

DOI: <https://doi.org/10.36910/6775-2524-0560-2022-46-03>

УДК 004.932.4, 004.627, 004.514

Ковівчак Ярослав Васильович, доцент кафедри автоматизованих систем управління

<https://orcid.org/0000-0003-3562-4924>,

Дубук Василь Іванович, доцент кафедри автоматизованих систем управління

<https://orcid.org/0000-0002-6339-1032>,

Мішак Роксолана Олегівна, магістр

Національний університет "Львівська політехніка"

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАСОБУ ДЛЯ СТИСНЕННЯ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ КЛАСТЕРИЗАЦІЇ

Ковівчак Я., Дубук В., Мішак Р. Розробка програмного засобу для стиснення зображень на основі кластеризації. Стаття присвячена розробці програмного засобу для стиснення зображень на основі кластеризації. Приведено загальну класифікацію методів стиснення растрових зображень. Висвітлено основні методи кластеризації даних і їх застосування для зменшення об'єму даних. Проведено аналіз існуючих програмних рішень для стиснення зображень. Розглянуто алгоритм К-Means в задачах стиснення зображення. Побудовано концептуальну модель системи. Розроблено блок-схему алгоритму роботи програмного засобу для стиснення зображень на основі кластеризації. Приведено діаграму прецедентів і діаграму діяльності програмного засобу. Розглянуто діаграму компонентів засобу. Розроблено інтерфейс користувача програмного засобу.

Ключові слова: програмний засіб, стиснення зображень, кластеризація даних, алгоритм К-Means, графічний інтерфейс користувача.

Ковівчак Я., Дубук В., Мішак Р. Разработка программного средства для сжатия изображений на основе кластеризации. Статья посвящена разработке программного средства для сжатия изображений на основе кластеризации. Приведена общая классификация методов сжатия растровых изображений. Представлены основные методы кластеризации данных и их применение для уменьшения объема данных. Проведен анализ существующих программных решений для сжатия изображений. Рассмотрен алгоритм К-Means в задачах сжатия изображения. Построена концептуальная модель системы. Разработана блок-схема алгоритма работы программного средства для сжатия изображения на основе кластеризации. Приведена диаграмма прецедентов и диаграмма деятельности программного средства. Рассмотрена диаграмма компонентов программного средства. Разработан пользовательский интерфейс программного средства.

Ключевые слова: программное средство, сжатие изображений, кластеризация данных, алгоритм К-Means, графический интерфейс пользователя.

Kovivchak Ya., Dubuk V., Mishak R. Development of software tool for image compression based on clustering.

The article is devoted to the development of a software tool for image compression based on clustering. A general classification of raster image compression methods is given. The main methods of data clustering and their application to reduce the amount of data are highlighted. The analysis of existing software solutions for image compression has been carried out. The K-Means algorithm in the problems of image compression is considered. A conceptual model of the system has been built. The block diagram of the algorithm for the operation of a software tool for image compression based on clustering has been developed. A use-case diagram and a diagram of activity of the software tool are given. The diagram of the components of the software is considered. The user interface of the software tool has been developed.

Keywords: software tool, image compression, data clustering, K-Means algorithm, graphical user interface.

Вступ

У багатьох випадках при передачі та зберіганні графічної інформації виникає необхідність у зменшенні розміру файлу зображень, причому не тільки для окремих зображень, але і для груп споріднених зображень. Це можна досягнути шляхом зменшення надлишковості інформації стосовно окремих зображень та їх груп.

З розвитком інформаційних технологій, технічним прогресом у сфері мікроелектроніки, оптики, телекомунікаційних технологій відкриваються нові можливості для отримання, опрацювання та передачі зображень високої якості. На сьогодні, на практиці використовують багато різних пристроїв для отримання, опрацювання та передачі зображень високої роздільної здатності в космічних апаратах дистанційного зондування землі, в літаках, радарях, гідролокаторах, в телебаченні і т.д. Тому актуально залишається задача розробки ефективних засобів зменшення розмірів файлів зображень з мінімально допустимою втратою їх якості.

Методи стиснення растрових зображень умовно можна поділити на дві великі групи

(рис. 1) [1]: стиснення з втратами і без втрат. Методи стиснення зображень без втрат забезпечують більш низький коефіцієнт стиснення, але передбачають відтворення початкових значень пікселів вихідного зображення. Методи стиснення зображень з втратами забезпечують більш високі коефіцієнти стиснення, але не дають змоги відтворити початкове зображення з точністю до пікселя.

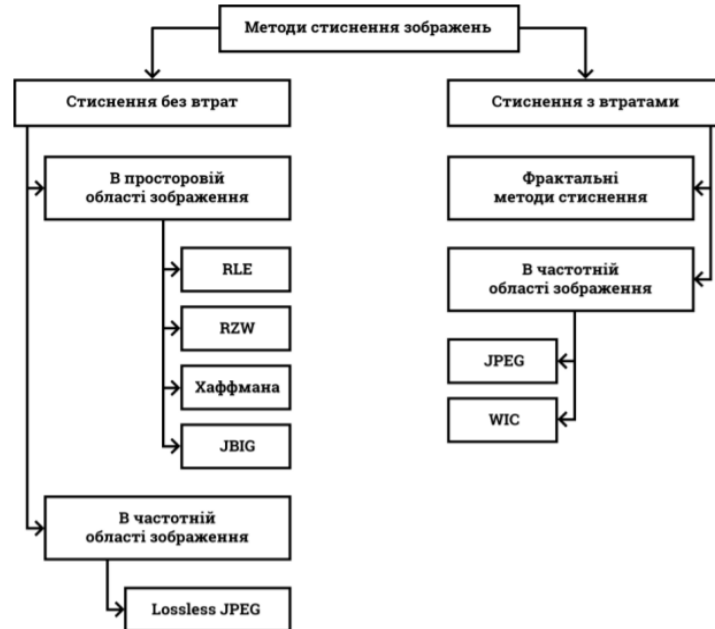


Рисунок 1- Методи стиснення зображень.

Огляд існуючих методів та програмних засобів.

Більшість існуючих методів стиснення зображень передбачає поділ зображення на окремі блоки (кластери) та стиснення отриманих блоків за допомогою відповідних алгоритмів. Тому перспективним та актуальним є не тільки розробка алгоритмів стиснення зображень, а й удосконалення методів оптимальної кластеризації зображень.

На практиці для стиснення зображень використовують різні методи кластеризації. Як відомо, методи кластеризації поділяють на ієрархічні і неієрархічні. Результатом застосування ієрархічних алгоритмів є побудова дерева кластерів, коренем якого є вся вибірка, а листками – окремі кластери.

Значну популярність при розв'язанні задачі кластеризації набули алгоритми, засновані на пошуку оптимального розбиття множини об'єктів на кластери (групи). Такі алгоритми становлять основу неієрархічних методів кластеризації. В залежності від поставленої задачі використовують відповідні методи кластеризації.

Однією з основних проблем кластерного аналізу є визначення оптимальної кількості кластерів. В багатьох алгоритмах неієрархічної кластеризації цей параметр є входним параметром.

Необхідно підкреслити, що результати розбиття початкової вибірки на кластери можуть суттєво відрізнятися між собою в залежності від обраної кількості кластерів і методів кластеризації. Таким чином, вибір кількості кластерів при поділі зображення буде значно впливати як на якість отриманого зображення, так і на розмір його файлу.

В залежності від операційної системи набір найбільш популярних програмних засобів стиснення зображень є різним. Розглянемо основні програмні засоби стиснення зображень для операційної системи Windows. До них можна віднести наступні: jStrip,

OptiPNG, FILEminimizer Pictures, Cesium Image Compressor, Pingo Web Image Optim, OxiPNG та інші.

jStrip [3] - це програмний засіб для стиснення зображень без втрати у форматі JPEG, який видаляє несуттєву інформацію з файлу зображень: ескізи, коментарі, кольорні профілі, додаткові байти на початку або в кінці файлу і різні інші інформаційні біти. Враховуючи це, стиснення файлів зображень за допомогою даного засобу є незначним.

OptiPNG [4] є популярний інструментом для стиснення зображень у форматі PNG без втрати якості. Крім того, даний програмний засіб передбачає виконання певного набору допоміжних функцій, таких як перевірка цілісності, відновлення метаданих і перетворення ріштар у формат PNG. Даний програмний засіб використовує простий і зрозумілий інтерфейс користувача.

FILEminimizer Pictures [5] використовує ефективні алгоритми стиснення зображень. Даний пакет передбачає можливість зміни формату і розміру зображення, а також перекодування файлів JPEG з пониженням якості. Fileminimizer Pictures використовує чотири рівні стиснення. Даний засіб використовує нову технологію пакетної обробки зображень в операційних системах Windows.

Cesium Image Compressor [6] дає змогу стискати зображення до 90% без видимої втрати якості. Даний програмний засіб використовує простий та ефективний інтерфейс з можливістю попереднього перегляду зображень у режимі реального часу та обробкою кількох зображень одночасно.

Pingo Web Image Optim [7] - це експериментальний, швидкий веб-оптимізатор PNG/JPG файлів, який передбачає стиснення без втрат. У ньому реалізовано стиснення зображень на основі рекурсивних багатопроцесорних і багатопотокових систем.

Програмний засіб OxiPNG [8, 9] є багатопотоковим оптимізатором стиснення зображень файлів типу PNG без втрат за допомогою мови програмування Rust [10]. Його можна використовувати як за допомогою інтерфейсу командного рядка або як бібліотеку в інших програмах Rust.

У даній роботі розглянуто розробку програмного засобу стиснення растрових зображень на основі їх кластеризації з використанням алгоритму K-means [2, 11, 12]. Цей метод є найбільш розповсюдженим і найбільш дослідженим серед усіх методів кластеризації. Популярність методу K-means зумовлена його основними перевагами: простотою, гнучкістю, швидкою збіжністю.

K-means використовує алгоритм стиснення зображення з втратами, тому відновити вихідне зображення після його опрацювання неможливо. Чим більший коефіцієнт стиснення, тим більша різниця між вихідним і отриманим зображеннями. При цьому, користувачі самостійно можуть обирати коефіцієнт стиснення для кожного конкретного зображення.

Ідея алгоритму K-means для кластеризації зображень полягає в тому, щоб знайти k -центроїдних пікселів на зображенні. Таким чином, кожен піксель зображення в наборі даних буде належати до деякої k -множин з мінімальною евклідовою відстанню.

У кольорових зображеннях кожен піксель представляється 3 байтами (RGB). При цьому, значення можливих кольорів пікселя може бути в межах від 0 до 255. Відповідно, загальна кількість кольорів, які може відтворити

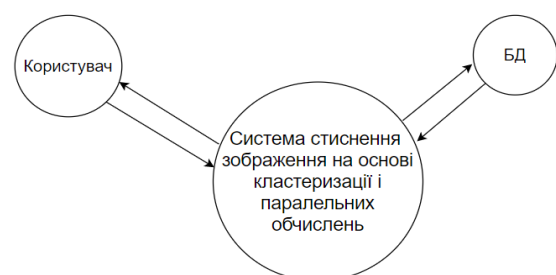


Рисунок 2 - Концептуальна модель програмного засобу.

піксель зображення, становить 16 777 216. При сприйнятті кольору на зображеннях людське око не в змозі розрізнити таку кількість кольорів. Таким чином, використовуючи цю особливість візуального сприйняття людським оком кольорових зображень за допомогою алгоритму кластеризації K-means можна виділити базову множину значень кольорів пікселів для кожного окремого зображення. Близькі значення кольорів пікселя на зображенні відтворюються значеннями кольорів зі сформованого набору значень.

Концептуальна модель програмного засобу. На рис. 2 приведено концептуальну модель програмного засобу. Даний засіб передбачає виконання наступних функцій: вибір зображення, вибір необхідної кількості кластерів квантування кольорів, стиснення зображення на основі кластеризації K-means, відтворення стиснутого зображення, аналіз отриманого зображення.

Розробка компонентів програмного засобу

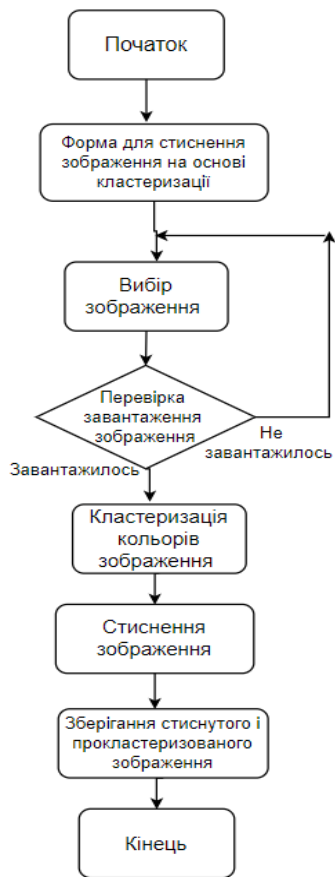


Рисунок 3 - Блок-схема алгоритму.

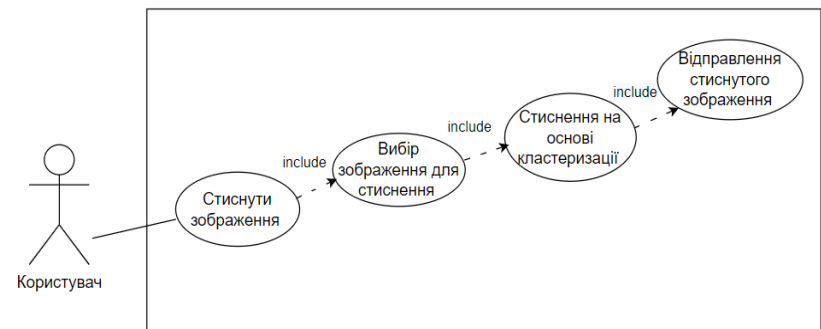


Рисунок 4 – Діаграма прецедентів.

На рисунку 3 приведено блок-схему алгоритму роботи програмного засобу для стиснення зображення на основі кластеризації K-means. Алгоритм передбачає вико-

нання наступних основних дій: відображення форми для стиснення зображення, вибір зображення, кластеризація кольорів пікселів зображення в залежності від кількості кластерів, стиснення зображення, збереження стиснутого кластеризованого зображення.

Під час проектування та розробки програмного засобу для стиснення зображень на основі кластеризації було розроблено діаграму прецедентів та діаграму діяльності. Діаграма прецедентів відображає основний набір прецедентів (функцій) системи та їх послідовність виконання при виконанні запитів користувачів.

На рисунку 4 зображено діаграму прецедентів для програмного засобу стиснення зображення. Суб'єктом є користувач, який взаємодіє з наступним набором основних прецедентів: вибір зображення для стиснення, стиснення на основі кластеризації з попередньою визначеною кількістю кластерів кольору, відправлення стиснутого зображення.



Рисунок 5 – Діаграма діяльності.



Рисунок 6 – Діаграма компонентів системи.

На рис. 5 приведено діаграма діяльності запропонованого додатку стиснення зображення на основі кластеризації. Для того щоб здійснити стиснення зображення необхідно вибрати зображення, задати кількість кластерів для квантування кольору. Після цього відбувається зменшення розміру файлу зображення на основі кластеризації за алгоритмом K-means. Як результат, відбудеться стиснення зображення та його збереження.

Також було розроблено діаграму компонентів для даного програмного засобу. Діаграма компонентів дає змогу визначити архітектуру системи, тобто встановити взаємозв'язок між основними програмними складовими системи.

На рисунку 6 зображена діаграма компонентів системи. Запропонований програмний засіб включає в себе наступні основні компоненти: компонент відображення інтерфейсу користувача; компонента вибору зображення; компонента зображення, яке необхідно опрацювати; компонента задання кількості кластерів; компонента кластеризації; компонента стиснутого зображення; компонента збереження стиснутого зображення.

У результаті виконання роботи було реалізовано компоненти системи та інтерфейс користувача.

На рис. 7 – рис. 9 приведено основні вікна графічного інтерфейсу користувача програмного засобу стиснення зображень на основі кластеризації.

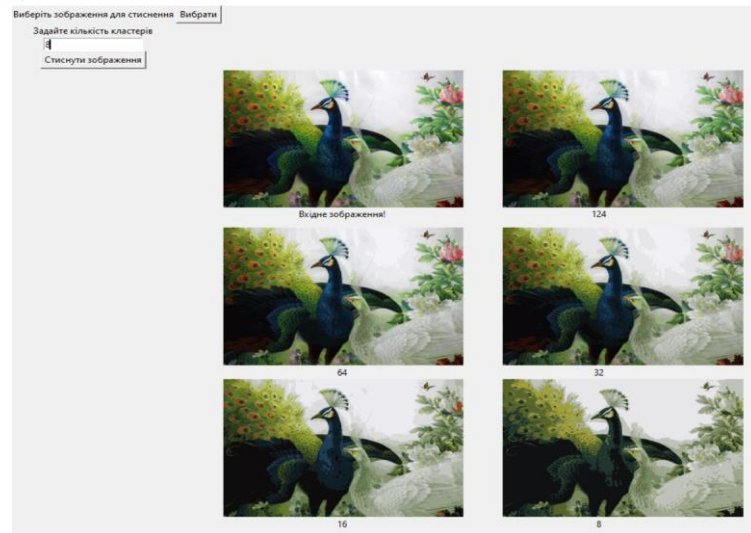


Рисунок 9 – Інтерфейс користувача з 6-ма варіантами стиснутого зображення

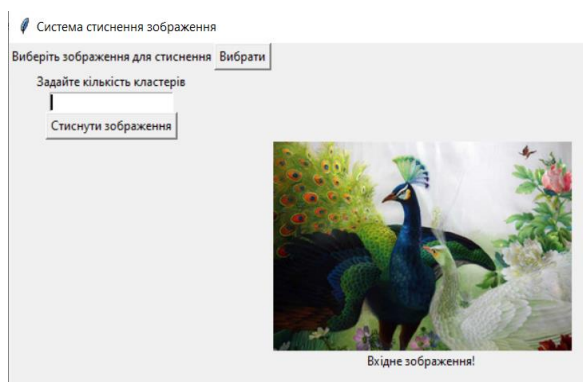


Рисунок 7 – Головне вікно інтерфейсу системи

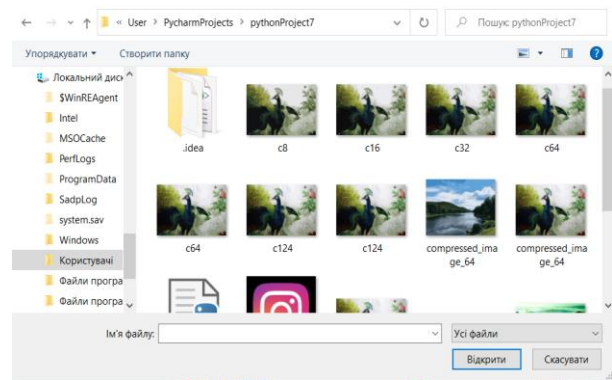


Рисунок 8 – Діалогове вікно для вибору зображення

За допомогою головного вікна інтерфейсу програмного засобу (рис. 7) можна вибрати необхідне зображення для зменшення розміру файлу, у якому після стиснення воно буде збережене. У головному вікні потрібно також задати кількість кластерів, які стануть піксельними-центроїдами для відповідного зображення. Після цього відбувається стиснення зображення. Отримане стиснене зображення можна проглянути та зберегти на вибраному носії пам'яті.

На рисунку 9 показано інтерфейс користувача системи з різними зображеннями, перше з яких є вхідним, а наступні п'ять зображень є отриманими після перетворень. Отримані зображення опрацьовано з визначенням різної кількості кластерів. Зображення, отримані для випадків задання шістнадцяти і восьми кластерів значно погіршилися в якості. При цьому, зображення з використанням сто двадцяти чотирьох і шестидесяти чотирьох кластерів мають відмінну якість, в той час як розмір відповідних файлів суттєво зменшився. Зображення з тридцяти двома кластерами втратило якість не суттєво.

Користувачі програмного засобу мають змогу підібрати необхідну якість стиснутого зображення для кожного окремого випадку. Таким чином, розроблений програмний засіб забезпечує можливість здійснити вибір оптимального співвідношення якості отриманого зображення до розміру його файлу.

Висновок

У результаті виконання роботи було розроблено програмний засіб для стиснення растрових зображень на основі кластеризації за алгоритмом K-means. Запропонований програмний засіб дасть змогу користувачам здійснювати оптимальне стиснення

необхідних зображень у кожному конкретному випадку з урахуванням співвідношення двох основних параметрів – якості отриманого зображення та розміру його файлу. Розроблений програмний засіб може знайти своє використання в системах телекомунікації, архівування даних, в сис-темах безпеки, що використовують опрацювання відеопослідовностей, в системах супутникового дистанційного збору даних.

Список бібліографічного опису.

1. Романюк О.Н. Комп'ютерна графіка: Навч. посібник. – Вінниця, ВНТУ, ФІТКІ, 2021. – [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fitki/8romanyuk_komp_grafika/zmg1/zmg/83.htm – Дата звернення: 15.02.2022 р.
2. Бротиковская Д., Зобнин Д.С., Валуцкая Я.А., Глотов Е.С., Пархоменко П.А., Машонский И.Д., Егоров И., Богомазов Е. Алгоритм k-средних (k-means) [Електронний ресурс] – Режим доступу: [https://algowiki-project.org/ru/%D0%90%D0%BB%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BC_k_%D1%81%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D1%85_\(k-means\)](https://algowiki-project.org/ru/%D0%90%D0%BB%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BC_k_%D1%81%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BD%D0%B8%D1%85_(k-means))

References.

1. jStrip [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.download82.com/download/windows/jstrip/>
2. OptiPNG [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://optipng.sourceforge.net/>
3. FILEminimizer Pictures [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://balesio.com/fileminimizerpictures/eng/index.php>
4. Cesium Image Compressor [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://saerasoft.com/caesium>
5. Pingo: a fast image optimizer for web [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://css-ig.net/pingo>
6. Oxipng [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://github.com/mvasilkov/oxipng#readme>
7. OxipNG and Pngout [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.vox.me.uk/post/2020/08/oxipng-and-pngout/>
8. Rust [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.rust-lang.org/>
9. Piech Ch. K Means [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://stanford.edu/~cpiech/cs221/handouts/kmeans.html>
10. Dabbura I. K-means Clustering: Algorithm, Applications, Evaluation Methods, and Drawbacks [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://towardsdatascience.com/k-means-clustering-algorithm-applications-evaluation-methods-and-drawbacks-aa03e644b48a>