

Сегментація зображення на основі аналізу ознак його фрагментів

Виконав:

ст.гр. КСУА-15м(сп)

Олесенко В.С.

Науковий керівник:

к.т.н.,доц. Софина О.Ю.

Актуальність. У наш час завдяки поширенню великої кількості інформації у вигляді цифрових зображень, питання розпізнавання певних об'єктів на зображенні й виділення їх контурів набувають особливої уваги. Саме цими питаннями займається сегментація, основне завдання якої полягає в пошуку на зображенні об'єктів, які становлять певний інтерес. Сегментація може бути як самостійною задачею, так і одним з етапів обробки зображень. Для різноманітних зображень і задач застосовуються різні методи сегментації, наприклад, кореляційні, порогові методи, методи аналізу кольору тощо. Дана робота присвячена розробці методу текстурної сегментації.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є підвищення якості процесу сегментації зображень шляхом використання енергетичних характеристик Лавса.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі:

- аналіз й порівняльна характеристика існуючих алгоритмів та методів сегментації зображень;
- отримання енергетичних характеристик Лавса;
- обґрунтування підходу до розробки алгоритму сегментації зображень на основі енергетичних характеристик Лавса;
- розробка програмного додатку для реалізації алгоритму сегментації текстурних зображень;
- аналіз оцінки ефективності й втрат в процесі сегментації.

Об'єкт дослідження - процес сегментації зображень.

Предмет дослідження - методи сегментації зображень, модель сегментації, енергетичні характеристики Лавса.

Наукова новизна одержаних результатів.

- Вперше запропоновано новий метод сегментації зображень із застосуванням енергетичних характеристик Лавса, який, на відміну від існуючих методів, забезпечує вищий коефіцієнт співвідношення правильно ідентифікованої площі сегмента до його вихідної площі.

- Запропонований метод, на відміну від інших методів обробки текстурних зображень, наприклад застосування матриці співпадінь, де сегментація здійснюється шляхом розбиття зображення на схожі фрагменти фіксованого розміру і форми, дозволяє здійснювати сегментацію як фрагментарно, так і поточно, що дає змогу максимально підвищити якість ідентифікації сегментів.

- Форма сегментованих об'єктів з використанням запропонованого методу, на відміну від інших методів сегментації є максимально наближеною до реальної, що досягається завдяки використанню поточної сегментації методом характеристик Лавса.

Вибір напрямку та задач дослідження

Проаналізувавши велику кількість досліджень було вирішено, що найкраще для розв'язання задачі сегментації графічної інформації підходять методи, які базуються на виявленні різноманітних типів текстур за допомогою локальних масок. Прикладом таких методів в даній роботі виступає метод Лавса, в основі якого лежить оцінка зміни вмісту текстури в межах вікна фіксованого розміру.

Для обрахування масок використовуються чотири вектори, кожен з яких призначений для обрахування симетричного зваженого локального середнього значення, виявлення границь, виявлення плям та для виявлення образу у вигляді «рябі» відповідно. Саме завдяки цим маскам формуються енергетичні карти Лавса. Для виконання якісної сегментації необхідно враховувати усі особливості зображень, приділяти увагу кожному текстурному елементу. Метод сегментації на базі енергетичних характеристик Лавса є досить об'ємним, що в свою чергу має вплив на його швидкодію. Для реалізації запропонованого методу необхідно виконати такі кроки:

- отримати енергетичні характеристики (усунення впливу інтенсивності, обробка масками, підрахунок енергетичних карт);
- поділити зображення на фрагменти зі схожими енергетичними характеристиками.

Варто відмітити, що існує ймовірність того, що не всі етапи методу є необхідними, тобто для підвищення швидкодії необхідно знехтувати якимось проміжним етапом. Але для цього варто експериментально перевірити як впливає відсутність того чи іншого етапу на отримане сегментоване зображення.

Напрямком досліджень було обрано аналіз та розробку методу сегментації зображень, який враховуватиме характерні особливості текстурних зображень. Метою досліджень є розробка програмного додатку, який являтиме собою реалізацію запропонованого алгоритму і дозволить досягти підвищення якості сегментації на практиці.

Для реалізації поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі:

- розробити математичну модель й алгоритм отримання енергетичних характеристик Лавса;
- з метою оцінки швидкодії експериментально перевірити як впливає на якість сегментованого зображення відкидання таких етапів методу як усунення впливу інтенсивності освітлення й перехід від відфільтрованих зображень до енергетичних карт, які по суті є усередненням результатів обробки зображення масками;
- розробити програмний додаток запропонованого методу й оцінити його ефективність на практиці.

Отримання енергетичних характеристик Лавса

Метод Лавса передбачає виявлення різноманітних типів текстур за допомогою локальних масок. Лавс розробив енергетичний підхід, в якому оцінюється зміна вмісту текстури в межах вікна фіксованого розміру. Для обчислення енергетичних характеристик застосовується набір з шістнадцяти масок розмірами 5×5 . Після цього енергетичні характеристики кожного пікселя вихідного зображення подаються у вигляді вектору з дев'яти чисел. З метою обчислення масок використовуються наступні вектори:

$$\left\{ \begin{array}{l} L = [1,4,6,4,1], \\ B = [-1,-2,0,2,1], \\ S = [-1,0,2,0,-1], \\ R = [1,-4,6,-4,1]. \end{array} \right.$$

З назви векторів випливає їх призначення. Вектор L (level) призначений для обрахунку симетричного зваженого локального середнього значення. Вектор B (border) використовується для виявлення границь, S (spots) – для виявлення плям, R (ripples) – для виявлення образу у вигляді рябі. Двовимірні маски можна обрахувати шляхом перемножування пар векторів.

Перший крок отримання характеристик Лавса полягає в усуненні впливу інтенсивності освітлення. Для цього по зображенню переміщується невелике вікно і зі значення кожного пікселя віднімається локальне середнє значення. В результаті такої попередньої обробки формується зображення, на якому середня інтенсивність кожної піксельної околиці близька до нульового значення. Розмір вікна залежить від типу зображення. Для природних сцен прийнято обирати розмір вікна 15×15.

По завершенню попередньої обробки до отриманого зображення застосовується кожна з шістнадцяти масок 5×5. В результаті формуються шістнадцять профільтованих зображень. Позначимо через $F_k[i, j]$ результат фільтрації пікселя $[i, j]$ з використанням k -ї маски. Тоді енергетична текстурна карта E_k для фільтру k визначається за формулою:

$$E_k(r, c) = \sum_{j=c-7}^{c+7} \sum_{i=r-7}^{r+7} |F_k(i, j)|.$$

Таким чином, формуються 16 текстурних карт:

$$\begin{cases} E_1 = E^{LL}; E_2 = E^{LB}; E_3 = E^{LS}; E_4 = E^{LR}; \\ E_5 = E^{BL}; E_6 = E^{BB}; E_7 = E^{BS}; E_8 = E^{BR}; \\ E_9 = E^{SL}; E_{10} = E^{SB}; E_{11} = E^{SS}; E_{12} = E^{SR}; \\ E_{13} = E^{RL}; E_{14} = E^{RB}; E_{15} = E^{RS}; E_{16} = E^{RR}. \end{cases}$$

По отриманню енергетичних карт деякі симетричні пари комбінуються і в результаті будується дев'ять результуючих (кінцевих) карт. Кожна симетрична пара карт замінюється усередненою картою, яка позначається додатковим індексом T. Нижче наведені дев'ять кінцевих енергетичних карт :

$$\begin{cases} E_1 = E^{LBT}; E_2 = E^{LST}; E_3 = E^{LRT}; E_4 = E^{BST}; \\ E_5 = E^{BRT}; E_6 = E^{SRT}; E_7 = E^{BBT}; E_8 = E^{SST}; \\ E_9 = E^{RRT}. \end{cases}$$

В даній роботі пропонується застосовувати отримані енергетичні карти в якості характерних ознак при сегментації текстурних зображень.

Застосування енергетичних карт для сегментації зображень

Математична модель задачі сегментації зображень на основі характеристик Лавса має вигляд:

$$D \rightarrow \{D_1, \dots, D_S\},$$

де область $D = \bigcup_{r=1}^S D_r$;

$$D_r = \{(i, j) \mid \rho(\bar{E}(x_r, y_r), \bar{E}(i, j)) < \delta\}, \quad r = \overline{1, S},$$

$$\rho(\bar{E}(x_r, y_r), \bar{E}(i, j)) < \delta,$$

де $\rho(\bar{E}(x_r, y_r), \bar{E}(i, j)) < \delta$ – критерій, визначений як міра подібності, яку можна обчислити за одним з відомих способів; δ – певне порогове значення; $\bar{E}(x_r, y_r)$ – вектор $\bar{E}(x_r, y_r) = (E_1(x_r, y_r), \dots, E_9(x_r, y_r))$ енергетичних карт (3.4) еталону класу r ; (x_r, y_r) – точка-еталон класу текстур r , (i, j) – точка, приналежність якої до класу текстур r визначається в поточний момент; $(i, j), (x_r, y_r) \in \frac{D}{D_{r-1}}$.

На основі описаної моделі були розроблені методи поточної й фрагментарної сегментації.

При поточковій сегментації для всього зображення будуються енергетичні карти, внаслідок чого кожний піксель $(i, j) \in D$ характеризується вектором $\bar{E}(i, j)$ з 9 значень, що використовуються як ознаки для сегментації зображення.

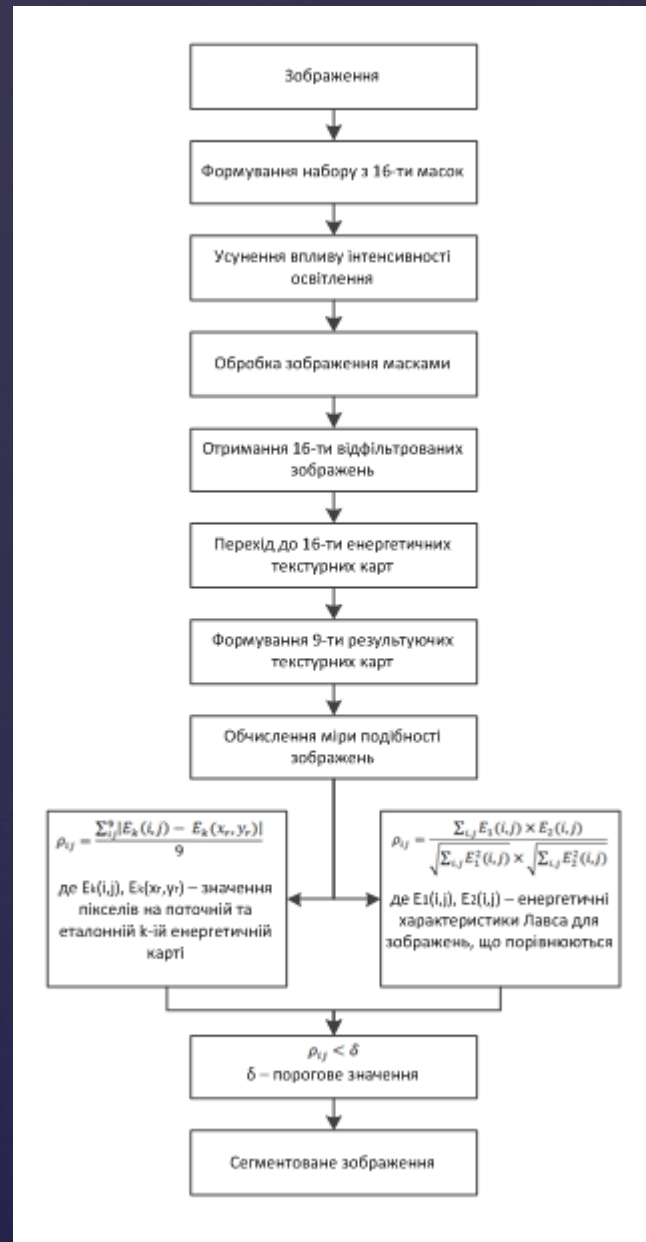
Для прийняття рішення щодо належності точки (i, j) одному класу текстур r в роботі використовувався критерій, де міра подібності обчислюється за формулою:

$$\rho_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^9 |E_k(i, j) - E_k(x_r, y_r)|}{9},$$

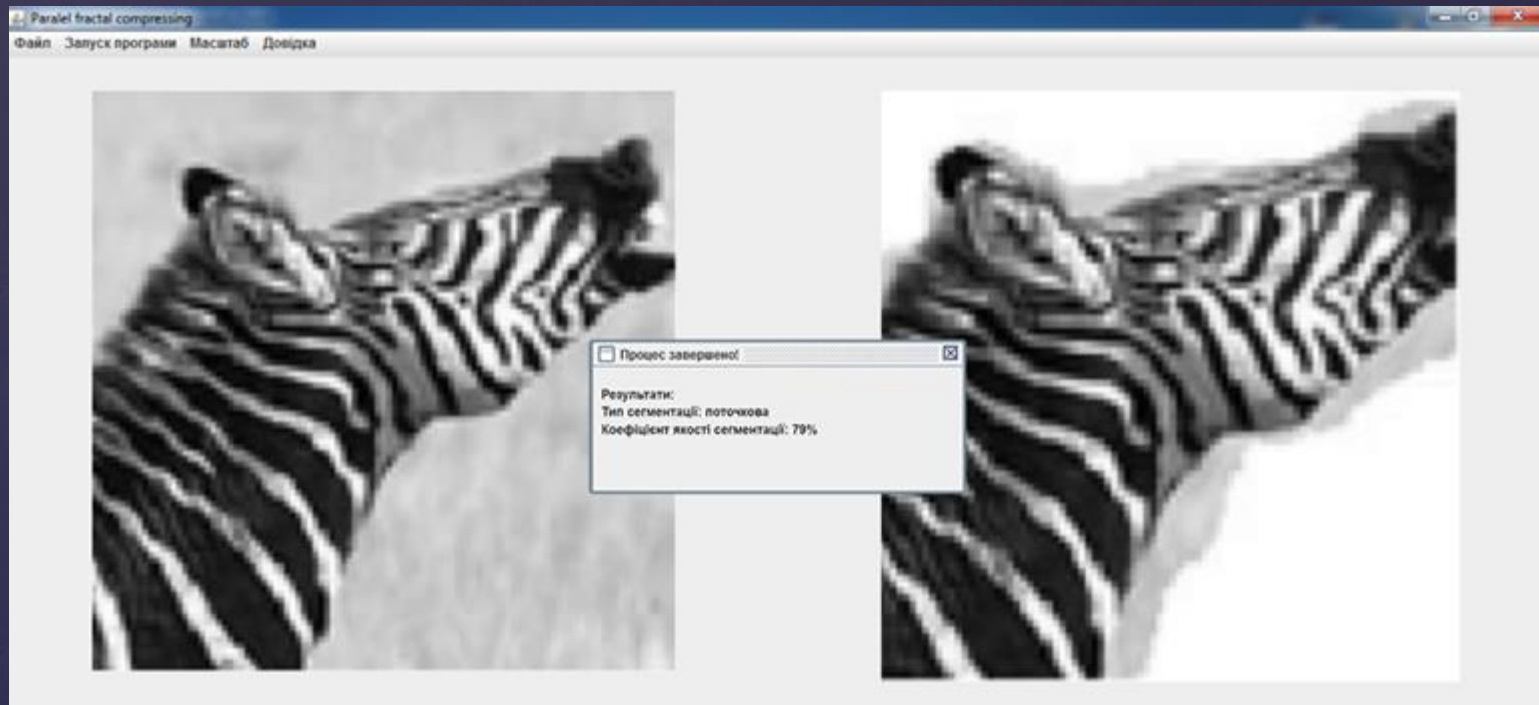
де $E_k(i, j), E_k(x_r, y_r)$ – значення пікселів $(i, j), (x_r, y_r)$ на поточній та відповідно еталонній k -ій енергетичній карті; $(i, j), (x_r, y_r) \in \frac{D}{D_{r-1}}$.

Аналогічним чином реалізується фрагментарна сегментація. Зображення розбивається на фрагменти розміром 15×15 пікселів. Для усіх фрагментів будуються вектори характеристик $\bar{E}(i_f, j_f)$, де i_f і j_f – порядкові номери фрагменту по вертикалі і горизонталі. Вектори $\bar{E}(i_f, j_f)$ для фрагментів отримуються за допомогою усереднення значень енергетичних характеристик для кожного пікселя, що входить до фрагменту. Отримані вектори текстурних ознак фрагментів застосовуються при обчисленні міри подібності між ними. Таким чином, у формулі міри подібності координати (i, j) і (x_r, y_r) являють собою координати фрагмента, що визначається й еталонного фрагмента відповідно.

Модель сегментації зображень з використанням характеристик Лавса



Інтерфейс роботи програми



Оскільки кореляційний метод оцінки подібності зображень володіє високою точністю, було вирішено оцінювати подібність зображень, використовуючи два методи: обраховувати міру подібності між самими зображеннями за виразом:

$$\rho(i, j) = \frac{\sum_{i,j} B_1(i, j) \times B_2(i, j)}{\sqrt{\sum_{i,j} B_1^2(i, j)} \times \sqrt{\sum_{i,j} B_2^2(i, j)}}, (i, j) \in D,$$

де B_1, B_2 – зображення, які порівнюються, і другий спосіб полягає у обрахунку міри подібності енергетичних карт цих зображень. З цією метою у попередній формулі значення яскравостей замінюються на енергетичні характеристики Лавса:

$$\rho(i, j) = \frac{\sum_{i,j} E_1(i, j) \times E_2(i, j)}{\sqrt{\sum_{i,j} E_1^2(i, j)} \times \sqrt{\sum_{i,j} E_2^2(i, j)}}, (i, j) \in D.$$

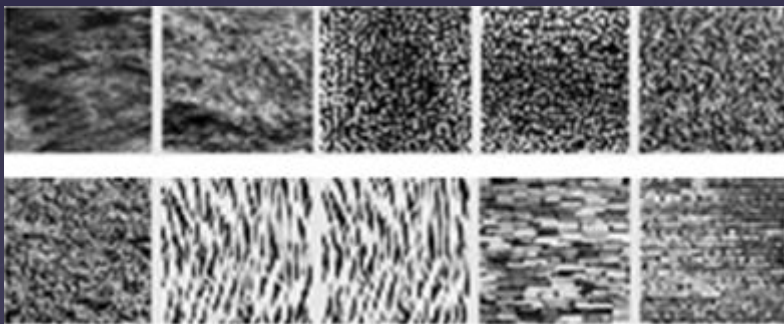


Рисунок 3.5 – Тестові зображення

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | | 0,847 | 0,784 | 0,777 | 0,843 | 0,843 | 0,856 | 0,856 | 0,843 | 0,855 |
| 2 | 0,847 | | 0,781 | 0,781 | 0,847 | 0,848 | 0,849 | 0,849 | 0,844 | 0,848 |
| 3 | 0,784 | 0,781 | | 0,710 | 0,769 | 0,765 | 0,779 | 0,779 | 0,765 | 0,773 |
| 4 | 0,777 | 0,781 | 0,710 | | 0,769 | 0,769 | 0,782 | 0,782 | 0,763 | 0,773 |
| 5 | 0,843 | 0,847 | 0,769 | 0,769 | | 0,829 | 0,837 | 0,837 | 0,826 | 0,837 |
| 6 | 0,843 | 0,848 | 0,765 | 0,769 | 0,829 | | 0,839 | 0,839 | 0,828 | 0,837 |
| 7 | 0,856 | 0,849 | 0,779 | 0,782 | 0,837 | 0,839 | | 1 | 0,839 | 0,851 |
| 8 | 0,856 | 0,849 | 0,779 | 0,782 | 0,837 | 0,839 | 1 | | 0,839 | 0,851 |
| 9 | 0,843 | 0,844 | 0,765 | 0,763 | 0,826 | 0,828 | 0,839 | 0,839 | | 0,843 |
| 10 | 0,855 | 0,848 | 0,773 | 0,773 | 0,837 | 0,837 | 0,851 | 0,851 | 0,843 | |

Рисунок 3.6 – Коефіцієнти кореляції для тестових зображень з рисунку 3.5

Було побудовано симетричну матрицю розміром 10×10, у якій на перетині i -го рядка і j -го стовпця знаходиться значення коефіцієнту кореляції для i -го і j -го зображення. На рисунку 3.6 лише в двох з десяти експериментів найбільш схожими виявились текстури, що містять візуально подібні зображення. Зокрема, у першому рядку текстура води за своїм коефіцієнтом є найбільш подібною до текстури шкіри тигра ($\rho = 0,856$), а не до іншої текстури води ($\rho = 0,847$), як очікувалось інтуїтивно.

| A | B | C | D | E | F | G | H | I | J |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | 0,9875 | 0,9833 | 0,9598 | 0,9793 | 0,8751 | 0,9819 | 0,9819 | 0,9716 | 0,7736 |
| 0,9875 | | 0,9682 | 0,9811 | 0,9014 | 0,9824 | 0,9824 | 0,9824 | 0,9855 | 0,7993 |
| 0,9833 | 0,9843 | | 0,9853 | 0,9872 | 0,9124 | 0,9882 | 0,9882 | 0,9779 | 0,7858 |
| 0,9598 | 0,9682 | 0,9853 | | 0,9911 | 0,9591 | 0,9908 | 0,9908 | 0,9733 | 0,8665 |
| 0,9793 | 0,9811 | 0,9872 | 0,9911 | | 0,9938 | 0,9874 | 0,9874 | 0,9767 | 0,8523 |
| 0,8751 | 0,9014 | 0,9124 | 0,9591 | 0,9938 | | 0,9400 | 0,9400 | 0,9164 | 0,9399 |
| 0,9819 | 0,9824 | 0,9882 | 0,9908 | 0,9874 | 0,9400 | | 1 | 0,9815 | 0,8583 |
| 0,9819 | 0,9824 | 0,9882 | 0,9908 | 0,9874 | 0,9400 | 1 | | 0,9815 | 0,8583 |
| 0,9716 | 0,9855 | 0,9779 | 0,9733 | 0,9767 | 0,9164 | 0,9815 | 0,9815 | | 0,9915 |
| 0,7736 | 0,7993 | 0,7858 | 0,8665 | 0,8523 | 0,9399 | 0,8583 | 0,8583 | 0,9915 | |













Рисунок 3.7 – Коефіцієнти кореляції, обраховані по енергетичних картах

На рисунку 3.7 було побудовано матрицю, аналогічну попередній, де можна зазначити, що в усіх з десяти експериментів максимальний коефіцієнт міри подібності був знайдений між найбільш схожими візуально зображеннями.

Аналіз впливу етапів алгоритму на якість результатів



Порівняння результатів сегментації методами характеристик Лавса і матриць співпадінь

| | Поточкова сегментація | | Фрагментарна сегментація | |
|--|--|---|--|--|
| Вихідне зображення |  |  |  |  |
| Результат сегментації на базі матриць співпадінь |  |  |  |  |
| | Поріг $p = 0.25$. Сформовано 3 класи. Відображено 2 класи | | Поріг $p = 0.25$. Сформовано 3 класи. Відображено 1 клас | |
| Результати сегментації на базі характеристик Лавса |  |  |  |  |
| | Поріг $p = 0.3$. Сформовано 4 класи. Відображено 3 класи | | Поріг $p = 0.3$. Сформовано 3 класи. Відображено 2 класи | |

Висновки

Основна ідея даної роботи полягала в розробці методу сегментації зображення на основі аналізу ознак його фрагментів, який дає змогу досягти високої якості процесу сегментації. З цією метою було проаналізовано велику кількість літературних джерел і вирішено, що для детального опису різних ознак зображення найбільше підходять енергетичні характеристики Лавса. Таким чином, використовуючи їх, було отримано опис кожного пікселя зображення за допомогою вектора з дев'яти значень. Наступним кроком було визначення міри подібності двох зображень – еталонного й сегментованого. Для цього було обрано критерій відхилення середнього значення й кореляційний метод оцінки подібності зображень. Так як кореляційний метод володіє високою точністю, було вирішено оцінювати подібність зображень за двома способами: обраховувати міру подібності між самими зображеннями і обраховувати міру подібності енергетичних карт цих зображень. Аналіз отриманих результатів показав, що для візуально подібних текстурних зображень перехід до енергетичних карт значно підвищує коефіцієнт кореляції і, відповідно, підкреслює текстурні особливості зображень й дає змогу виявити подібність текстур.

З метою коректної оцінки результатів роботи розробленого алгоритму було здійснено порівняння його результатів з методом сегментації на основі матриць співпадінь. З аналізу результатів, отриманих по застосуванню обох методів, було виявлено, що сегментація на основі характеристик Лавса дозволяє виявляти різноманітні типи текстур більш чітко і з більшою швидкістю, оскільки зазвичай час отримання матриць співпадінь перевищує час роботи всього запропонованого алгоритму.

Отже, як бачимо, запропонований метод має переваги у використанні порівняно з іншими й має два варіанти реалізації в залежності від поставлених завдань. Отримані результати роботи алгоритму є підставою вважати дану розробку корисною для використання її на практиці для обробки зображень з ціллю виявлення потрібних сегментів, а також вказують на перспективність її вдосконалення.

Дякую за увагу!