

УДК 004.932

Д. В. Сторожик, студент гр. ПК-91мп, к.т.н., О. В. Муравйов  
КПІ ім. Ігоря Сікорського

## КОМПЛЕКСУВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ, ЯК СПОСІБ ПОКРАЩЕННЯ ЯКОСТІ БІНАРНОЇ СЕГМЕНТАЦІЇ

**Анотація.** Робота присвячена дослідженню можливості застосування комплексування зображень видимої та інфрачервоної областей спектру для підвищення їх якості та інформативності. На основі розробленої програми виконано аналіз методів комплексування знімків з метою визначення доцільності їх використання в подальших процесах обробки зображень. Розглянуто можливі напрямки та перспективи застосування комплексування для виявлення та розпізнавання об'єктів та автоматизованого аналізу зображень у системах неруйнівного контролю.

**Ключові слова:** комп'ютерний зір, бінарна сегментація, комплексування зображень.

### ВСТУП

В наш час людство прагне до якомога більшої автоматизації виробничих процесів з метою отримання більшого прибутку. Однією з найбільш важливих задач на виробництві є контроль якості продукції. Отже, задача зменшення похибок виявлення браку або дефектів у автоматичних системах неруйнівного контролю займає важливе місце в сучасних наукових дослідженнях.

Для автоматизації оптичного неруйнівного контролю сьогодні використовують технологію комп'ютерного зору, яка дозволяє проводити виявлення, відстеження, розпізнавання та класифікацію об'єктів, повністю виключаючи помилку людського фактора. Одним з найпростіших методів, на якому базується комп'ютерний зір, є сегментація – розподіл зображення на області, для яких виконується певний критерій однорідності, наприклад, виділення на зображенні зон приблизно однакової яскравості. Деякими сферами практичного застосування сегментації зображень, наприклад, є: обробка медичних зображень, розпізнавання облич, системи управління дорожнім рухом, неруйнівний контроль та багато інших.

### АНАЛІЗ МЕТОДІВ КОМПЛЕКСУВАННЯ ЗОБРАЖЕНЬ

Один з найпростіших способів аналізу зображення – побудова сегментації за допомогою порога. Поріг – це ознака (властивість), яка допомагає розділити шуканий сигнал на класи. Операція порогового поділу полягає в зіставленні значення яскравості кожного пікселя зображення з заданим значенням порога. Для подальшого дослідження оберемо саме цей критерій.

Комплексування зображень – це процес поєднання інформації про реальну картину, що міститься в двох або більше зображеннях, отриманих в однакових або різних спектральних діапазонах довжин хвиль, в єдине зображення, яке є більш інформативним для візуального сприйняття або підвищує ефективність подальшої комп'ютерної обробки.

У даній роботі досліджено 4 метода комплексування зображень: метод максимуму, усереднення, черезрядкового комплексування та метод черезрядкового комплексування максимумів.

Метод максимуму полягає в заміщенні значення зображення  $F1(x,y)$  значенням зображення  $F2(x,y)$ , коли значення другого більші. Як результат, отримуємо нове зображення  $Z(x,y)$ , в якому знаходяться інформаційні ознаки

зображення  $F1$  та ядро виражені ознаки  $F2$ . Метод максимуму реалізується на основі виразу:

$$Z(x, y) = \max \{F1(x, y), F2(x, y)\} \quad (1)$$

Метод максимуму є одним з найлегших в програмній реалізації серед методів комплексування. Він реалізується лише одним оператором порівняння і результат роботи залежить лише від рівня яскравості зображень.

Результатом методу усереднення  $Z(x, y)$  є зображення, що утворене із середнього арифметичного початкових зображень  $F1(x, y)$ ,  $F2(x, y)$ . Цей спосіб вимагає мінімум обчислювальних витрат і реалізується завдяки виразу:

$$Z(x, y) = \frac{F1(x, y) + F2(x, y)}{2} \quad (2)$$

В результаті комплексування отримуємо зображення із згладженими деталями об'єктів. Контраст картини при цьому суттєво зменшується щодо початкових зображень, але відбувається зменшення рівня шумів.

Метод черезрядкового комплексування можливо застосувати завдяки алгоритму на основі рядкового чергування одного зображення щодо іншого. Цей метод реалізується шляхом складання зображення з чергування непарних і парних рядків  $F1(x, y)$  і  $F2(x, y)$ . Математичний вираз при цьому має вигляд [1]:

$$Z(x, y) = \begin{cases} F1(x, y), & y \in 1, 3, 5, \dots, N \\ F2(x, y), & y \in 2, 4, 6, \dots, N \end{cases} \quad (3)$$

Основним недоліком методу є виражена періодична структура на результуючому зображенні. Вона обумовлена принципом роботи цього методу. Метод черезрядкового комплексування максимумів має той самий принцип роботи, що й метод черезрядкового комплексування, але кожний парний рядок є максимумом двох з обох зображень. Вираз, яким можна описати цей метод:

$$Z(x, y) = \begin{cases} F1(x, y), & y \in 1, 3, 5, \dots, N \\ \max \{F1(x, y), F2(x, y)\}, & y \in 2, 4, 6, \dots, N \end{cases} \quad (4)$$

Принцип створений з поєднання двох методів: максимуму та черезрядкового комплексування, та має переваги і недоліки обох методів.

Критерії якості сегментації, які використовуються в контрольованих методиках оцінки алгоритмів дають кількісну міру відмінності результату роботи алгоритму з еталонною сегментацією, створеною експертом вручну або отриманою автоматично при генерації синтетичного зображення. Ці критерії підходять і для оцінки якості сегментації зображень після комплексування.

Найпростіша міра якості сегментації, яку одразу почали використовувати дослідники – це відсоток неправильно класифікованих пікселів.

Перший варіант застосування запропонованого критерію – процентне відношення неправильно класифікованих пікселів даного  $k$ -го класу до загальної кількості пікселів цього класу на еталонному зображенні:

$$M_1^K = \frac{(\sum_{i=1}^n C_{ik}) - C_{kk}}{\sum_{i=1}^n C_{ik}}, \quad (5)$$

де  $n$  – кількість пікселів;  $C_{kk}$  – кількість правильно класифікованих пікселів  $k$ -го класу;  $\sum_{i=1}^n C_{ik}$  – реальна кількість пікселів  $k$ -го класу.

Другий критерій – це процентне відношення пікселів, помилково зарахованих до даного k-го класу, до загальної кількості пікселів інших класів на еталонному зображенні [2]:

$$M_2^K = \frac{(\sum_{i=1}^n C_{ki}) - C_{kk}}{(\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m C_{ik}) - \sum_{i=1}^n C_{ik}}, \quad (6)$$

де  $m$  – кількість класів;  $\sum_{i=1}^n C_{ki}$  – кількість пікселів, класифікованих k-м класом;  $\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m C_{ik}$  – загальна кількість пікселів на зображенні [2].

В ході виконання дослідження розроблено комп'ютерну програму, реалізовану на мові програмування C# з графічним інтерфейсом (рис. 1).

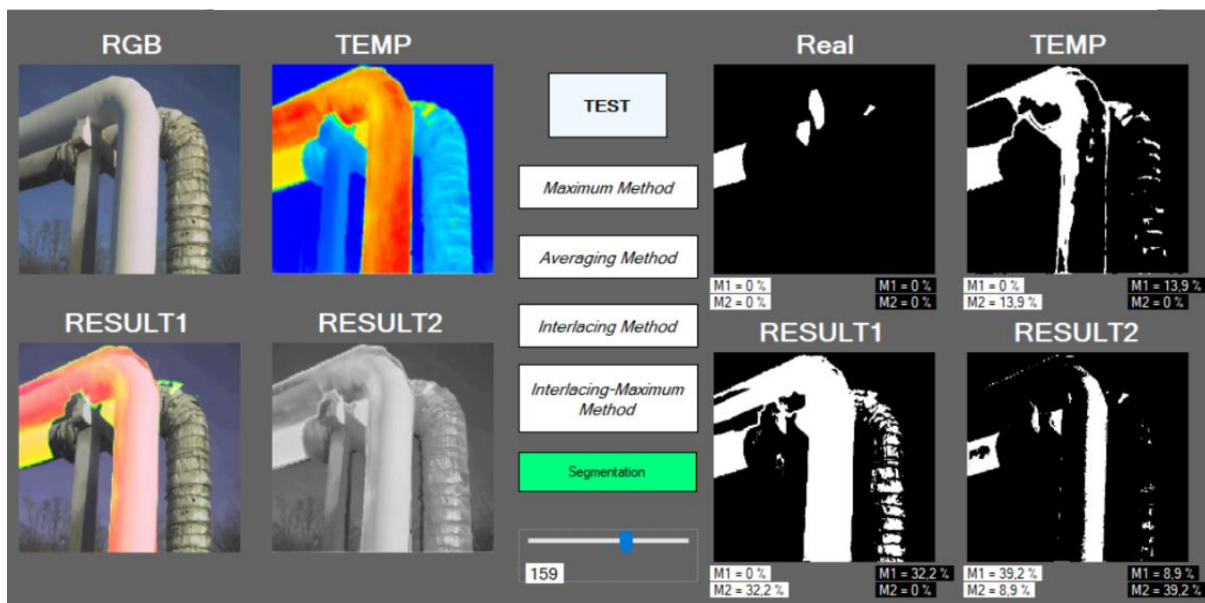


Рисунок 1. Інтерфейс програми комплексування зображень

Для комплексування було обрано фотографії видимого діапазону довжин хвиль спектру (RGB, зліва) та інфрачервоного (TEMP, зліва). Результатом комплексування кольорового зображення є RESULT1, чорно-білого – RESULT2. Кнопка TEST змінює обидва тестових зображення на інше. Назви чотирьох кнопок, при натиску на які відбувається комплексування двох початкових зображень, відповідають методам комплексування. З правого боку відображається результат бінарної сегментації: Real – еталонний зразок для порівняння та налаштування порогу сегментації, реалізованої завдяки повзунку знизу; TEMP – результат сегментації термограми; RESULT1 – результат сегментування комплектованого кольорового зображення; RESULT2 – результат сегментування комплектованого чорно-білого зображення.

Під результатом сегментації розташовані пораховані оцінки сегментації, для еталонного зразка, як видно, вони дорівнюють нулю. Білий та чорний колір оцінок – це відповідно оцінка для класу з білими пікселями та оцінка для класу з чорними пікселями. M1 відповідає першому критерію, M2 – другому.

Результати дослідження містить табл. 1, на основі даних якої можна оцінити ефективність розглянутих методів комплексування зображень.

Таблиця 1. Оцінка якості сегментації комплексованих зображень

<i>Метод комплексування</i>	<i>Перший критерій, M1</i>	<i>Другий критерій, M2</i>	<i>Перший критерій для термограми</i>	<i>Другий критерій для термограми</i>
Максимуму	0,1	17,6	0,1	2
Усереднення	92,8	1,7	0,1	2
Черезрядкового комплексування	49,8	8,8	0,1	2
Черезрядкового комплексування максимумів	49,8	16,7	0,1	2

## **ВИСНОВКИ**

Результати проведеного дослідження показали, що сегментація після комплексування зображень набагато гірша ніж сегментація самої термограми. Отже, можна зробити висновок, що дані методи комплексування не покращують бінарну сегментацію. Але це не означає, що комплексування не має сенсу взагалі, наприклад, опубліковано дослідження, в якому комплексування даних двох каналів дозволяє суттєво підвищити інформативність результуючого зображення, що дозволило збільшити ймовірність виявлення об'єкта до 15% порівняно зі застосуванням класичних методів в умовах наявності завад та шумів [3]. Також комплексування може бути використано для вирішення задач медичної термографії, значно збільшуючи інформативність зображення, що відкриє нові перспективи для автоматизації процесу його аналізу та постановки діагнозу пацієнта, на що і буде спрямована подальша наукова робота.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

- [1] Васильев А.С. Исследование и разработка многоспектральной оптикоэлектронной системы комплексирования информации для обнаружения и мониторинга лесных пожаров: дис. ... канд. техн. наук: 05.11.07 / Васильев Александр Сергеевич; ИТМО. – СПб., 2015. – 164 с.
- [2] Захаров, А.В. Критерии оценки качества сегментации изображений / А.В. Захаров, П.П. Кольцов, Н.В. Котович, А.А. Кравченко, А.С. Куцаев, А.С. Осипов // *Труды НИИСИ РАН, Том 2, 2012. – № 2. – с. 87-99.*
- [3] Мамута М. С. Підвищення ефективності комплексування оптико-електронних систем спостереження: дис. ... канд. техн. наук: 05.11.07 / Мамута Марина Сергіївна; НТУУ «КПІ». – К., 2013. – 151 с.