних пристроїв, розташованих на об'єкті і в навколишньому просторі в точках з відомими координатами. У вузькому розумінні радіонавігація – це навігація за допомогою станцій наземного базування.

В основі локації лежить явище відбиття електромагнітних хвиль (ЕМХ) від перешкод. Енергія ЕМХ, яка падає на об'єкт, розсіюється у всіх напрямках, таким чином, збільшується площа розсіювання, відповідно зменшується точність визначення місцезнаходження об'єкта.

Візуальна навігація полягає у можливості визначення власного місця розташування за допомогою орієнтирів, таких як таблички, сенсорні пілони, показчики та ін. На орієнтирах відображається графічна інформація, яка допомагає самостійно орієнтуватися в просторі. Візуальна навігація може успішно застосовуватися як на відкритих просторах (читання карт), так і в приміщеннях.

Автономна навігаційна система – це система, до складу якої входять прилади та пристрої, за допомогою яких здійснюється вимірювання та оброблення параметрів в автономному режимі.

Найбільший інтерес з усього різноманіття автономних засобів навігації становлять інерціальні навігаційні системи (ІНС), які використовують метод визначення координат та параметрів руху об'єкта [1].

Відомі методи мають свої обмеження та особливості, потребують комплексного підходу для забезпечення необхідної точної навігації МР. На території нашої країни уже чимало років проводиться дослідження навігації МР з використанням кореляційно-екстремальних систем навігації (КЕСН). Рішення задач навігації даних систем завжди відбувається в умовах обмеженого часу на прийняття правильного рішення бортовою обчислювальною системою. Можливі випадки в роботі КЕСН МР, коли необхідно терміново провести перепланування маршруту МР. Подібна

ситуація може викликати проблему в рішенні задачі сегментації зображень, необхідних для високоточної навігації МР.

Дотепер проведено чимало досліджень в розробці методів та алгоритмів КЕСН МР, наприклад у [2] приведено результати розробки методу локалізації об'єкта прив'язки на поточних зображеннях (ПЗ) у разі виникнення хибних об'єктів, в [3] подано результати дослідження методу ітераційного формування селективних еталонних зображень, в [4] розроблено двоетапний комбінований метод сегментації зображень, який враховує особливості функціонування КЕСН МР і формалізований опис ПВ.

Проте кожен з існуючих методів та алгоритмів, маючи деякі недоліки, вимагає вдосконалення, або ж розробки нових.

Тому завдання розробки методів та алгоритмів сегментації зображень, які формуються в інтересах навігації МР, є актуальним.

Відповідно, метою кваліфікаційної роботи є підвищення функціонування КЕСН МР на основі розробки триетапного методу сегментації зображень.

1 ОГЛЯД ПРЕДМЕТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Огляд існуючих рішень і обґрунтування актуальності розробки

У зв'язку з широким застосуванням робототехніки, яка уже давно знайшла широке застосування у всіх сферах життя людини, великих успіхів досягнуто і в створенні мобільних роботів (МР).

На сьогоднішній день МР може працювати в дистанційному режимі за допомогою оператора, або ж в автоматичному за допомогою різноманітних систем управління (системи автопілоту, або програми, які дозволяють здійснювати польот МР без оператора, тобто автономно. При цьому польот МР буде здійснюватися відповідно до визначеного маршруту.)

В літературі можливо знайти різноманітний поділ МР, один з них це:

- залежно від цільового призначення та сфери використання;
- за способом управління (дистанційні, автоматичні та комбіновані);
- за характером виконання завдань(стратегічні, оперативно-тактичні та тактичні, які можуть виконувати завдання спостереження, збір даних місцевості та об'єктів, вантажні перевезення, моніторинг місцевості та об'єктів, аерофото- та видеозйомка тощо) [5].

В Україні ж відношення до дистанційно керованих моделей МР чітко не визначене та залишається відкритим.

В системах навігації МР використовуються інерційні навігаційні системи (ІНС) [6], які доповнюються системами супутникової корекції [7-9] або ж кореляційно-екстремальними системами навігації (КЕСН). Враховуючи той факт, що супутникові системи призводять до неавтономності функціонування ІНС та у зв'язку з відсутністю в Україні власної навігаційної системи, то для керування МР в нашій державі більш доцільно використовувати КЕСН.

КЕСН – це системи, алгоритм роботи яких включає в себе обчислення

функції взаємної або автокореляційної функції випадкових процесів, які характеризують стан керованого об'єкта, тобто МР, та визначення (пошук) координат головного екстремума даної функції [10, 11].

У галузі КЕСН отримано ряд досягнень:

- зроблено винаходи в галузі КЕС навігації, у яких використовувалися різні варіанти оптичних кореляторів, які забезпечують розв'язання задач місцевизначення в реальному масштабі часу;

- створено теорію, розроблено принципи побудови кореляційно-екстремальних систем навігації рухомих об'єктів, що використовують просторово-часове оброблення зображень орієнтирів різної фізичної природи;

- розроблено, виготовлено та випробувано перші зразки кореляційно-екстремальних координаторів для літальних апаратів, морських і річкових суден, наземних рухомих механізмів, що використовують радіолокаційні датчики земної поверхні та астроорієнтири;

- розроблено та впроваджено на низці підприємств машинобудівного профілю кореляційно-екстремальну систему зору промислових роботів, що дає змогу здійснювати автоматичне розпізнавання деталей та їх орієнтування на складальному конвеєрі;

- розвинуто принципи побудови та основи теорії систем екстремальної радіонавігації, що мають порівняно з відомими системами низку переваг: у них на єдиній методологічній основі розв'язується проблема боротьби із систематичними та випадковими похибками, завдання комплексного використання радіополів різної природи (гіперболічних станцій, радіомаяків, сигналів навігаційних штучних супутників Землі);

- реалізовано комп'ютерну технологію моделювання, дослідження та проектування складних інформаційно-вимірювальних комплексів для розв'язання задач кореляційно-екстремальної навігації, пасивної локації та траєкторних вимірювань.

Точність визначення координат КЕСН МР, залежить від багатьох

чинників, основними з яких є:

- інформативність та стабільність випромінювання земних покривів;
- вплив атмосфери на перенесення радіотеплового випромінювання земних покривів у точку спостереження;
- параметри антенної системи;
- характеристики радіометра, що впливають на вигляд вихідного сигналу;
- кінематика руху МР;
- використовувані методи та алгоритми визначення координат.

Враховуючи те, що в процесі навігації МР може виникати невідповідність формування поточних зображень (ПЗ) до раніше підготовлених еталонних зображень (ЕЗ) виникає проблема порівняння ПЗ та ЕЗ. Це впливає на зниження якості оцінки стану контрольованих об'єктів. Тому виникає необхідність в урахуванні виникнення можливої невідповідності як при формуванні еталонів поверхні візування, так й визначенні алгоритму порівняння зображень [12]. Це можливо шляхом визначення раціонального підходу до сегментації зображень, що будуть використані під час побудови ЕЗ та розробки алгоритму порівняння зображень.

Розробленню методів та алгоритмів сегментації зображень присвячена велика кількість публікацій, але вони не враховують багато факторів, які пов'язані з роботою КЕСН МР, а також представленням об'єктів поверхні візування (ПВ). Тому розробка нових методів сегментації зображень, сформованих для навігації МР являється важливим і потребує нових рішень.

Далі більш детально розглянемо основні методи формування ЕЗ КЕСН МР та проаналізуємо існуючі методи сегментації зображень для навігації МР.

1.2 Поняття сегментації зображень

Проведемо дослідження завдання сегментації зображень, а саме

розглянемо поняття сегментації зображень, видів та сфер її застосування, а також приведемо традиційні методи сегментації, виявивши їхні переваги та недоліки.

Під сегментацією розуміють процес поділу цифрового зображення на різноманітні підгрупи, які називають сегментами зображення. Метою сегментації є спрощення зображення, щоб полегшити його аналіз або ж передачу каналами зв'язку.

Сегментація зображень є розширенням класифікації зображень, де крім класифікації виконується ще й локалізація. Таким чином, сегментація зображення являє собою надмножину класифікації зображень, при цьому модель точно визначає, де знаходиться відповідний об'єкт, окреслюючи його межі.

На сьогоднішній день практичним застосуванням сегментації є:

- медичні зображення;
- виділення об'єктів на фотографічних чи відеографічних зйомках Землі;
- розпізнавання обличь;
- системи управління рухом;
- комп'ютерний зір;
- розпаралелювання інформаційних потоків при передачі зображень;
- відеоспостереження та ін.

1.3 Різновиди сегментації

Завдання сегментації зображення здебільшого поділяють на три групи (види), в залежності від кількості та типу інформації:

- семантична сегментація;
- сегментація екземпляра;
- паноптична сегментація.

У той час як семантична сегментація визначає широку межу об'єктів,

що належать до певного класу, сегментація екземпляра надає карту сегментів для кожного об'єкта, який він переглядає на зображенні, без будь-якого уявлення про клас, до якого належить даний об'єкт.

Паноптична сегментація (ПС), безумовно, є найбільш інформативною. Вона є результатом поєднання екземплярної та семантичної сегментації. ПС дозволяє мати фрагменти сегментів усіх об'єктів будь-якого конкретного класу, присутніх на зображенні.

Розглянемо дані види сегментації більш детально.

Семантична сегментація відноситься до класифікації пікселів зображення за семантичними класами. Пікселі, що належать до певного класу, просто відносяться до цього класу без урахування іншої інформації або контексту.

Однак, застосування цього методу є недоцільним, коли на зображенні тісно згруповано декілька екземплярів (об'єктів) одного та того самого класу. При здійсненні сегментації екземплярів розрізняють пікселі за категоріями на основі «екземплярів», а не класів.

При цьому алгоритм не визначає, до якого класу належить класифікована область, але може розділити області об'єкта, що перекриваються або дуже схожі області об'єкта на основі їхніх меж.

Паноптична сегментація, уявляє собою задачу сегментації, яка є комбінацією двох вище визначених типів сегментації, при якій кожен екземпляр об'єкта на зображенні виділяється і передбачається ідентичність об'єкта.

Алгоритми паноптичної сегментації знаходять широке застосування в таких популярних завданнях, де необхідно захопити величезну кількість інформації про найближче оточення за допомогою потоку зображень.

Сегментація зображення є важливою галуззю комп'ютерного зору. МР повинні розділити візуальні дані на сегменти для обробки, специфічної для конкретного сегмента.

Таким чином, сегментація зображень необхідна для вирішення

важливих завдань в багатьох сферах промисловості, навігації, медицини [3].

Крім цього, сегментація зображень також використовується супутниками на аерофотознімках для сегментації доріг, будівель та дерев.

Нижче наведено кілька найпопулярніших сфер застосування сегментації зображень.

Більшість міст на сьогодні мають камери відеоспостереження для спостереження в режимі реального часу за пішоходами, дорожнім рухом і злочинністю. Цей моніторинг можна автоматизувати за допомогою сегментації зображення.

Завдяки моніторингу на основі штучного інтелекту про злочини можна повідомляти швидше, на місце дорожньо-транспортної пригоди можна негайно викликати швидку допомогу, а автомобілі з перевищенням швидкості легко відстежити.

Використання сегментації зображень і моніторингу на основі ПЗ може значно поліпшити і навігацію MR.

2 АНАЛІЗ МЕТОДІВ СЕГМЕНТАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ ЗДІЙСНЕННЯ СЕЛЕКЦІЇ ОБ'ЄКТІВ ПРИ НАВІГАЦІЇ МР

2.1 Класифікація існуючих методів сегментації зображень

До традиційних методів сегментації зображень відносять:

- методи на основі порога;
- сегментація за регіонами;
- сегментація країв;
- сегментація на основі кластеризації.

Сегментація зображень розпочалася з цифрового оброблення зображень у поєднанні з алгоритмами оптимізації. Алгоритми використовували такі методи, де визначалися необхідні області, формувалися відповідні сегменти.

Більшість методів та алгоритмів давали можливість одержати уявлення про фрагментарний опис зображення. Вони враховують лише зони з відповідною різницею у пікселях.

Алгоритми, в яких визначалось повне уявлення про зображення, було розроблено після фрагментарних алгоритмів. Основою для розробки цих алгоритмів стали адаптивна порогова обробка, алгоритми Оцу та кластеризації.

2.2 Метод на основі порога

Порогове визначення – один із найпростіших методів сегментації зображення, за якого встановлюється порогове значення для поділу пікселів на два класи. Даний метод використовують з метою виокремлення об'єкта від фону. Пікселі, значення яких перевищують порогове значення, встановлюються рівними 1, а пікселі, значення яких менші за порогового

значення, встановлюються рівними 0.

Таким чином, зображення перетворюється на двійкову карту, що призводить до процесу, який часто називають бінаризацією. Порогове значення зображення є доцільним при значній різниці в значеннях пікселів. В цих умовах значно простіше обирати порогове значення.

За 0 та 1 визначають, до якого класу віднести цю точку: до H_0 або до H_1 . Якщо H_0 складається з точок фону, то H_1 відповідно з точок об'єкта.

Порогове значення часто використовується для бінаризації зображення. При цьому здійснення бінаризації відбувається за відповідними алгоритмами, які ефективні при роботі з бінарними зображеннями [6].

Методи на основі порогу в свою чергу розділяють на методи глобального та локального порога [13].

2.2.1 Методи на основі глобального порога

Методи на основі глобального порога розділяють зображення на дві області (об'єкт, фон). Для реалізації даних методів насамперед задають початковий поріг I^0 , який вираховується за допомогою гістограми розподілу інтенсивності значень сірого кольору. Для розрахунку порогового значення існує чимало методів. Найвідоміші з них це:

- ітеративний метод;
- метод Оцу.

Ітеративні методи ще називають методами послідовних наближень. Ітеративні методи це способи розв'язання задач, у яких, вибираючи деякий початковий наближений розв'язок, обчислюють наступні, точніші наближення, при цьому використовуючи попередні.

Даний метод дає змогу ефективно боротися з крайовими ефектами і надмірним посиленням шумів під час відновлення обробки зображень. Ітеративний процес завжди можна зупинити, якщо шум і осцилювальна перешкода на зображенні різко посилюються.

Метод Оцу (Otsu, 1979) [14] не підходить для багаторівневої сегментації зображень. Тому було розроблено новий модифікований метод Отсу, заснований на оптимізації рою частинок (MoPSO), для вирішення проблеми багаторівневої сегментації зображень для подолання проблеми багаторівневого порогового розбиття. Основна мета запропонованого методу це знаходження оптимальних порогів для сегментації зображень шляхом максимізації цільової функції Отсу за менший час обчислень.

Метод Оцу – це метод порогових значень, який використовує дисперсію для вимірювання рівномірності розподілу рівнів сірого на зображенні. За певних умов цей метод є інваріантним для контрастності і яскравості зображення та вважається одним з ефективних серед методів автоматичного порогового розрізнення. Цей основний принцип використовується для розбиття гістограми на дві групи на основі певного порогу, одна з яких відповідає фону, а інша – об'єкту. Коли дисперсія між двома групами максимальна, отримано оптимальний поріг сегментації [15].

У своєму дослідженні Оцу (1979) визначив дисперсію між класами як суму функції кожного класу, яку можна обчислити за допомогою рівняння:

$$g(t) = \delta_0 + \delta_1 \quad (2.1)$$

$$\delta_0 = w_0 + (\mu_0 - \mu_A)^2, \quad (2.2)$$

$$\delta_1 = w_1 + (\mu_1 - \mu_A)^2. \quad (2.3)$$

де δ_0 , δ_1 – дисперсія першого та другого класів відповідно;

μ – середня інтенсивність вихідного зображення.

При дворівневому пороговому розрізненні середній рівень кожного класу (μ_i) може бути обчисленим за допомогою рівняння:

$$\mu_0 = \sum_{i=0}^{T-1} \frac{ip_i}{w_0}, \quad (2.4)$$

$$\mu_1 = \sum_{i=T}^{L-1} \frac{ip_i}{w_1}. \quad (2.5)$$

Оптимальний поріг отримують з функції максимізації між дисперсіями класів, яку можна обчислити за допомогою рівняння:

$$T^* = \arg \max g(t). \quad (2.6)$$

Відповідно для багатопорогової задачі метод Оцу можна записати у наступному вигляді:

$$\delta_j = w_j + (\mu_j - \mu_A)^2, \quad (2.7)$$

$$\delta_m = w_m + (\mu_m - \mu_A)^2. \quad (2.8)$$

При багаторівневому пороговому обчисленні середній рівень кожного класу можна обчислити наступним чином:

$$\mu_0 = \sum_{i=0}^{T_1-1} \frac{ip_i}{w_0}, \quad \mu_1 = \sum_{i=T_1}^{T_2-1} \frac{ip_i}{w_1}, \dots, \quad \mu_j = \sum_{i=T_j}^{T_{j+1}-1} \frac{ip_i}{w_j}, \dots, \quad \mu_m = \sum_{i=T_n}^{L-1} \frac{ip_i}{w_n} \quad (2.9)$$

Оптимальний багаторівневий поріг отримують шляхом максимізації функції між класами, яку можна отримати за допомогою рівняння:

$$T^* = \arg \max \left(\sum_{i=0}^n \delta_i \right). \quad (2.10)$$

2.2.2 Методи на основі локального порога

У методах на основі глобального порога величина порога залишається незмінною протягом усього процесу бінаризації. При використанні в обробці зображень методів на основі локального порога зображення розбивається на окремі фрагменти, для яких визначається локальний поріг.

Здійснення бінаризації призводить до зменшення інформації, яка необхідна для рішення відповідної задачі. Особливістю методів бінаризації, яка використовується в тому чи іншому випадках, є можливість зменшення інформації, але вона може супроводжуватися її втратою, тому тут важливим стає фактор визначення порогу.

До методів на основі локального порога відносяться метод Ніблека, методи Бернсена та Савуолі.

Метод Ніблека є найбільш швидшим.

Метод застосовують для фільтрації зображень, які не мають дуже зашумлених ділянок.

Сутність методу заключається у зміні порога яскравості.

Поріг яскравості в точці (x, y) розраховують відповідно до співвідношення:

$$B(x, y) = m(x, y) + ks(x, y), \quad (2.11)$$

де $m(x, y)$, $s(x, y)$ – середнє значення та стандартне відхилення вибірки для деякої околиці точки.

Метод використовується на практиці завдяки його інтеграції з етапом постпроцесингу.

В локальній пороговій обробці, існують сильно зашумлені зображення, які неможливо обробити як зображення в сукупності. Відповідно, зображення розбивають на підобласті. Однак у локальній пороговій обробці рішення про приналежність пікселя до будь-якого з класів приймається на аналізі даних про просторове положення цього пікселя та безпосередньо неважливо, які по сусідству з ним пікселі знаходяться, і якою характеристикою вони володіють.

Метод Бернсена [17] базується на ідеї зіставлення рівнів яскравості пікселя, що перетворюється, зі значеннями локальних середніх, обчислених у його оточенні. Пікселі обробляються по черзі шляхом порівняння їхньої інтенсивності із середніми значеннями яскравості у вікнах розмірності $((2K + 1) * (2K + 1))$, з центрами в точках $P_1 (l = 0, 1, \dots, 7)$ (рисунок 2.1).

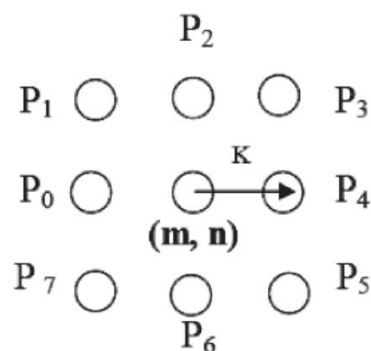


Рисунок 2.1 – Перетворення пікселя

Тоді P вважається пікселем класу H_0 , якщо в нього стоїть мітка 0, і пікселем класу H_1 , якщо в нього стоїть мітка 1. Тобто P стає пікселем H_1 тоді, коли для всіх $l = 0, 1, \dots, 7$ виконується умова:

$$P_l - f(m, n) > t \quad (2.12)$$

де t – порогове значення;

P_1 – середня локальна яскравість.

$$P_1 = \frac{1}{(2K+1) * (2K+1)} \sum_{-K \leq i, j \leq K} f(m_1 + i, n_1 + j) \quad (2.13)$$

де $f(m_1, n_1)$ – яскравість у точці P_1 з координатами (m_1, n_1) .

Цей алгоритм дає змогу виконати сегментацію для зображень, що містять шум, що залежать від чутливого сигналу, зображень, які мають складну структуру фону або ж малий контраст, і при цьому практично без втрат корисної інформації.

2.3 Сегментація за регіонами

Алгоритми сегментації на основі областей працюють, шукаючи схожість між сусідніми пікселями і групуючи їх у спільний клас.

Як правило, процедура сегментації починається з того, що деякі пікселі встановлюються як вихідні пікселі, а алгоритм працює, виявляючи безпосередні межі вихідних пікселів і класифікуючи їх як схожі або несхожі.

Потім розглядаються безпосередні сусіди і кроки повторюються до завершення процесу сегментації [7].

2.4 Сегментація країв

Сегментація країв, також звана виявленням країв, являє собою завдання виявлення країв на зображеннях. З погляду сегментації можна сказати, що виявлення країв відповідає класифікації пікселів зображення, які є крайовими пікселями, і відповідно виділенню цих крайових пікселів в окреслюється шляхом фільтрації, що дає змогу одержати краї зображення після згортки. Фільтри розраховуються за допомогою спеціальних алгоритмів, які оцінюють градієнти зображення в координатах x і y у просторової площини.

2.5 Здійснення сегментації шляхом кластеризації

Відомі алгоритми кластеризації K -середніх. Їх відносять до неконтрольованих алгоритмів. Вони функціонують шляхом кластеризації пікселів зі спільними атрибутами разом як таких, що належать певному сегменту.

На відміну від методів нарощування регіонів, методи на основі кластеризації не потребують вихідної точки для початку сегментації [8].

Даний метод застосовується наступним чином: як об'єкти можуть виступати пікселі зображення, а як характеристики – колір даних об'єктів.

Ітераційний алгоритм K -середніх полягає в наступному:

1. спочатку обираються кластери, визначається їх число k ;
2. далі на зображенні вибираються «центри» кластерів, а кожному кластеру відповідає один центр;
3. усі точки зображення розподіляються по кластерах. Обчислюється відстань від точки до кожного центру кластера, і точку відносять до того кластера, відстань до центру якого буде найменшою;
4. коли всі точки зображення розподілені по кластерах, відбувається перерахунок центрів кластерів. Як новий центр кластера береться середнє арифметичне всіх точок, що належать кластеру.

Етапи 3 та 4 повторюються до тих пір, поки не буде виконана умова відповідно до деякого критерія зупинки.

Метод кластеризації даних k -середніх є ефективним і швидким методом. Однак він має свої недоліки. Одним із недоліків методу k -середніх є необхідність задавати кількість кластерів. Проте головним недоліком цього методу є вибір центрів кластерів випадковим чином. Оскільки центри кластерів обирають випадковим чином, то результати роботи програми, запущеної декілька раз для одного й того самого зображення, відрізнятимуться.

3 ВИЗНАЧЕННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ОЗНАК ПОВЕРХНІ ВІЗУВАННЯ

3.1 Результати визначення інформаційних ознак поверхонь місцевизначення

Для визначення інформаційних ознак (ІО) поверхней місцевизначення МР розглянемо можливі найбільш поширені варіанти типів ПВ, які мають відмінності за числом об'єктів, їх структурою та яскравістю самих об'єктів та фонів.

Такі зображення наведені на рисунках 3.1 – 3.3.

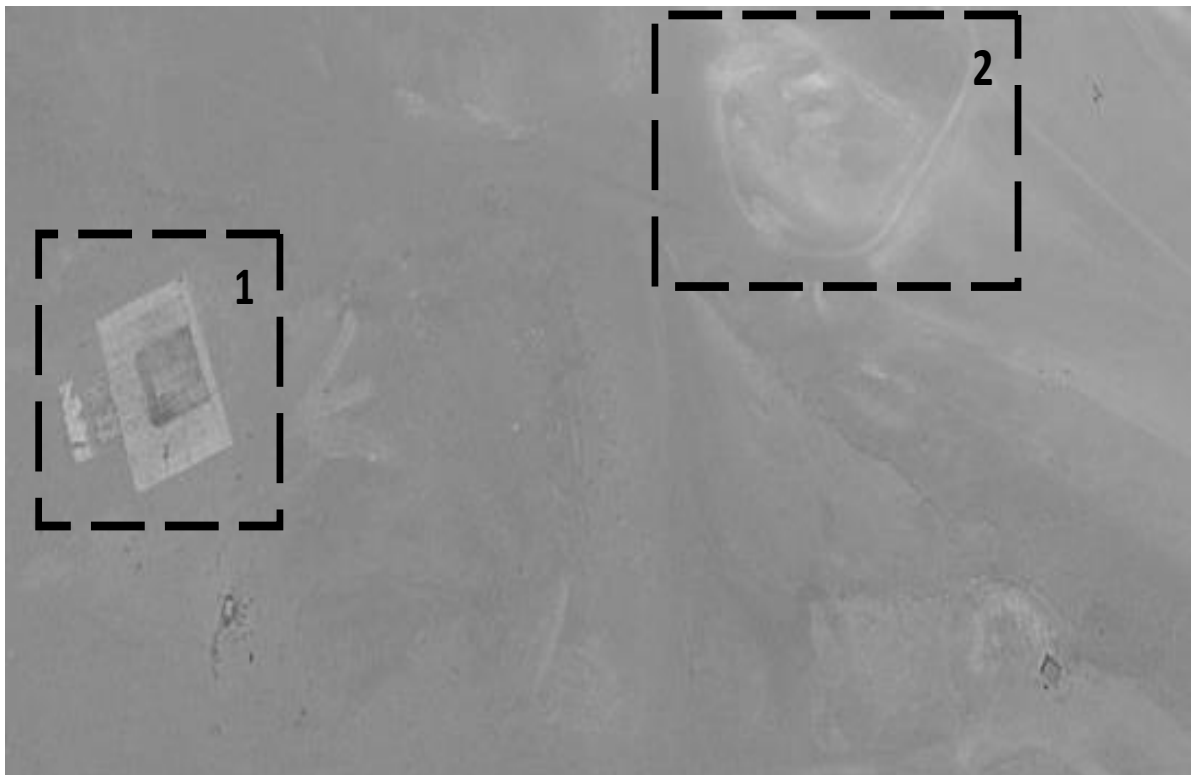


Рисунок 3.1 – Зображення ділянки пустелі поблизу Каїра (Google Earth)



Рисунок 3.2 – Зображення нафтобази (Google Earth)



Рисунок 3.3 – Зображення ПВ поблизу Каїра (Google Earth)

Результати моделювання розподілу ФР для обраного у якості прикладу зображення (рисунок 3.1), що відповідає підмножині Φ_{01} , наведені на рисунку 3.4.

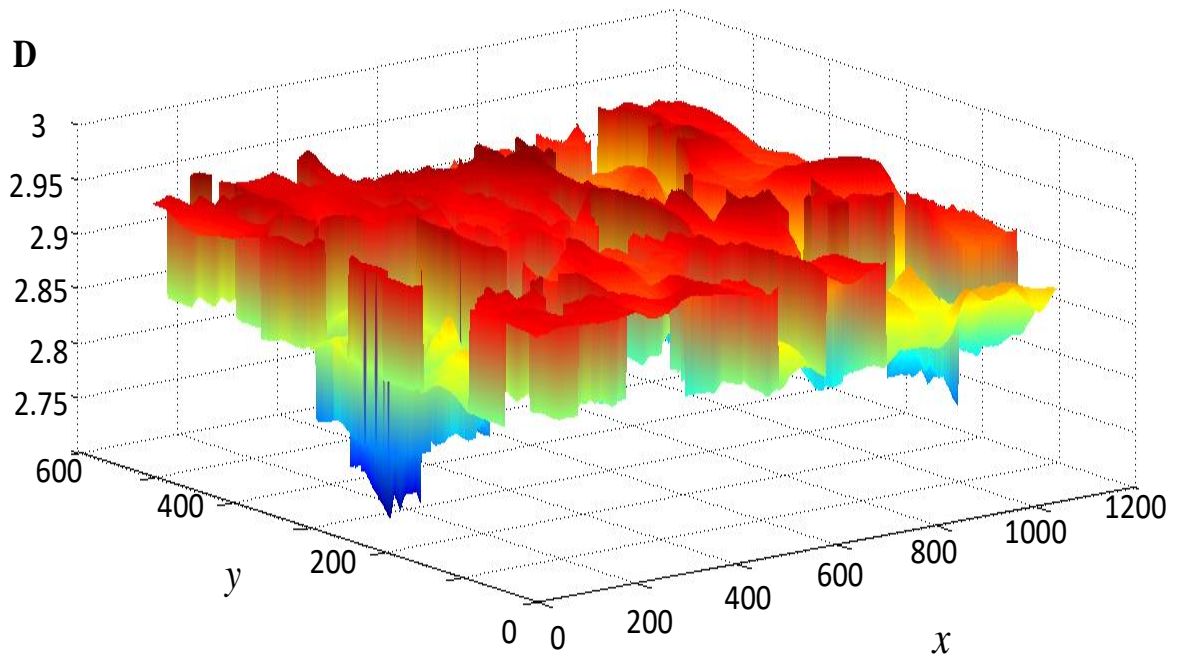


Рисунок 3.4 – Поле фрактальних розмірностей зображення ПВ, наведеного на рисунку 3.1

Аналіз розподілу ФР, відповідно до рисунка 3.4, показує, що є різні по значенням фрактальної розмірності ділянки. Меншому діапазону значень фрагменти зображення ПВ з малою яскравістю. Це вказує на те, що ФР є характеристикою не тільки структури об'єктів, але й енергетичної характеристики яскравості.

Для опису ПВ та здійснення селекції ОП скористаємось розподілом ФР. Нормований рзподіл ФР, що відповідає полю ФР відповідно до рисунку 3.4, представлений на рисунку 3.5.

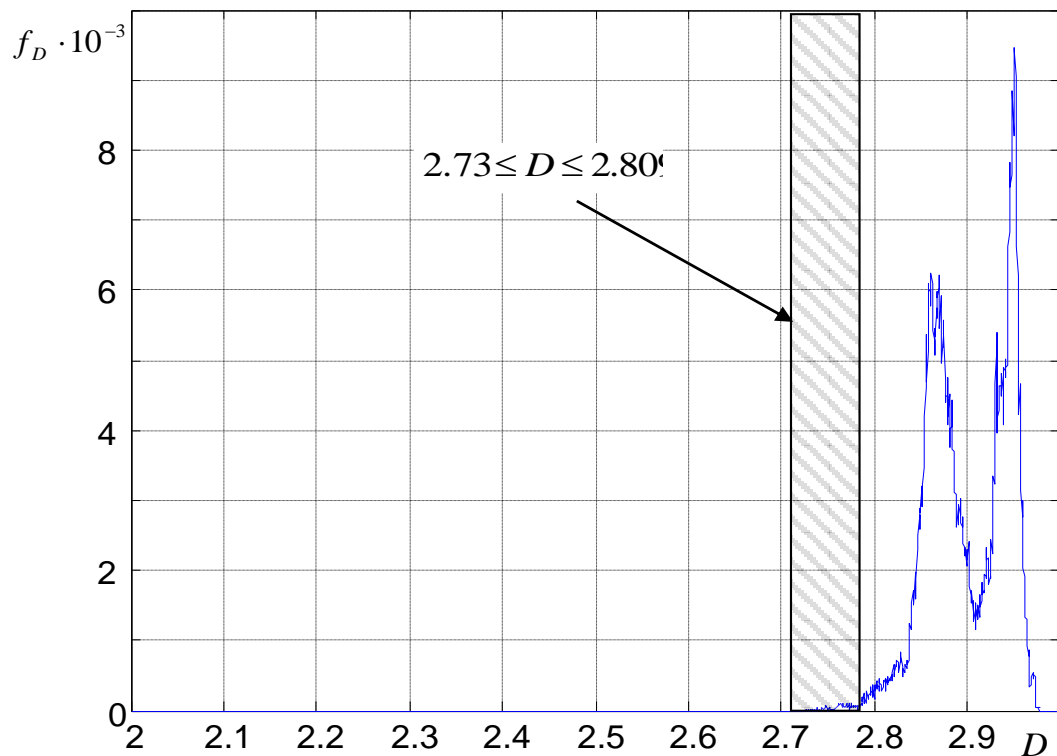


Рисунок 3.5 – Гістограма ПФР зображення з слабкою об’єктивною насиченістю (Φ_{01}) при $N = 40$

Відповідно до гістограми (рисунок 3.5) мінімальні значення ФР лежать в межах $2,7 \leq D \leq 2,8$.

Для зображень ПВ, що наведені на рисунках 3.2 та 3.3 розподіл ФР та їх гістограми представлені на рисунках 3.6 – 3.9.

Розподіл ФР, що показаний на рисунках 3.6 – 3.7, властивий ПВ з середнім та більшим об’єктивним наповненням. Видно, що характер розподілу ФР дуже різноманітний.

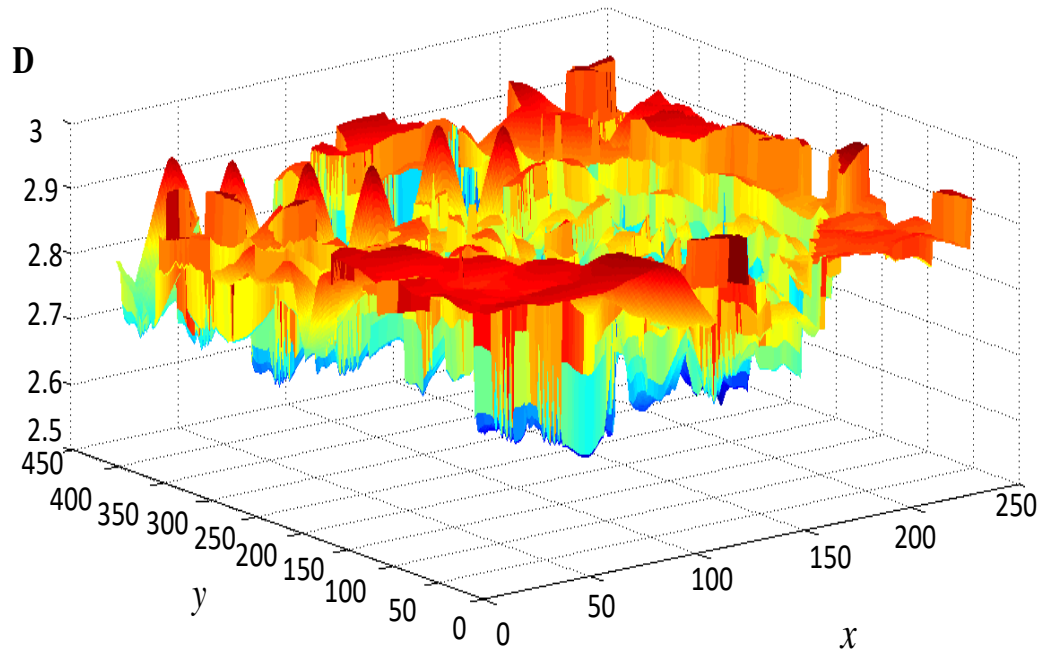


Рисунок 3.6 – Поле фрактальних розмірностей зображення ПВ
(рисунок 3.2)

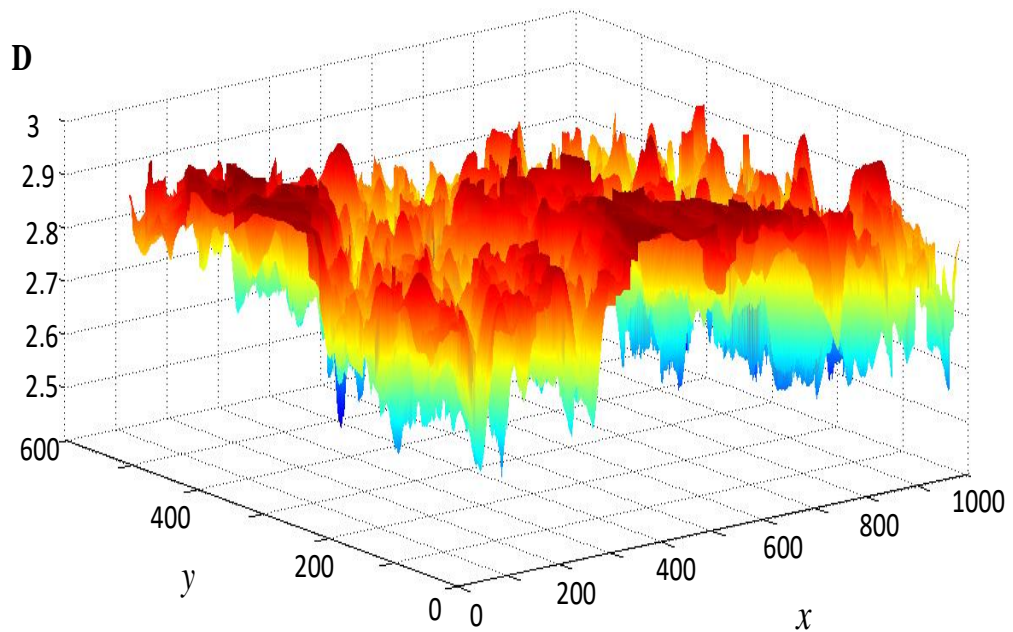


Рисунок 3.7 – Поле фрактальних розмірностей зображення ПВ
(рисунок 3.3)

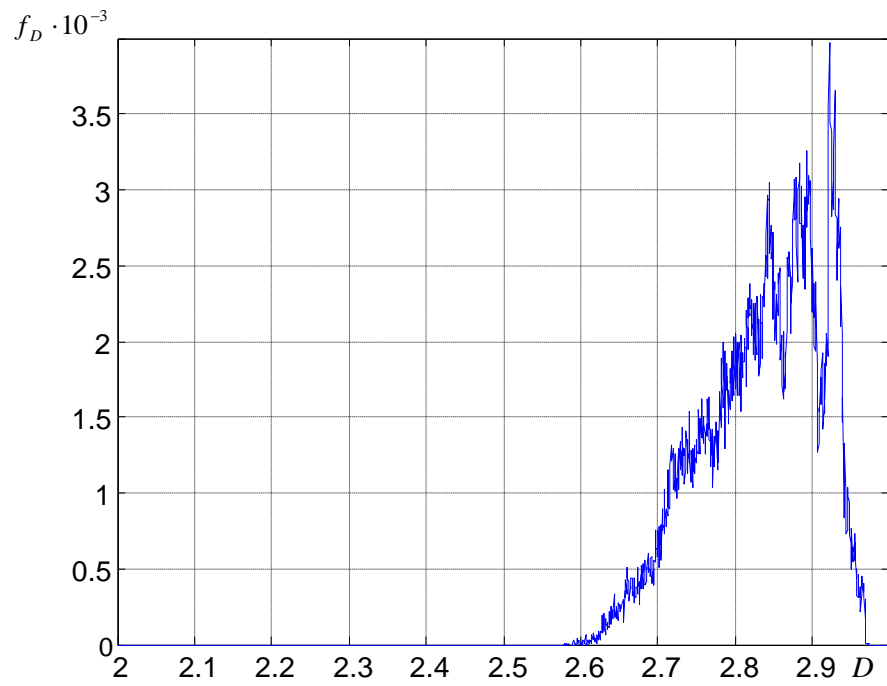


Рисунок 3.8 – Гістограма ПФР зображення з нормальною об'єктовою насиченістю при $N = 20$

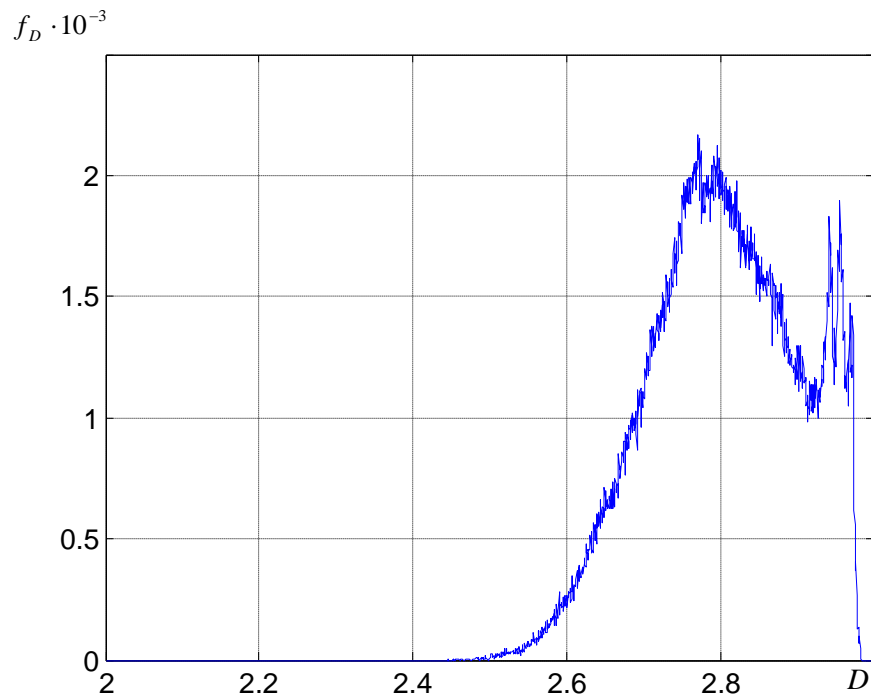


Рисунок 3.9 – Гістограма ПФР зображення з високою об'єктовою насиченістю при $N = 20$

Це вказує на необхідність обирати для роботи КЕСН ПВ, які мають більш рівномірний розподіл ФР. Це видно також з рисунків 3.8 – 3.9.

Але використання ПВ з великою кількістю об'єктів все ж можливе. Для цього необхідно здійснювати пошук удосконалення цього підходу, тобто знайти шлях зміни гістограм, таким чином щоб з'явилися необхідні ознаки, за якими можна буде здійснити селекцію об'єктів на зображеннях.

Повернемося до рисунку 3.5. Видно, що існує «хвіст», де знаходяться мінімальні значення ФР, які лежать в межах $2,7 \leq D \leq 2,8$.

Для здійснення модифікації підходу та перетворення гістограм, що наведені на рисунках 3.8, 3.9, до виду (рисунок 3.5) перетворимо зображення ПВ до зображення з меншою кількістю об'єктів.

Іншими словами здійснемо віднесення частини об'єктів до фону. Це можна зробити шляхом зашумлення зображення шляхом його фарбування.

Здійснемо фарбування зображення гаусівським шумом. В результаті кінцевий вираз для опису зображення запишемо у вигляді:

$$S = S_{\text{ФР}} + S_{\text{Ш}}$$

де $S_{\text{Ш}}$ – гаусівський шум, доданий до зображення $S_{\text{ФР}}$.

Такий підхід дозволяє зменшити кількість об'єктів на зображеннях з великим числом різних за структурою об'єктів та одержати відповідні гістограми розподілу ФР, за якими можна буде здійснювати селекцію ОП.

3.2 Дослідження зображень за фрактальною розмірністю

Здійснемо оцінку запропонованого підходу для визначення можливості застосування різних за кількістю об'єктів зображень ПВ.

Роглянемо спочатку можливість застосування зображень, для яких діапазон ФР знаходиться в межах $2,9 \leq D \leq 3$.

Розподіл ФР зображення ПВ з високим значенням об'єктового наповнення (Φ_{02}) показаний на рисунку 3.10.

Відповідно до вище сказаного пофарбуємо зображення гаусівським шумом, що призведе до зміни структури розподілу ФР (рисунок 3.10) та розширення діапазону можливих значень ФР ($2.7 \leq D \leq 3$). Відповідне заданому діапазону ФР селективне зображення наведене на рисунку 3.11.

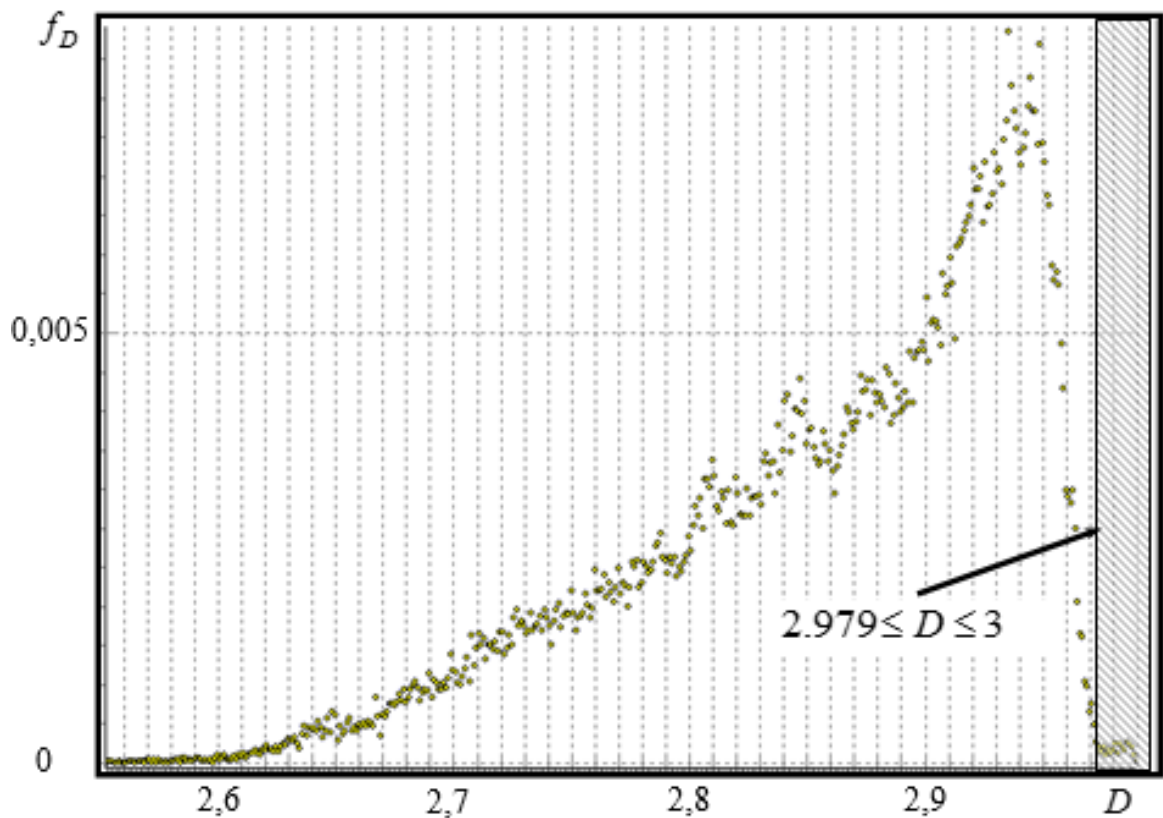


Рисунок 3.10 – Розподіл ФР зображення з високим об'єктовим наповненням

Отримане селективне зображення має високу ступінь подібності до результатів селекції об'єктів прив'язки, отриманих по полям кореляційного аналізу. Розподіл ФР та розподіл яскравостей також має структурну схожість (рисунок 3.13) та ПФР (рисунок 3.12).



Рисунок 3.11 – Зображення з ФР $2.9 \leq D \leq 3$

Аналогічні результати можуть бути отримані при оцінці параметрів ІІ для інших типів зображень, що відносяться до підмножини Φ_{02} .

Аналіз результатів розподілу фрактальною розмірності, що наведено на рисунку 3.3. Отримані результати підтверджують неможливість селекції ОП при високому значенні наповнення ПВ.

На рисунку 3.11 наведено зображення ПВ, яке відповідає діапазону ФР $2.2 \leq D \leq 2.5$, виділеного на гістограмі (рисунок 3.12).

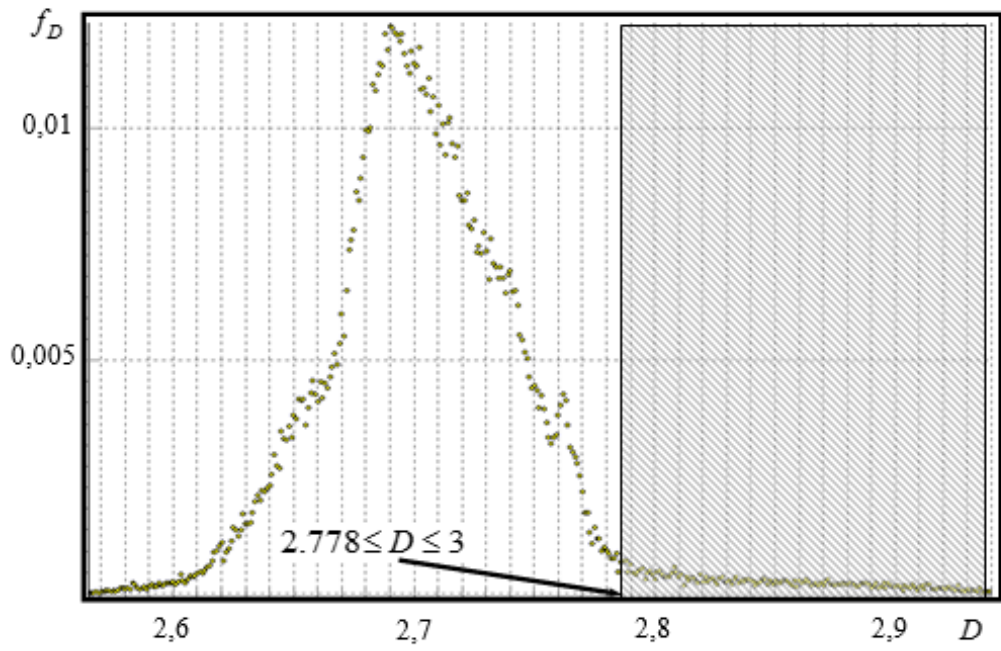


Рисунок 3.12 – Розподіл ФР зображення з високим об'єктовим наповненням

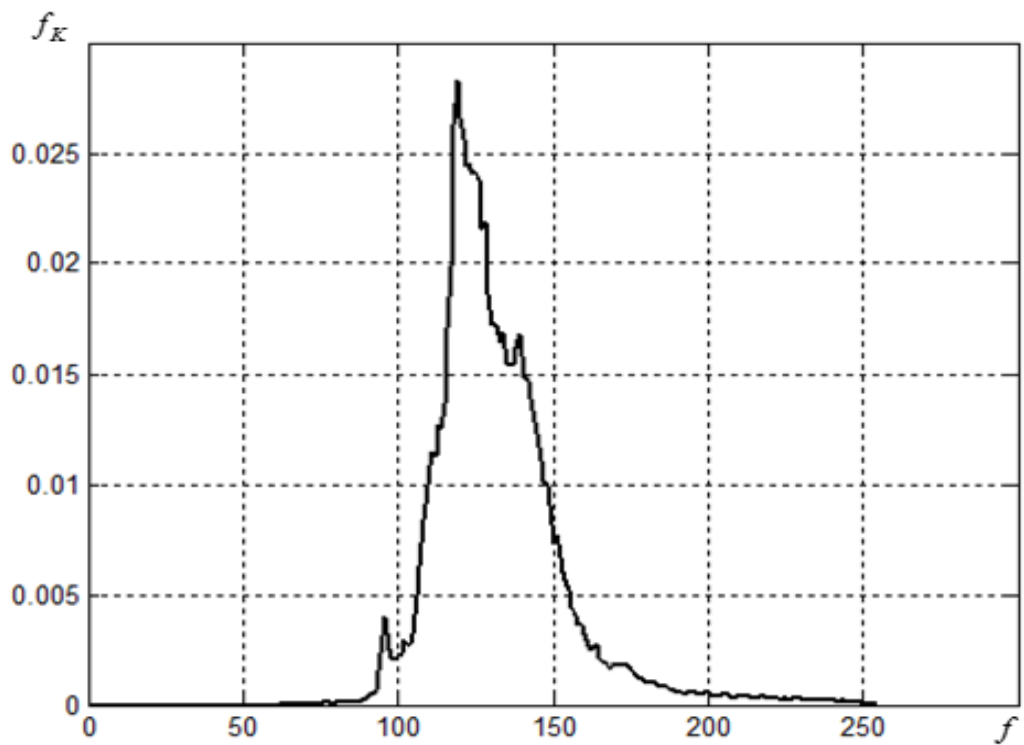


Рисунок 3.13 – Гістограма ПКАЯ для рисунка 3.3

Як і на прикладі зображення з нормальною об'єктовою насиченістю, виділення об'єктів прив'язки можливе лише після попереднього зниження надлишкової об'єктової насиченості.

Розглянемо зображення (рисунок 3.3) з ФР $2.9 \leq D \leq 3$. Розподіл ФР та відповідне йому поле ФР наведені на рисунках 3.15 та 3.18.

Результати селекції ОП за ФР (рисунок 3.15) відповідають ділянкам ПВ, що показані на рисунках 3.11 та 3.12.

На рисунку 3.13 наведені результати порівняння.

Оцінка відповідності ПКАЯ та ПФР може бути здійснена за допомогою гістограм, що наведені на рисунках 3.11 та 3.13.

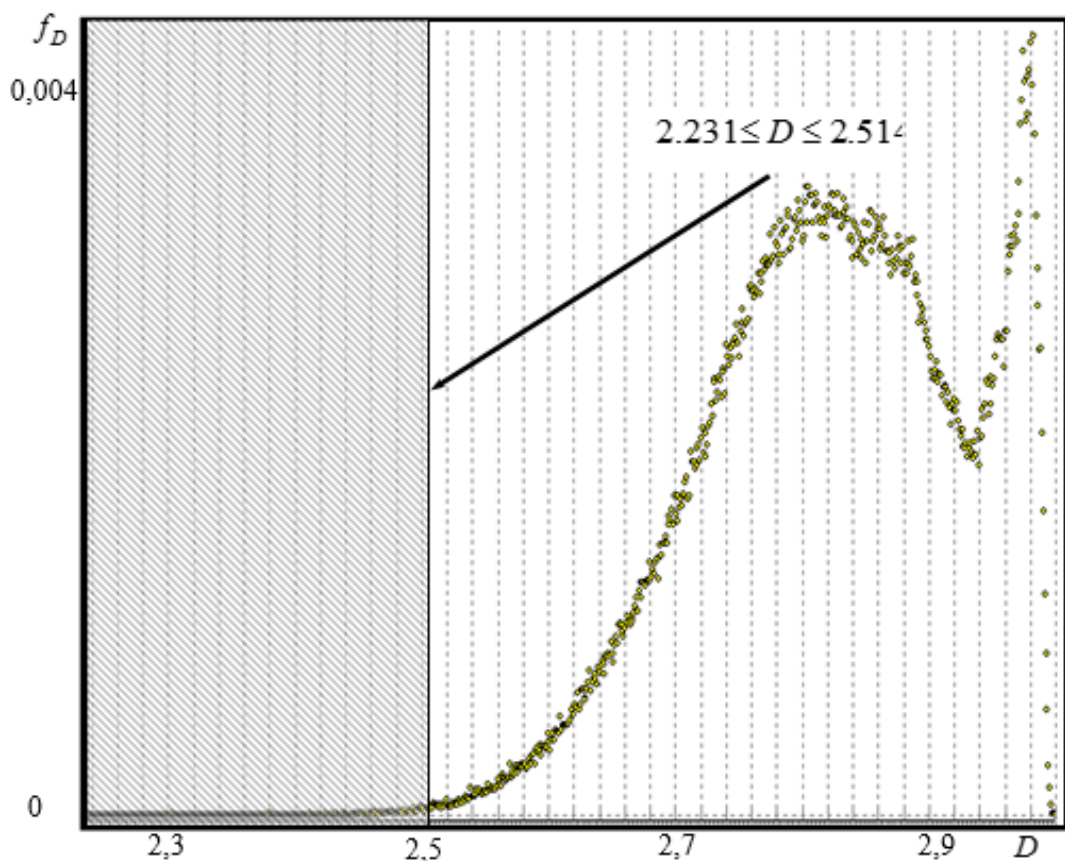


Рисунок 3.14 – Гістограма ПФР зображення з надлишковою об'єктовою насиченістю (Φ_{03})



Рисунок 3.15 – Зображення ПВ при $2.231 \leq D \leq 2.514$

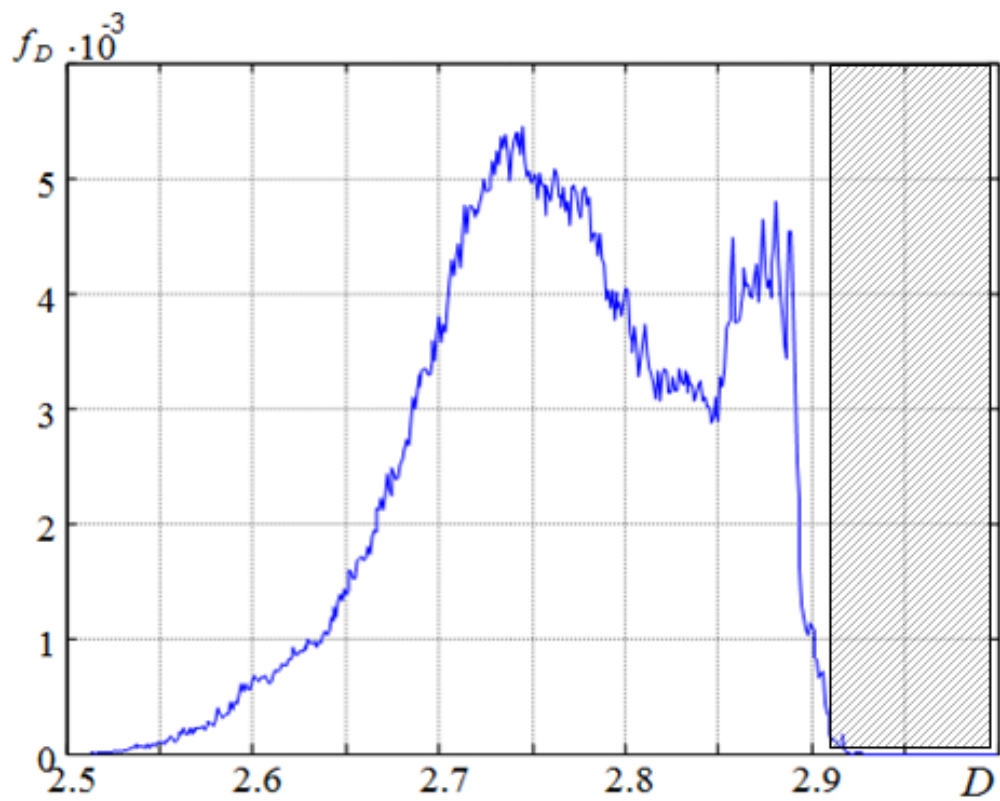


Рисунок 3.16 – Розподіл ФР для зображення (рисунок 3.3) при $2.9 \leq D \leq 3$



Рисунок 3.17 – Селективне зображення, отримане на основі фарбованого ВЗ
(Φ_{03}) при $2,9 \leq D \leq 3$

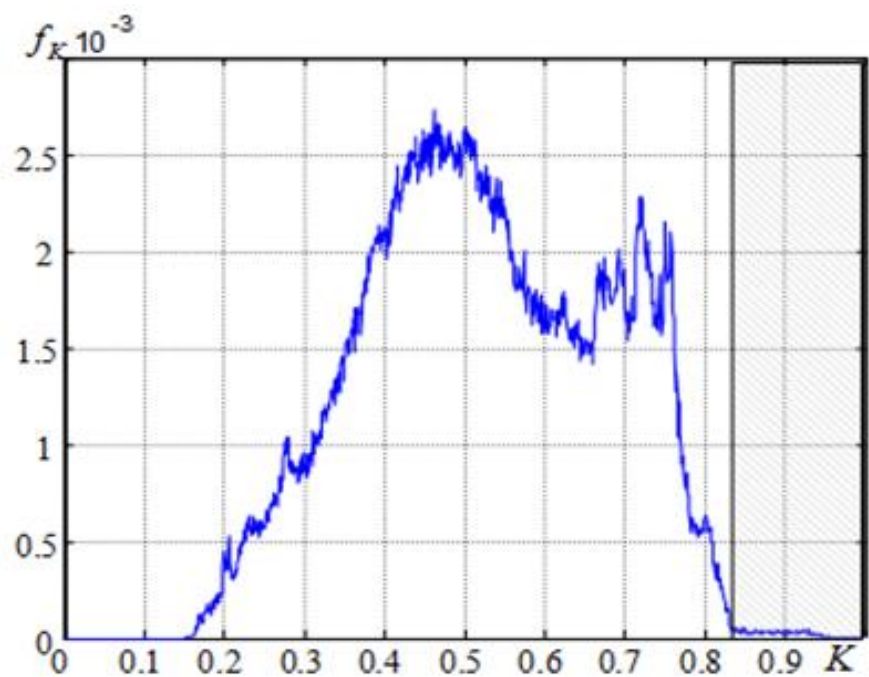


Рисунок 3.18 – Гістограма ПКЯЯ зображення, наведеного на рисунку 3.3

З аналізу розподілу яскравості (рисунок 3.17) та ФР (рисунок 3.15) видно, що гістограми дуже схожі, деяка різниця обумовлена параметрами шуму, обраного для фарбування.

4 ДОСЛІДЖЕННЯ СЕЛЕКЦІЇ ОБ'ЄКТІВ НА ЗОБРАЖЕННЯХ ПОВЕРХНІ ВІЗУВАННЯ НА ОСНОВІ КОРЕЛЯЦІЙНОГО АНАЛІЗУ

4.1 Обґрунтування критеріїв визначення ступеня схожості зображень

Ступень схожості зображень будемо визначати за допомогою взаємної кореляційної функції (ВКФ) шляхом порівняння фрагменту ковзного вікна S_B з одержаним зображенням S_{B3} :

$$K_{ij}(k,l) \in S_B(m,n); S_{B3}(m+k-1, n+1-1). \quad (4.1)$$

Вирішальне правило щодо пошуку координат співпадаючих ділянок:

$$R = \arg \max_{i,j} R. \quad (4.2)$$

4.2 Розробка алгоритму порівняння зображень з використанням ВКФ

Відповідно до виразів (4.1), (4.2) алгоритм формування ВКФ, який фактично відповідно до принципу дії КЕСН, є алгоритмом формування ВФ можна представити наступним чином.

Відповідно до алгоритму порівняння зображень в залежності від типу обраної інформаційної ознаки у вигляді яскравості, контрасту або фрактальної розмірності можна побудувати селективне зображення ПВ та сформувані ВКФ. Результати формування ВФ шляхом математичного моделювання по контрасту та яскравостю наведені на рисунку 4.2 – 4.4.

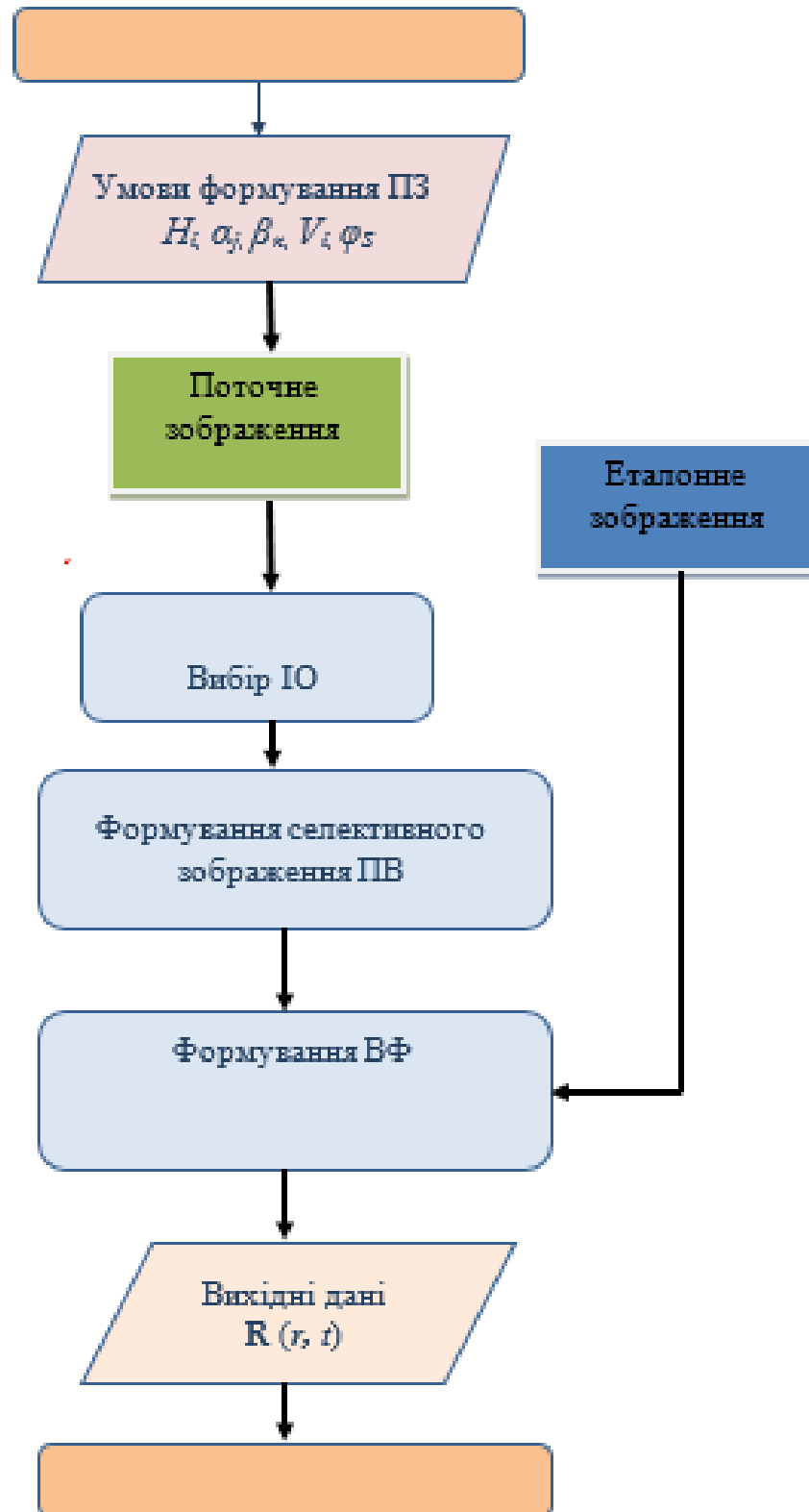


Рисунок 4.1 – Алгоритм порівняння зображень

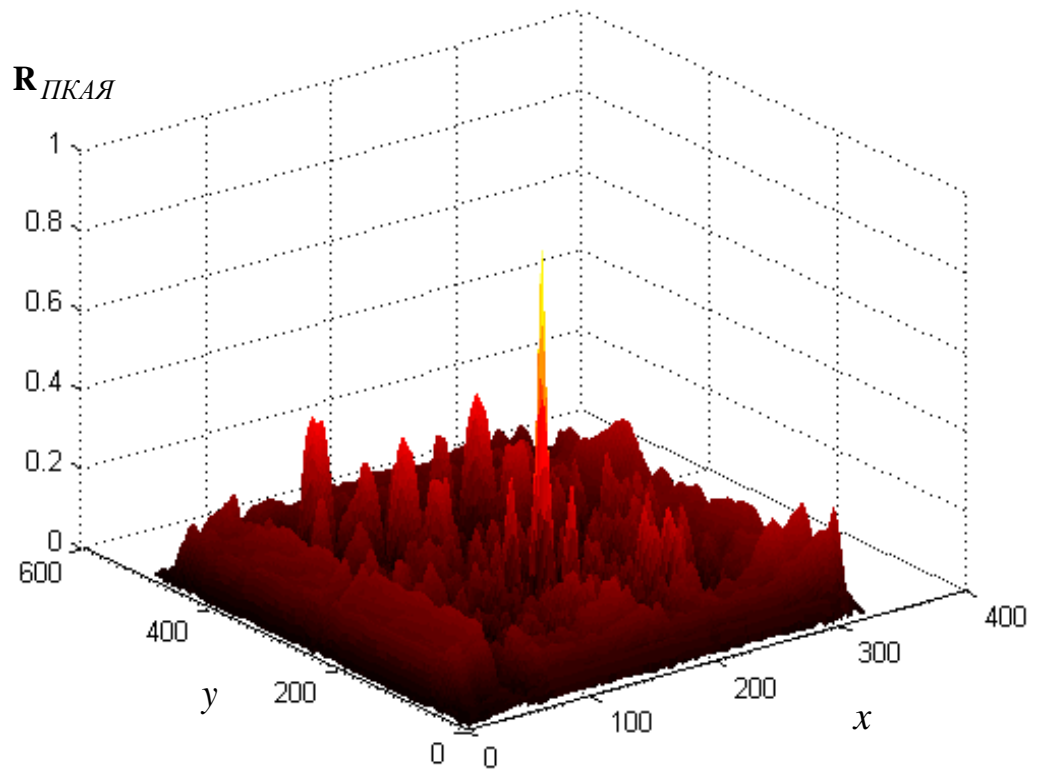


Рисунок 4.2 – ВФ, сформована по полям яскравості

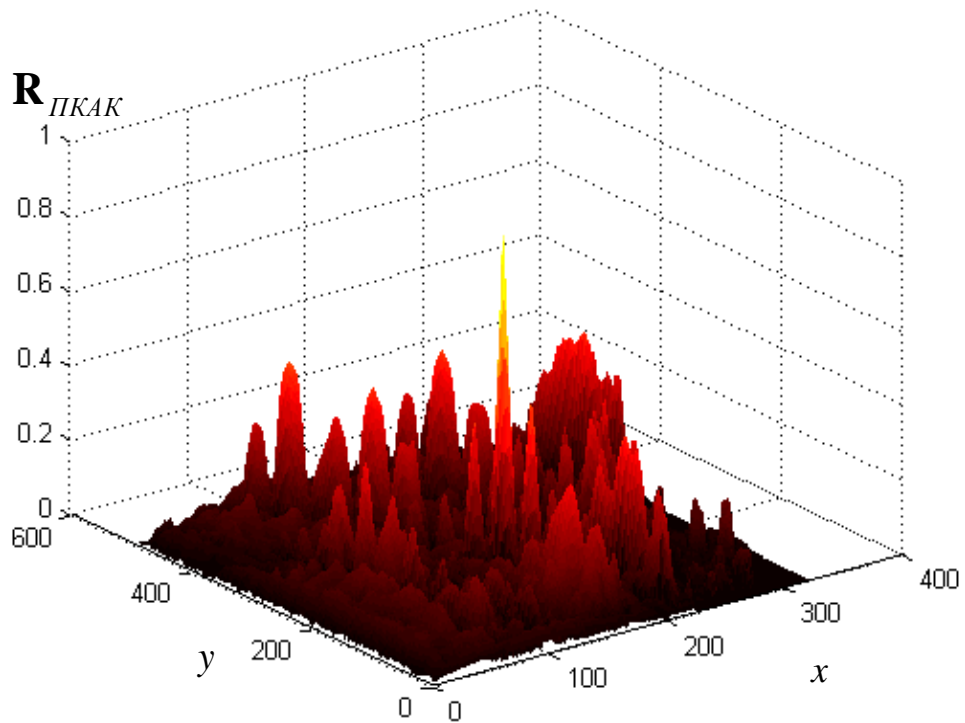


Рисунок 4.3 – ВФ, сформована по полям контрасту

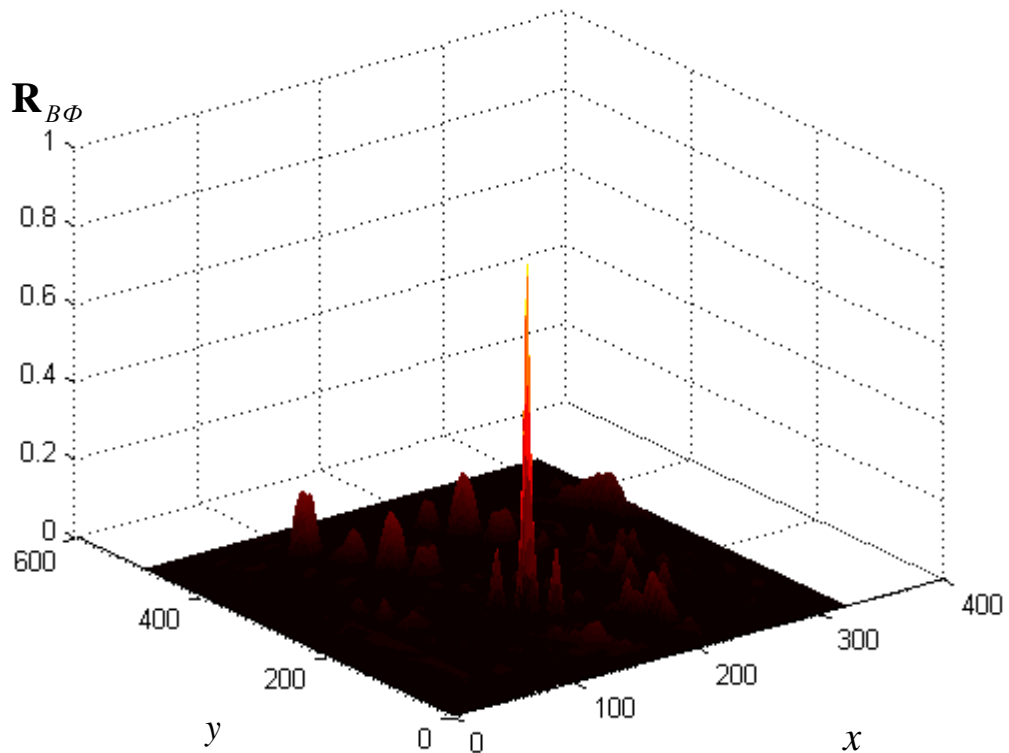


Рисунок 4.4 – Вирішальна функція, сформована по сумісному полю

Аналіз ВФ, наведених на рисунках 4.2 – 4.4, показує, що точність місцевизначення при використанні ІО у вигляді яскравості зростає від 1.3 до 1.5 разів для зображень ПВ з незначною кількістю об’єктів. Для ПВ з високим наповненням точність зростає до 2 разів.

Результати моделювання та визначення точності КЕСН наведені на рисунку 4.5.

В результаті моделювання встановлено, що величина шуму складає від $\sigma_{ш_{нор}} = 75...80$ до $\sigma_{ш_{нор}} \approx 20$ в залежності від типу ПВ. Результати оцінки ймовірності прив’язки КЕСН в залежності від типу ПВ показані на рисунку 4.6.

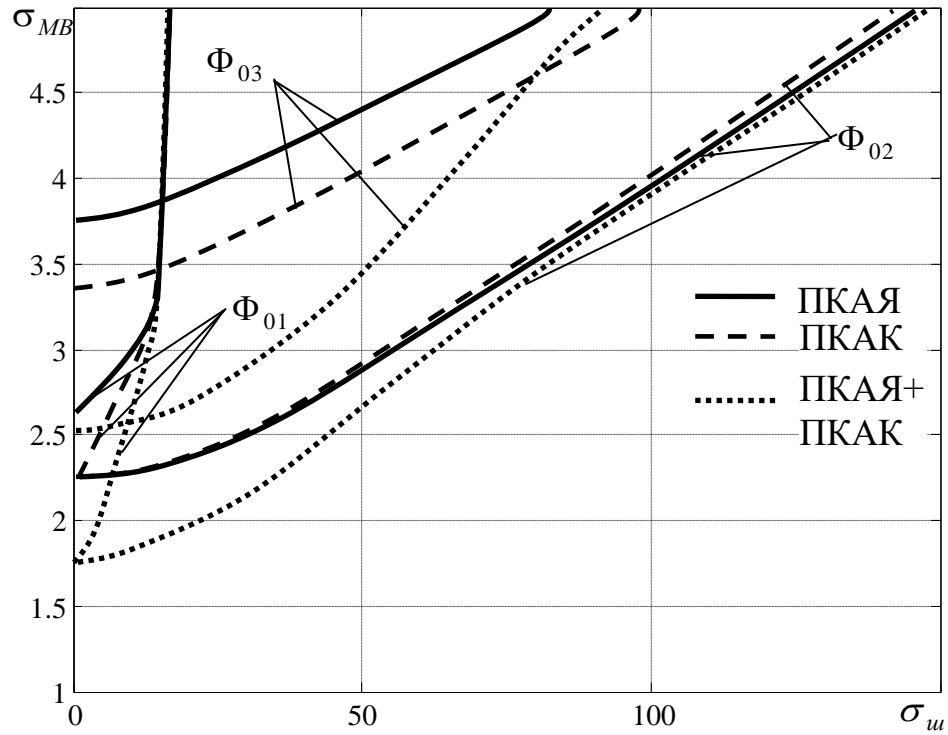


Рисунок 4.5 – Залежність СКП місцевизначення КЕСН від СКВ шуму по ПЗ з різним типовим ОС

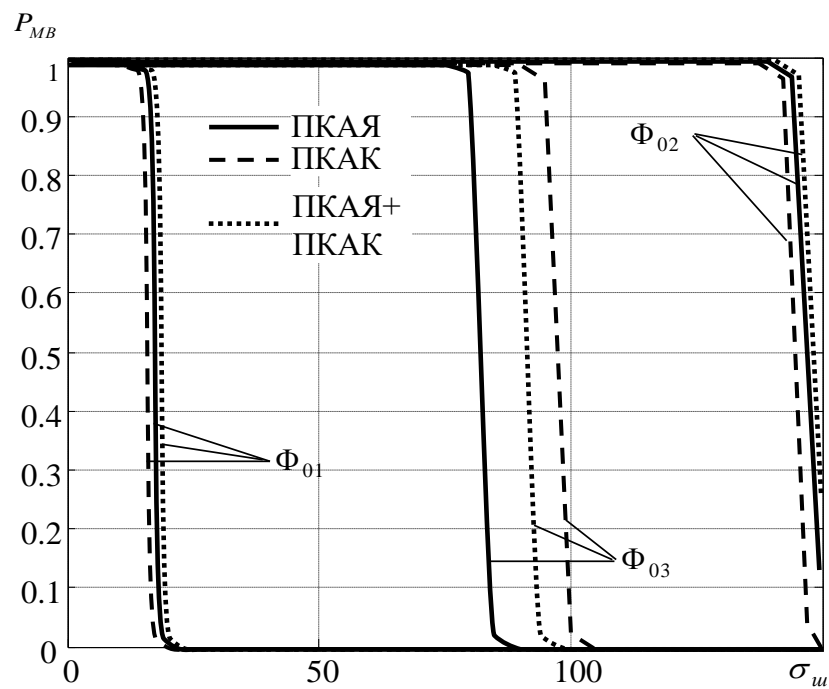


Рисунок 4.6 – Ймовірності місцевизначення в умовах впливу шуму на ПЗ з різним типовим ОС

Таким чином, результати проведених досліджень вказують на можливість та доцільність використання в якості інформаційних ознак для здійснення селекції ОП на зображеннях ПВ ФР та яскравості незалежно від типу ПВ. При цьому буде мати місце в залежності від відношення сигнал-шум висока ймовірність прив'язки КЕСН МР.

5 РОЗРОБКА ТРИЕТАПНОГО МЕТОДУ СЕГМЕНТАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ ЗДІЙСНЕННЯ СЕЛЕКЦІЇ ОБ'ЄКТА ПРИВ'ЯЗКИ НА ПОТОЧНОМУ ЗОБРАЖЕННІ

5.1 Розробка алгоритму сегментації зображення та селекції об'єкта прив'язки за фрактальною розмірністю

Варіант алгоритму сегментації зображення та селекції об'єкта прив'язки за фрактальною розмірністю наведений на рисунку 5.1.

Алгоритм побудований для використання сукупності фрагментів поверхні візування та побудови сегментованих зображень відповідно до них. Це фактично означає, що процедура повторюється для окремого вихідного зображення. З метою спрощення опису алгоритму будемо вважати, що здійснюється формування одного сегментованого зображення.

Відповідно до проведених досліджень використання ФР для здійснення селекції яскравих об'єктів потребує урахування типів ПВ, в залежності від яких виникає необхідність трансформації сегментованих зображень. Іншими словами для кожного зображення виникає необхідність визначення діапазону ФР, з урахуванням якого приймається рішення про необхідність фарбування зображення для подальшого пошуку об'єкта прив'язки.

Спочатку здійснюється оцінка характеристик зображень за показником ФР та вибір вихідного зображення. Далі оцінюється об'єктова насиченість поверхні візування та приймається рішення про фарбування або не фарбування зображення. Далі у випадку необхідності здійснення фарбування визначаються характеристики шуму та відбувається фарбування зображення. Наступний крок полягає в розрахунку ФР зображення та побудові гістограми ФР. Далі визначається діапазон значень ФР та селекція ОП.

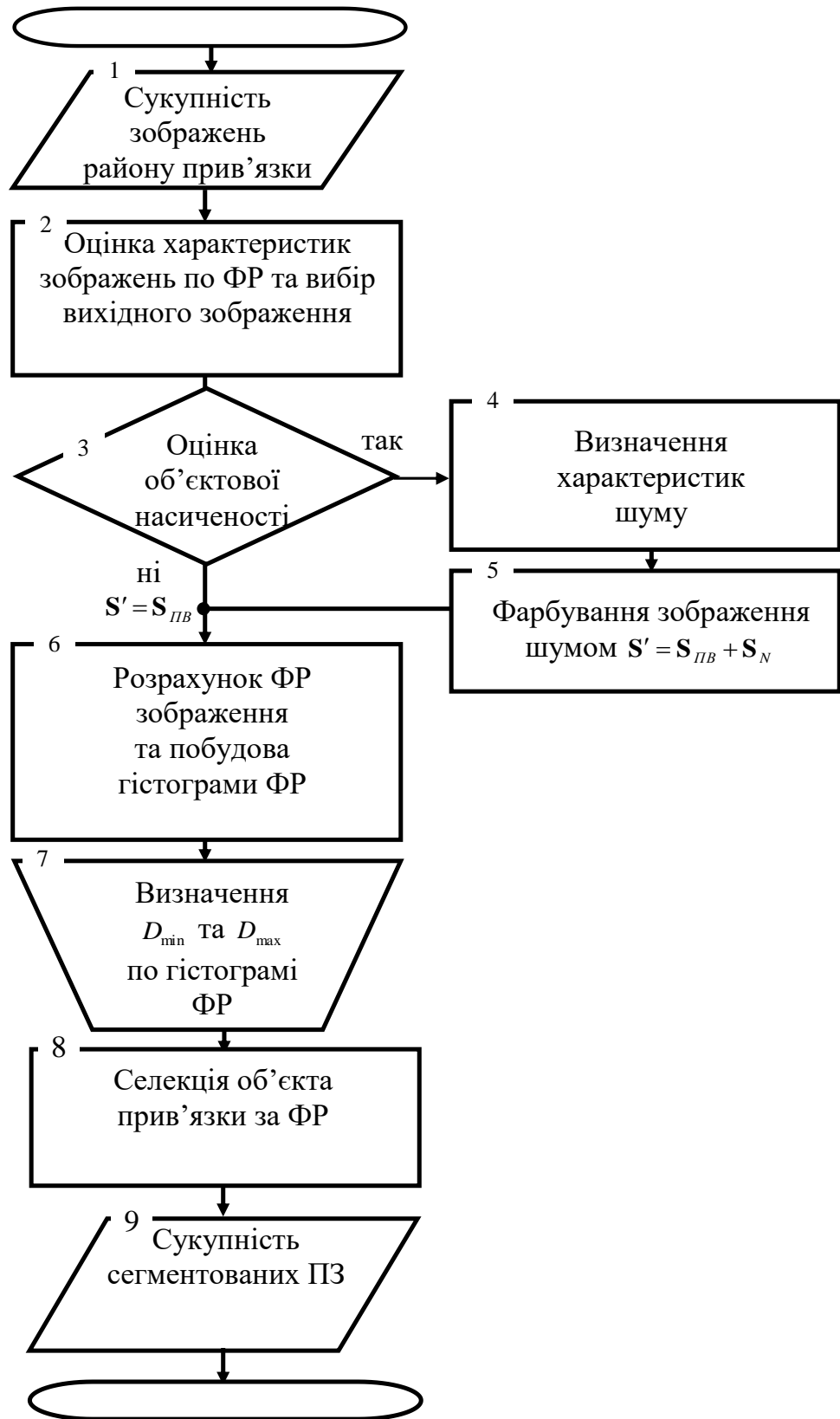


Рисунок 5.1 – Алгоритм селекції ОП шляхом побудови сегментованого зображення з використанням ФР

При побудові за допомогою даного методу ЕЗ відбувається побудова ЕЗ або сукупності ЕЗ по діапазону значень ФР.

Вирішальне правило для визначення ОП при використанні ФР пропонується у вигляді:

$$\hat{A}(i,j) = \begin{cases} 1, & \text{при } D_{\min} \leq D(i,j) \leq D_{\max} \\ 0, & \text{при } D_{\min} > D(i,j), D(i,j) > D_{\max} \end{cases}, \quad (5.1)$$

де $D(i, j)$ – значення ФР зображення, що обране для місцевизначення;

D_{\min} та D_{\max} – межі ФР.

5.2 Моделювання селекції об'єктів на зображеннях в залежності від параметрів шуму

При використанні поверхонь візування зі слабкою об'єктовою насиченістю зрозуміло, що деякі кроки не потрібно здійснювати.

До цих кроків відносяться визначення характеристик шуму та попереднє фарбування зображення.

Розглянемо процес побудови сегментованого зображення в залежності від властивостей шуму, що використовується для фарбування.

Шляхом використання алгоритму, представленого на рисунку 5.1, одержано селективне зображення, що наведене на рисунку 5.2.

Вихідне зображення, що використовувалося, наведене на рисунку 3.3.

Здійсним моделювання для таких вихідних даних:

1. $\sigma_N = 0$;
2. $\sigma_N = 25$;
3. $\sigma_N = 36$;
4. $\sigma_N = 44$;

5. $\sigma_N = 51$;

6. $\sigma_N = 57$

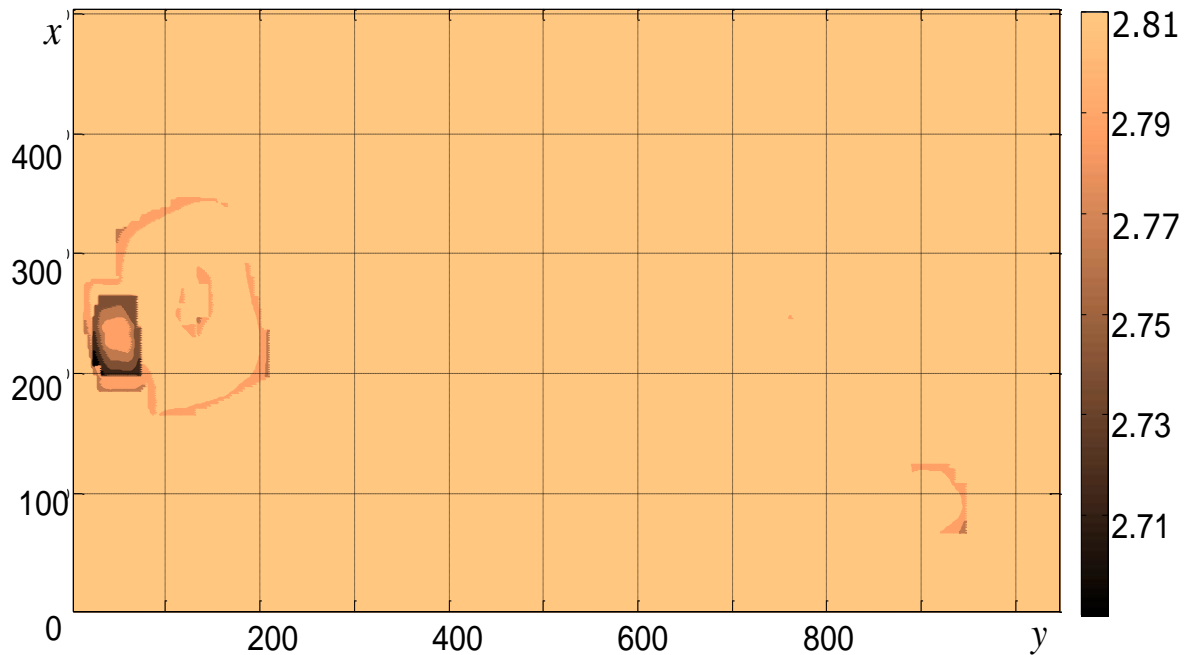


Рисунок 5.2 – Селектоване зображення (відповідно до рисунку 3.17)
для $2.7 \leq D \leq 2.8$

Вибір параметрів шуму здійснено послідовно з метою визначення умов появи хвостів на гістограмах ФР, як було визначено відповідно до запропонованого підходу. Саме поява хвостів дає змогу визначати діапазон значень ФР, в якому відбувається побудова сегментованого зображення та селекція ОП.

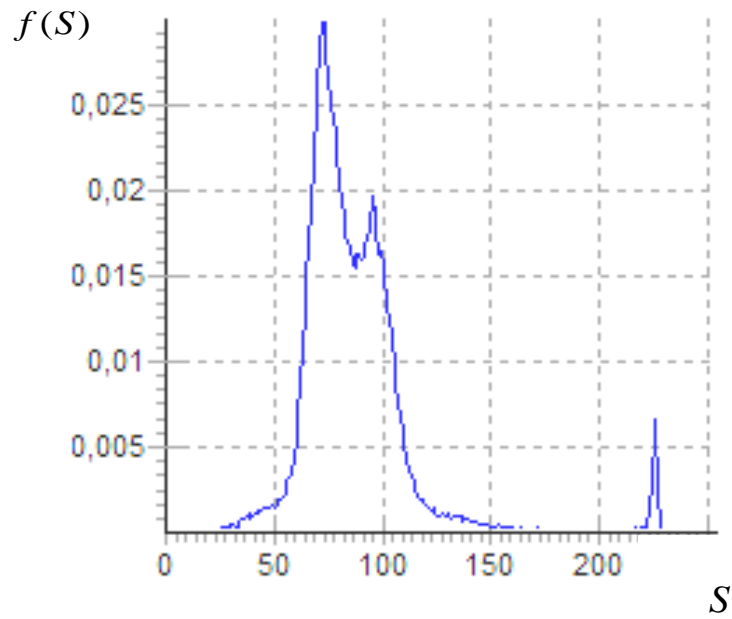


Рисунок 5.3 – Гістограми яскравості фарбованого зображення ПВ
(рисунок 3.3) при $\sigma_N = 0$

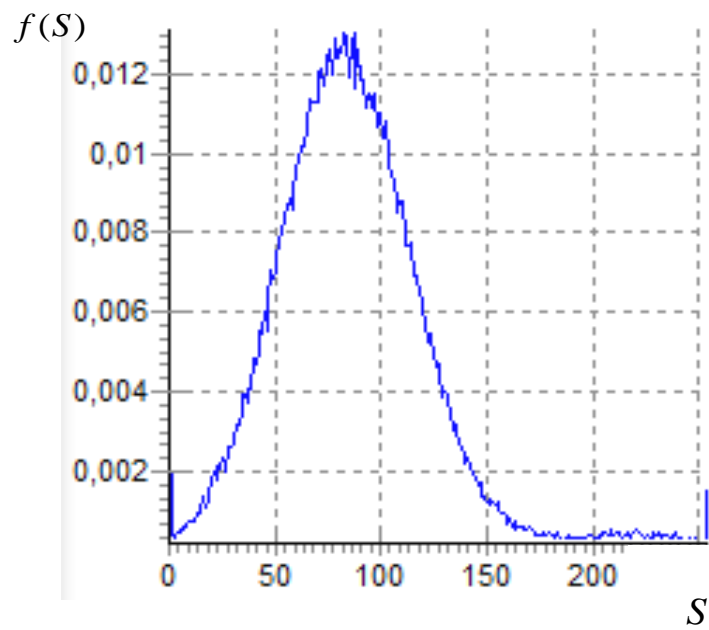


Рисунок 5.4 – Гістограми яскравості фарбованого зображення ПВ
(рисунок 3.3) при $\sigma_N = 25$

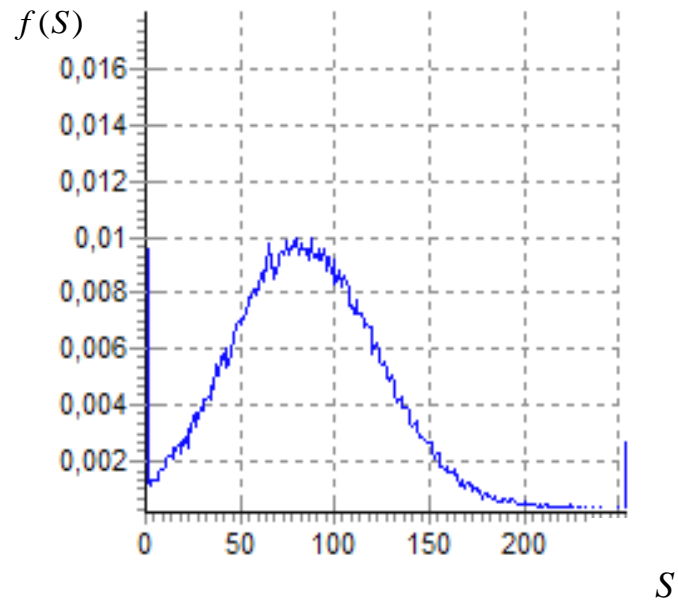


Рисунок 5.5 – Гістограми яскравості фарбованого зображення ПВ (рисунок 3.3) при $\sigma_N = 36$

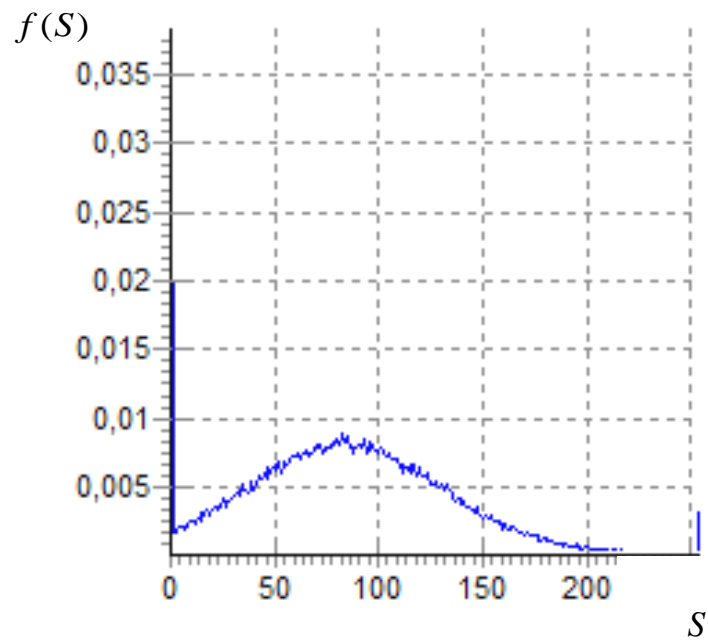


Рисунок 5.6 – Гістограми яскравості фарбованого зображення ПВ (рисунок 3.3) при $\sigma_N = 44$

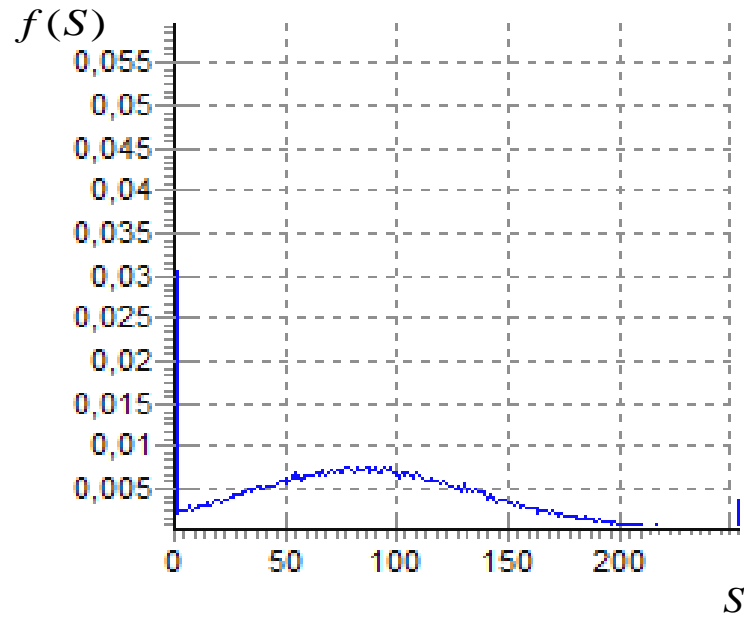


Рисунок 5.7 – Гістограми яскравості фарбованого зображення ПВ (рисунок 3.3) при $\sigma_N = 51$

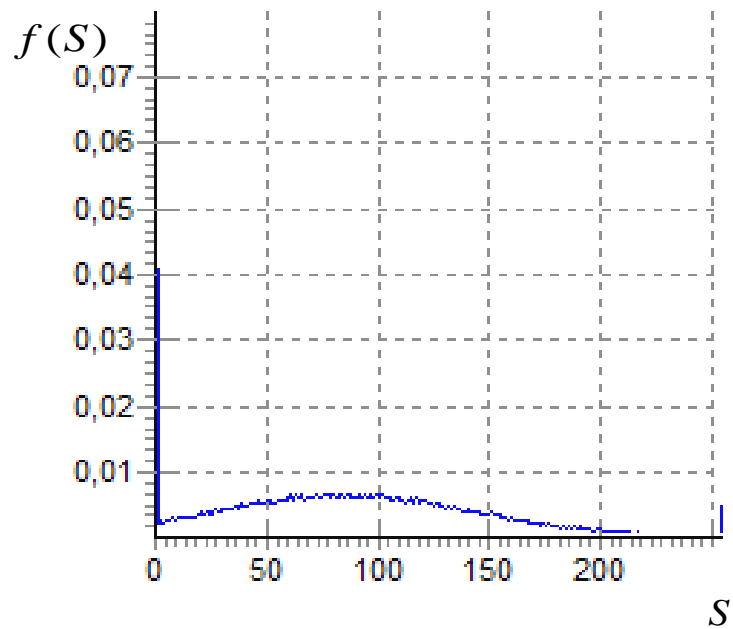


Рисунок 5.8 – Гістограми яскравості фарбованого зображення ПВ (рисунок 3.3) при $\sigma_N = 57$

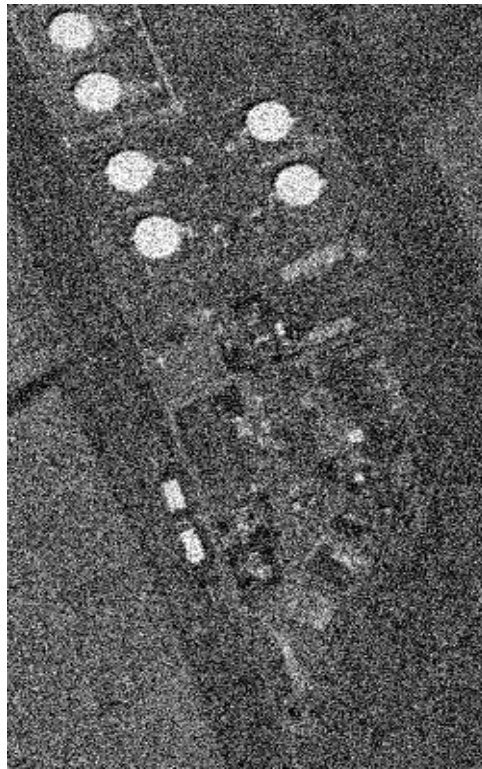


Рисунок 5.9 – Зображення нафтобази (рисунок 3.2), фарбоване гаусівським шумом з $\sigma_N = 44$

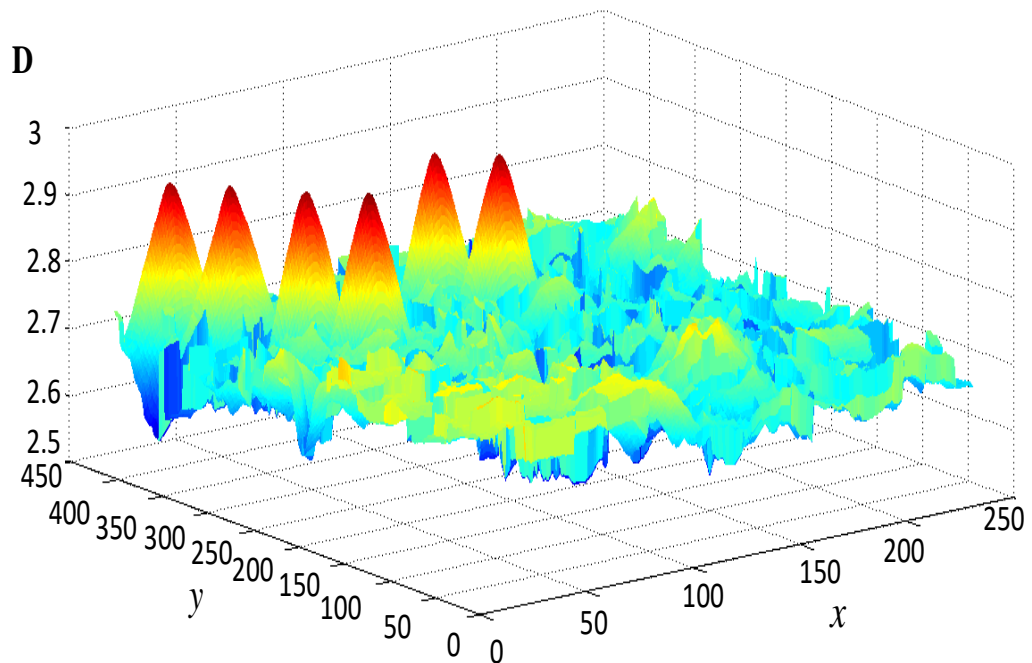


Рисунок 5.10 – Поле фрактальних розмірностей фарбованого зображення ПВ з достатньою об'єктовою насиченістю (рисунок 3.2)

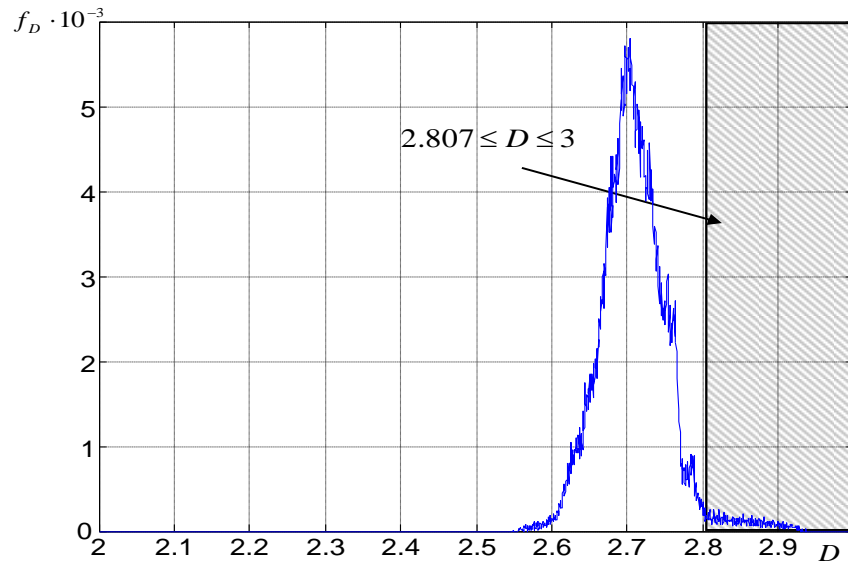


Рисунок 5.11 – Гістограма ПФР фарбованого зображення з достатньою об'єктовою насиченістю (Φ_{02}) при $N = 20$

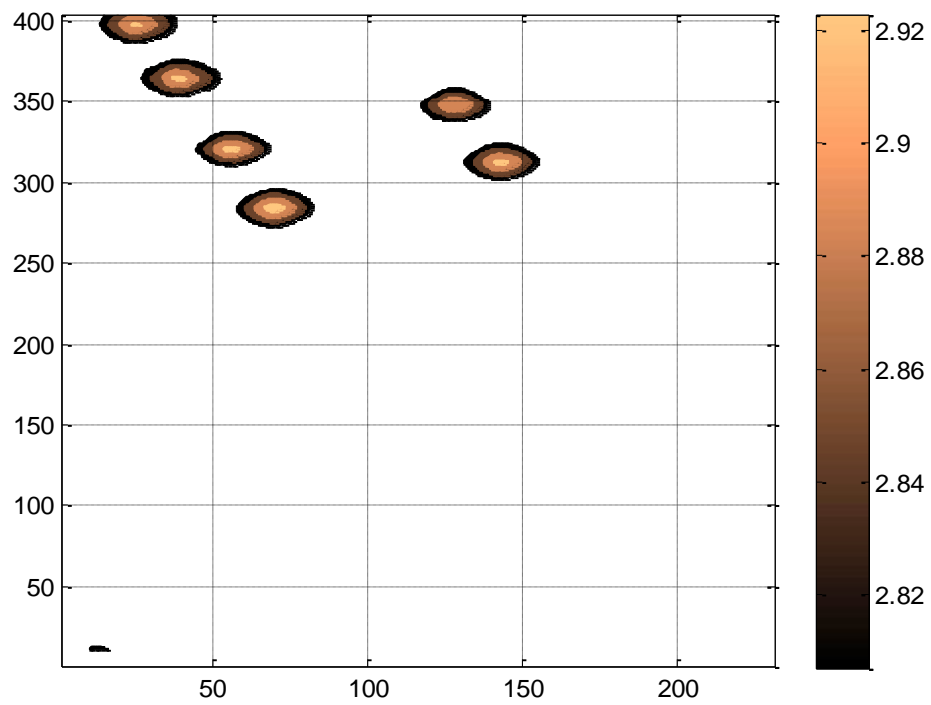


Рисунок 5.12 – Перетини ПФР фарбованого зображення з достатньою об'єктовою насиченістю (Φ_{02}) при $N = 20$

По аналогії можна здійснити селекцію ОП на зображенні при використанні в якості ІО яскравості або контрасту.

Для встановлення ступеня подібності результатів селекції ОП за ФР та яскравістю здійснено моделювання розподілу яскравості для зображення, що показано на рисунку 3.2.

Розподіл яскравості для цього зображення наведений на рисунку 5.13.

З рисунку 5.13 видно, що результат селекції об'єкта на зображенні ПВ за яскравістю забезпечує виділення об'єктів аналогічно варіанту за ФР.

Розподіл ФР, наведений на рисунку 5.11, та яскравості, наведений на рисунку 5.13, має високий рівень схожості. Це вказує на достовірність результатів селекції ОП за різним ІО.

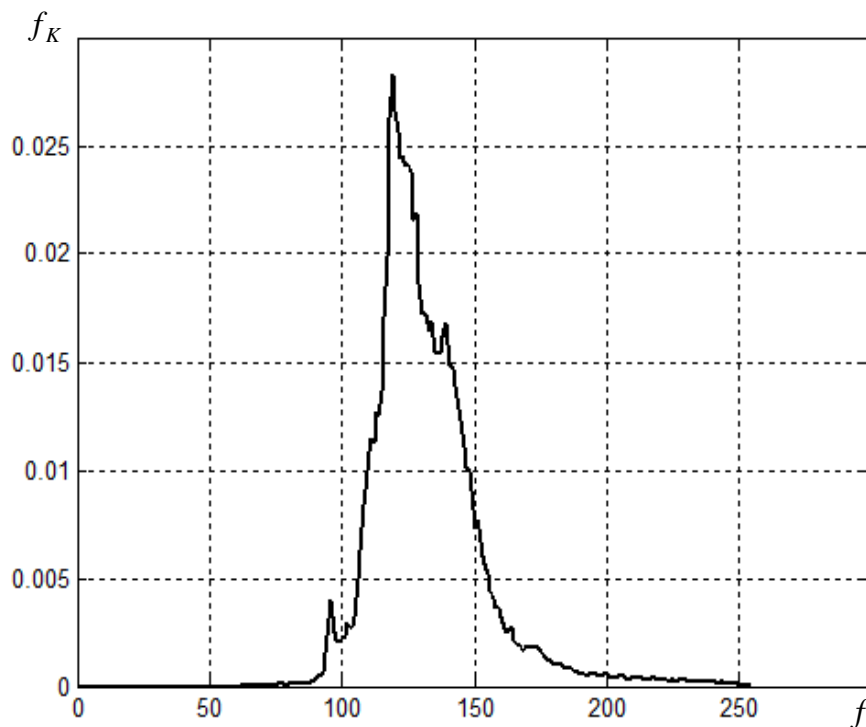


Рисунок 5.13 – Розподіл яскравості зображення ПВ
з достатньою об'єктовою насиченістю

Таким чином, розроблено підхід до здійснення селекції ОП з на основі здійснення сегментації зображень ПВ за різними інформаційними ознаками, такими як фрактальну розмірність, яскравість та контраст об'єктів ПВ.

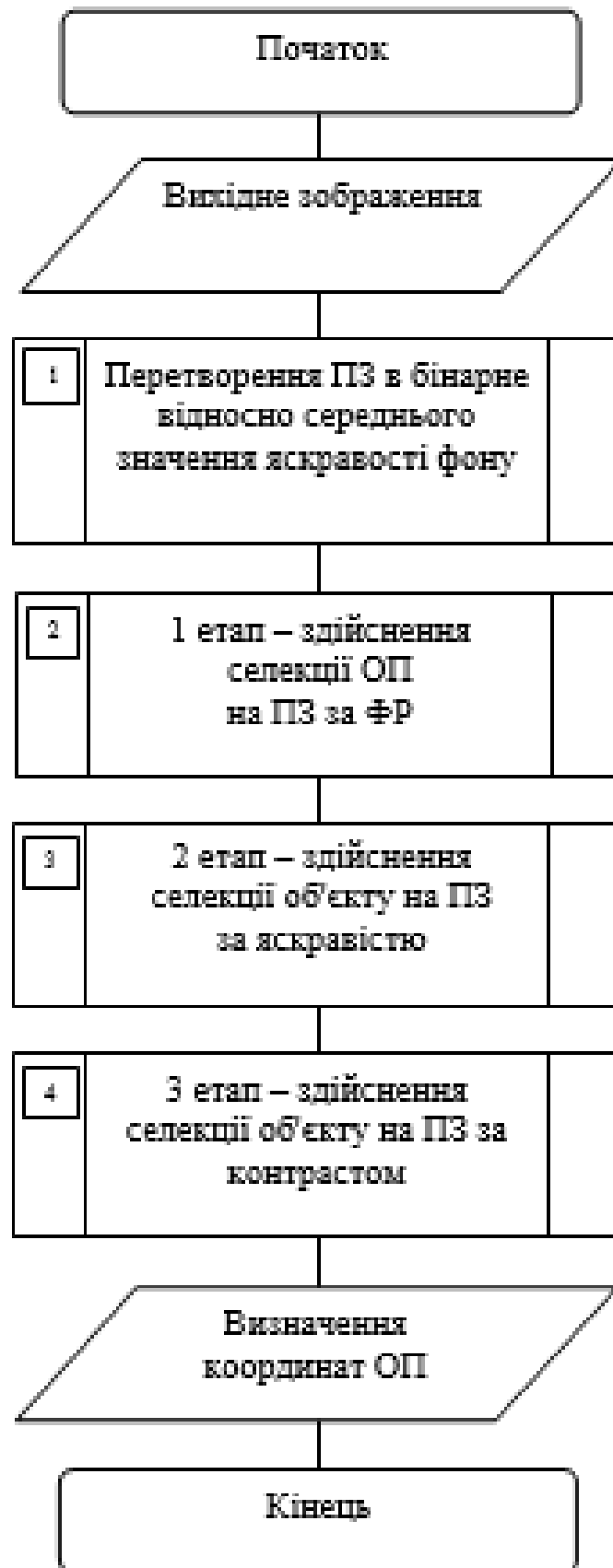


Рисунок 5.14 – Структура триетапного методу сегментації зображення для здійснення селекції ОП

Структура триетапного методу сегментації зображення для здійснення селекції ОП наведена на рисунку 5.14.

Таким чином, розроблено триетапний метод сегментації зображень для здійснення селекції ОП, який заснований на використанні яскравості, контрасту та фрактальною розмірності.

5.3 Результати порівняння обчислювальної складності селекції об'єкта на зображенні при використанні різних інформаційних ознак

Використання тієї чи іншої ІО для здійснення селекції об'єктів ПВ потребує визначення їх застосування с точки зору обчислювальної складності. Найбільш поширеним та простим способом рішення цієї задачі є визначення числа операцій при формуванні вирішальної функції як результату порівняння ЕЗ та поточного зображення. Скористаємось відомими результатами визначення числа операцій при пошуку найбільшого співпадіння фрагментів ЕЗ та ПЗ.

При використанні ФР в якості ІО число операцій визначається відповідно до наступного виразу:

$$N_{\text{ФР}} = 2\kappa(L_1 - \kappa)(L_2 - \kappa), \quad (5.2)$$

де $\kappa = 2^{(m-1)}$ – розмір ЕЗ.

Здійснили чисельну оцінку числа операцій при використанні ФР.

Припустимо, що для прив'язки використовується зображення ПВ, що має високе об'єктове наповнення (рисунок 3.17). Розмір ЕЗ складає $L_1L_2 = \kappa = 25$. В такому випадку число операцій буде $N_{\text{ФР}} \approx 10^7$.

При використанні класичного кореляційного алгоритму число операцій буде не менш, ніж $N_{\text{ККА}} > 10^{15}$. Таким чином, використання в

якості ІО фрактальної розмірності значно зменшує число операцій для здійснення селекції ОП.

Відносне зменшення числа операцій можна розрахувати відповідно до наступного виразу:

$$\frac{N_{\text{ФР}}}{N_{\text{ККА}}} = \frac{2(L_1 - k)(L_2 - k)}{k^2 L_1 L_2 (L_1 - k)(L_2 - k)} = \frac{2}{k L_1 L_2}. \quad (5.3)$$

Для розглянутих вище умов зменшення числа операцій при застосуванні ФР буде складати порядку 10^8 .

Необхідно визнати, що це демонстраційний приклад. Результат буде залежати від багатьох факторів, в першу чергу від розмірів зображень, що порівнюються. Але в цілому переваги застосування ФР у порівнянні з яскравістю суттєві.

ВИСНОВКИ

Здійснено аналіз методів та алгоритмів селекції об'єктів на селектованих зображеннях. Встановлено, що існуючі методи та алгоритми неможливо безпосередньо застосовувати для здійснення навігації МР, що оснащені КЕСН.

Необхідно подальше удосконалення та розробка методу сегментації зображень та селекції ОП, який може бути застосований в системах навігації МР та забезпечить формування вирішальної функції, як результату порівняння поточного та еталонного зображень з різним об'єктовим складом.

Здійснено класифікацію ПВ за кількістю об'єктів та обґрунтовано вибір типів інформативних ознак для здійснення селекції об'єктів на зображеннях ПВ.

Проведено аналіз використання окремих інформаційних ознак для здійснення селекції об'єктів на зображеннях, які відрізняються чисельністю різних об'єктів на ПВ .

Запропоновано використовувати для сегментації зображень з метою забезпечення високої ймовірності селекції ОП на зображенні в різних умовах таких ознак об'єктів, як фрактальну розмірність, яскравість та контраст.

Досліджено інформативні ознаки зображень ПВ. Встановлена можливість застосування в якості ІО об'єктів фрактальної розмірності та яскравості.

Шляхом моделювання встановлено, що результати селекції об'єктів за яскравістю та контрастом є близькими до результатів селекції за ФР.

Показано, що точність місцевизначення при використанні ІО у вигляді яскравості зростає від 1.3 до 1.5 разів для зображень ПВ з незначною кількістю об'єктів. Для ПВ з високим наповненням точність зростає до 2 разів.

Ймовірність прив'язки КЕСН складає біля одиниці, але в залежності

від величини шуму, який складає від $\sigma_{шнор} = 75...80$ до $\sigma_{шнор} \approx 20$, швидкість зростання вище при використанні в якості ІО яскравості.

Моделювання процесу селекції об'єктів визначило, що застосування різних інформаційних ознак забезпечує високу ефективність селекції ОП на зображеннях, при цьому показано, що використання ФР для здійснення селекції ОП не призводить до суттєвого збільшення обчислювальних операцій, що, в свою чергу, не призведе до збільшення часу визначення координат ОП.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Мелешко В.В., Нестеренко О.И. Бесплатформенные инерциальные навигационные системы // Учебное пособие. – Кировоград: ПОЛИМЕД - Сервис, 2011 – С. 50-54, 71-77.
2. A. Sotnikov, V. Tarshyn, N. Yeromina, S. Petrov, N. Antonenko. A method for localizing a reference object in a current image with several bright objects, Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2017. Vol. № 9 (87). pp. 68–74. DOI: 10.15587/1729-4061.2017.101920.
3. N. Yeromina, V. Samoilenko, D. Chukanivskyi, O. Zadkova, O. Brodova, O. Levchenko. The Method of Iterative Formation of Selective Reference Images, IJETER, 8 (7), 2020, pp. 3753-3759, doi:10.30534/ijeter/2020/ 138872020
4. Yeromina N., Udoenko S., Tiurina V., Boychenko O., Breus P., Onishchenko Yu., Gnusov Yu. , Svitlychnyi V. Segmentation of Images Used in Unmanned Aerial Vehicles Navigation Systems, PROBLEMELE ENERGETICII REGIONALE, 4 (60), 2023, pp. 30-42, doi: <https://doi.org/10.52254/1857-0070.2023.4-60.03>
5. Особливості застосування безпілотних літальних апаратів органами та підрозділами поліції: метод. рек. / А. А. Саковський, С. М. Науменко, С. І. Кравченко, І. М. Єфіменко та ін. Київ: Нац. акад. внутр. справ. 2022. 72 с.
6. Методы фильтрации сигналов в корреляционно-экстремальных системах навигации // В.К. Баклицкий, А.М. Бочкарев, М.П. Мусьяков. – М.: Сов. Радио. – 1986. – 216 с.
7. Паньків В. Galileo: когда же она завертится? [Электронный ресурс] / В. Паньків В. //«Сети и бизнес», № 2 (45) – 2009 г. С. 102. Режим доступа: http://www.sib.com.ua/arhiv_2009/2009_2/statia_2_4_2009/2_4_2009.htm.
8. ГЛОНАСС. Принципы построения и функционирования / [под ред. А.И. Петрова, В.Н. Харисова]. – [3-е изд. перераб.]. – М. : Радиотехника,

2010. – 800 с.

9. Чеберко И. Россия даст гарантии поддержания ГЛОНАСС мировому сообществу. [Электронный ресурс] / И. Чеберко // Газета «Известия» 9 ноября 2012. Режим доступа: <http://izvestia.ru/news/539270>.

10. Белоглазое И.Н., Тарасенко В.П. Корреляционно-экстремальные системы. М.: Сов. радио, 1974.

11. Щербинин В.В. Построение инвариантных корреляционно-экстремальных систем навигации и наведения летательных аппаратов / В.В. Щербинин. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. – 230 с. Кузнецов М. А., Фоменко К. И., Кузнецов О. И. Психічні стани студентів у процесі навчально-пізнавальної діяльності : монографія. Харків : ХНПУ, 2015. 338 с.

12. Sotnikov O., Petrov K., Udovenko S., Gnusov Yu., Radchenko V., Kaliakin S., Gromliuk K., Kyrychenko O. The Use of Coplanar Transmission Lines for Protecting Receiving Antenna Systems from Powerful. *Problemele energeticii regionale*. 2023. –1 (57), pp. 134-146. <https://doi.org/10.52254/1857-0070.2023.1-57.11>

13. Yuheng S., Hao Y. Image Segmentation Algorithms Overview. 2017. URL: <https://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1707/1707.02051.pdf> (дата звернення: 06.03.2024).

14. Otsu, N. (1979). A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms. *IEEE TRANSACTIONS ON SYSTEMS, MAN, AND CYBERNETICS*, SMC-9(1), 62–66.

15. Murinto, Adhi Prahara, Erik Iman Heri Ujianto. Multilevel Thresholding Image Segmentation Based-Logarithm Decreasing Inertia Weight Particle Swarm Optimization. *Int. J. Advance Soft Compu. Appl*, Vol. 14, No. 3, November 2022, pp. 64-77. DOI: 10.15849/IJASCA.221128.05

16. Sauvola J., Pietikainen M. Adaptive document image binarization. *Pattern Recognition* 33. 2000. P. 225-236.

17. Bernsen J. Dynamic thresholding of grey-level images. *Proc. Eighth Int'l Conj Pattern Recognition*. 1986. P. 1251-1255.

18. Фрактальный анализ процессов, структур и сигналов. Коллективная монография / Под ред. Р.Э. Пащенко // Харьков: ХООО «НЭО «Экоперспектива», 2006. – 348 с.

19. Н. С. Єрьоміна, Ю. М. Колтун, А. В. Беспалий, Ю. М. Шматько
Аналіз сучасних методів сегментації зображень в інтересах навігації мобільних роботів. Системи управління, навігації та зв'язку. 2024. No2, с. 82 – 86.