

УДК 004.932

DOI <https://doi.org/10.32689/maup.it.2021.1.6>

Микола РУДНІЧЕНКО

кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій, Державний університет «Одеська Політехніка», просп. Шевченко, 1, м. Одеса, Україна, індекс 65001 (nickolay.rud@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7343-8076>

Володимир ВИЧУЖАНІН

доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інформаційних технологій, Державний університет «Одеська Політехніка», просп. Шевченко, 1, м. Одеса, Україна, індекс 65001 (vint532@yandex.ua)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5244-5808>

Наталія ШИБАЄВА

кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій, Державний університет «Одеська Політехніка», просп. Шевченко, 1, м. Одеса, Україна, індекс 65001 (nati.shibaeva@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7869-9953>

Ігор ПЕТРОВ

доктор технічних наук, професор кафедри морських перевезень національного університету «Одеська морська академія», вул. Дідріхсона, 8, м. Одеса, Україна, індекс 65029 (firmness@list.ru)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8740-6198>

Роман ОГРОДЮК

студент, ПрАТ «ВНЗ «Міжрегіональна Академія управління персоналом», вул. Фрометівська, 2, м. Київ, Україна, індекс 03039 (romaorgodukkk@gmail.com)

ORCID: <https://orcid.org/0000-0041-1799-7678>

Mykola RUDNICHENKO

PhD in Technical Sciences, Associate Professor of Information Technology, Odessa Polytechnic State University, ave. Shevchenko, 1, Odessa, Ukraine, postal code 65001 (nickolay.rud@gmail.com)

Vladimir VYCHUZHANIN

Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Information Technologies, Odessa Polytechnic State University, ave. Shevchenko, 1, Odessa, Ukraine, postal code 65001 (vint532@yandex.ua)

Natalia SHIBAYEVA

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Information Technology, Odessa Polytechnic State University, ave. Shevchenko, 1, Odessa, Ukraine, postal code 65001 (nati.shibaeva@gmail.com)

Igor PETROV

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Maritime Transport of the National University «Odessa Maritime Academy», str. Didrichson, 8, Odessa, Ukraine, postal code 65029 (firmness@list.ru)

Roman OGRODUK

Student, Interregional Academy of Personnel Management, str. Frometivska, 2, Kyiv, Ukraine, postal code 03039 (romaorgodukkk@gmail.com)

Бібліографічний опис статті: Рудніченко М., Вичужанін В., Шibaєва Н., Петров І., Огородюк Р. Програмна розробка системи обробки та фільтрації растрових графічних зображень. *Інформаційні технології та суспільство*. 2021. Вип. 1. С. 51–58. DOI: <https://doi.org/10.32689/maup.it.2021.1.6>

Bibliographic description of the article: Rudnichenko, M., Vychuzhanin, V., Shybaieva, N., Petrov, I., Ohrodiuk, R. (2021). Prohramna rozrobka systemy obrobky ta filtratsii rastrovoykh hrafichnykh zobrazhen [Rast graphic images processing and filtration system software]. *Informatsiini tekhnologii ta suspilstvo – Information technology and society*, 1, 51–58. DOI: <https://doi.org/10.32689/maup.it.2021.1.6>

ПРОГРАМНА РОЗРОБКА СИСТЕМИ ОБРОБКИ ТА ФІЛЬТРАЦІЇ РАСТРОВИХ ГРАФІЧНИХ ЗОБРАЖЕНЬ

Анотація. Враховуючи тенденцію активного зростання обсягів графічного контенту у глобальній мережі Інтернет та у прикладних сферах практичної діяльності різних галузей бізнесу, все більшої актуальності набувають інформаційні системи та сервіси обробки цифрових зображень, зокрема, що підтримують відповідні операції накладення різних типів фільтрів на растрову графіку. **Метою** статті є програмна розробка системи обробки та фільтрації растрових графічних зображень для швидкого редагування файлів контент менеджерів. Реалізація поставленої мети передбачає вирішення низки **завдань**: 1) аналізу особливостей складу та побудови графічних векторних зображень та сучасних графічних редакторів; 2) розробка та реалізація класової структури системи; 3) опис створеного інтерфейсу системи та головних функцій з накладення фільтрів на зображення. **Наукова новизна.** У статті описано можливості інтеграції ряду візуальних перетворень та фільтрації з підтримкою створення ефектів по згортці за допомоги обраної матриці ядра для растрових зображень рівного рівня деталізації та розподільної здатності. Як **висновок**, у статті наголошується, що процеси обробки графічних растрових зображень та додавання до них відповідних фільтрів мають пріоритетне значення для вирішення прикладних завдань контент-менеджерів веб-сайтів чи груп соціальних мереж. Перевагою використання розробленої системи обробки та фільтрації растрових графічних зображень є її висока швидкодія, продуктивність обробки паралельної обробки великої кількості зображень та портативність, завдяки чому систему можуть використовувати різні користувачі без необхідності встановлення додаткових засобів. Розроблена модульна структура системи дозволяє гнучким чином доповнювати чи розширювати її функціонал, зокрема, доступна швидка інтеграція інших алгоритмів фільтрації даних до основної програмної логіки системи.

Ключові слова: обробка графічних зображень, фільтрація растрових зображень

RAST GRAPHIC IMAGES PROCESSING AND FILTRATION SYSTEM SOFTWARE

Abstract. Given the trend of active growth of graphic content on the World Wide Web and in the applied areas of practice of various industries, information systems and digital image processing services are becoming increasingly important, in particular, supporting appropriate operations for applying different types of filters to raster graphics. **The aim** of the article is to software development of a system for processing and filtering raster graphics for quick editing of files by content managers. Realization of the set purpose provides the decision of a number of **problems**: 1) the analysis of features of structure and construction of graphic vector images and modern graphic editors; 2) development and implementation of the class structure of the system; 3) description of the created system interface and the main functions for applying filters to the image. **Scientific novelty.** The article describes the possibilities of integrating a number of visual transformations and filtering with the support of creating convolution effects using the selected kernel matrix for raster images of equal level of detail and resolution. In **conclusion**, the article emphasizes that the processes of processing graphic bitmaps and adding appropriate filters to them are a priority for solving the application tasks of content managers of websites or groups of social networks. The advantages of using the developed system of processing and filtering of raster graphic images are its high speed, productivity of processing of parallel processing of a large number of images and portability, thanks to which the system can be used by different users without the need to install additional tools. The developed modular structure of the system allows to flexibly supplement or expand its functionality, in particular, quick integration of other data filtering algorithms into the basic software logic of the system is available.

Key words: graphic image processing, raster image filtering

Актуальність проблеми. Після появи сучасних кольорових моніторів у світі зросли вимоги до відображення та використання графічної інформації. Сучасний користувач вже не здатний використовувати персональний комп'ютер, що не містить засобів графічного інтерфейсу.

Така інформація активно проникла до нашого буття, наприклад у сфері рекламування товарів чи послуг, публікації фотографії чи відео.

Найбільш затребувані області застосування – це наукова та прикладна сфери бізнесу, а також культурна та мистецька галузі, бо вони значним чином базуються на аналізі комп'ютерних зображень. Активно розвинутий потенціал ПК забезпечує велику базу для капіталовкладень, просування даного напрямку та його досконалості [1].

Слід зазначити, що сьогодні особливо доцільними та цікавими для інвесторів є проекти та компанії, які мають у своєму складі ідеї з розробки систем, які базуються на графічних вподобаннях користувачів, віртуальної реальності та стислого відображення великих даних [2].

Науковий термін комп'ютерна графіка (КГ) полягає у поєднанні процесів створення, зберігання і обробки цифрових моделей графічних об'єктів засобами ЕОМ. Під інтерактивною КГ часто розуміють розділ даної дисципліни, який ґрунтується на вивченні шляхів динамічного управління з боку корис-

тувача змістом та структурою графічного зображення, його властивостями, окремою формою, параметрами розміру засобами інтерактивних механізмів взаємодії [3].

Таким чином дослідження науково-практичного напрямку обробки графічних даних є у сучасних реаліях актуальною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Для комплексного аналізу даної галузі необхідно відзначити особливу рису КГ. Зокрема, графічні зображення можна періодично та поступово деталізувати, що підтримує можливості пошуку нових кольорових схем та їх відтінків. Графічні зображення, що розташовані у пам'яті комп'ютера, завжди являються не повною моделлю фрагменту реального світу, незалежно від типу їх отримання та візуалізації. Їх деталізація можлива тільки з закладеним при створенні ступенем, через що колірна гамма моделі буде не обумовленою заздалегідь [4].

Але, графічні зображення можуть бути відображені пам'яті ЕОМ 2 окремими способами для генерації 2 різних типів зображення: растрові чи векторні. Під растровими методами розуміють перелік способів уявлення зображення у вигляді деякої зведеної сукупності окремих пікселів різних кольорів або їх відповідних відтінків. Завдяки цьому стає можливим представлення графічного зображення, адже це імплементує наші зорові можливості, через тільки таку модель відображення даних користувачам [5]. Перевагою подібного методу є функціональна можливість отримання фотореалістичних графічних зображень, що містять у собі значні можливості деталізації потрібних графічних зображень в різному кольоровому діапазоні. Недоліком цього підходу є те, що досить значний час необхідно отримати заздалегідь передбачений діапазон кольорів з метою зберігання зображення і задіяної оперативної пам'яті для його подальшої обробки хбі.

Прості растрові картини займають невеликий обсяг пам'яті (кілька десятків або сотень кілобайт). Зображення фотографічної якості часто вимагають кілька мегабайт. Растрове зображення після масштабування або обертання може втратити свою привабливість [7].

Для векторної графіки (ВГ) типовим є розбиття графічного зображення на частку графічних примітивів, це можуть бути окремі точки, прями, дуги чи полігони. Завдяки цьому з'являється можливість обробляти не всі точки графічного зображення, а тільки координати та властивості вузлів примітивів (наприклад колір, зв'язок між вузлами та характер їх відносин). Тобто ілюстрація ВГ являє собою деякий набір геометричних примітивів. Однак, слід зазначити, що важливою рисою є те, що об'єкти можуть бути задані незалежно один від одного, що може призводити до перекривання між собою [8].

В процесі зберігання растрових зображень (РЗ), користувачам необхідно обробляти файлами великого розміру. Це зумовлює доцільний аналітичний вибір потрібного формату файлу, яких є доволі багато. При цьому слід враховувати, що файли ВГ підтримують процедури зберігання в собі елементи РЗ. Але, у тому випадку, якщо не виникає викривлення в перенесенні кольорів, зображення може взагалі не містити об'єктів ВГ, тому доцільним є використання пріоритетних растрових форматів [9].

Растровий графічний редактор (РГР) є прикладною програмою, що дозволяє виконувати процедури створення та обробки РЗ. Такі системи знайшли застосування в виробничих процесах художників-ілюстраторів або під час підготовки зображень до проведення друку відповідним способом чи на основі на фотопаперу, завантаження до мережі Інтернет, тощо.

РГР реалізують функціонал малювання, створення та редагування РЗ засобами екрану комп'ютера та миші. РГР підтримують засоби зберігання даних в різних растрових форматах, зокрема дуже популярними на практиці є JPEG та TIFF, перевагою яких є підтримка збереження РГ з невеликим зниженням якості шляхом використання алгоритмів стиснення даних з втратами. Формати PNG і GIF реалізують алгоритми стиснення без втрат, доволі якісним є формат BMP, який підтримує алгоритм стиснення але за замовчуванням є нестисненим форматом зображення [10]. РГР, на відміну від растрових, базуються на матриці крапок для відображення графічних файлів. Але суттєва більшість РГР містять додаткові векторні інструменти модифікації зображень як допоміжні.

РГР формалізує зображення на основі застосування кольорових крапок, що мають назву пікселів, які розташовані на сітці. Зокрема, зображення деревного листа може бути зазначено завдяки розташуванню та кольору точок сітки, що дозволяє створити графічне зображення стилю мозаїки [11].

Метою статті є програмна розробка системи обробки та фільтрації растрових графічних зображень для швидкого редагування файлів контент менеджерами.

Виклад основного матеріалу. В даний час існує велика кількість підходів до проектування та розробки програмних додатків, для чого використовуються різні програмні засоби, середовища розробки, мови програмування фреймворки і бібліотеки.

В результаті проведення аналізу особливостей сучасних засобів розробки в рамках даної роботи здійснено вибір мови програмування C#, середовища розробки MS Visual Studio та бібліотеки AForge.NET, яка призначена для розробників і дослідників в області комп'ютерного зору і штучного інтелекту –

обробки зображень, нейронних мереж, генетичних алгоритмів, нечіткої логіки, машинного навчання, робототехніки.

На головній формі системи використані наступні компоненти забезпечення користувальницького інтерфейсу:

1. ContextMenuStrip – доповнює елемент управління і розширює функціональні можливості ContextMenu; забезпечуючи зручний вибір опцій і зворотню сумісність для використання. Контекстне меню у системи відкривається в положенні покажчика та використовується для забезпечення управління у клієнтській області або елементами керування.

2. MenuStrip – служить для розміщення згрупованих команд. Елемент управління підтримує інтерфейс MDI, злиття меню, спливаючі підказки і переповнення. В рамках системи використовується для створення стандартного меню навігації між формами, що підтримує широкий набір можливостей компонування і призначеного для користувача інтерфейсу, таких як впорядкування і вирівнювання тексту і зображень, операції перетягування, інтерфейс MDI, переповнення і альтернативні режими доступу до пунктів меню, підтримки типового вигляду і поведінки операційної системи, а також для узгодженої обробки подій для всіх контейнерів аналогічно обробці подій для інших елементів управління.

3. ToolStrip – утворює загальну структуру, що об'єднує елементи призначеного для користувача інтерфейсу в панелі інструментів, рядка стану і меню.

4. StatusStrip – використовується у якості області, що відображається в нижній частині вікна, у яку виводяться інформаційні повідомлення та відомості про стан використання системи.

5. Panel – призначений для об'єднання в окремі групи інших елементів управління, зокрема контейнерів та їх складових.

Загалом створено 7 функціональних форм:

1. AboutForm – необхідна для виводу інформації довідки.
 2. FourierDoc – забезпечує обробку даних по фільтру.
 3. HistogramWindow – надає функцію побудови гістограми зображення.
 4. ImageDoc – забезпечує обробку графічного зображення за наданими параметрами.
 5. ImageStatisticsWindow – виконує перегляд статистичних даних та параметрів графічного зображення.
 6. MainForm – надає доступ до основних функцій системи з редагування та обробки графічних зображень.
 7. SelectImageForm – вікно обирання графічного зображення для подальшого виконання обробки.
- Перелік фрагменту основних класів проекту у загальному вигляді наведено на рис. 1.



Рис. 1. Основні класи обробки даних системи

Кожен з класів реалізує підключення відповідних функцій бібліотеки AForge для розробляє мого програмного забезпечення, зокрема це можливості зміни яскравості, фільтрація кольорів, фільтрація частот, морфінг, насиченість, поріг та інші.

Схема викликів основних функціональних класів системи наведена на рис. 2. Головна форма здійснює виклики форм перегляду довідок, формування документів, накладання фільтрів, перегляду статистичних даних по зображенням (за червоним, зеленим на синім кольорами), вибору даних до імпорту у систему та побудови гістограми активного зображення.

Для забезпечення функцій експорту даних використано інтерфейс IDocumentalHost.

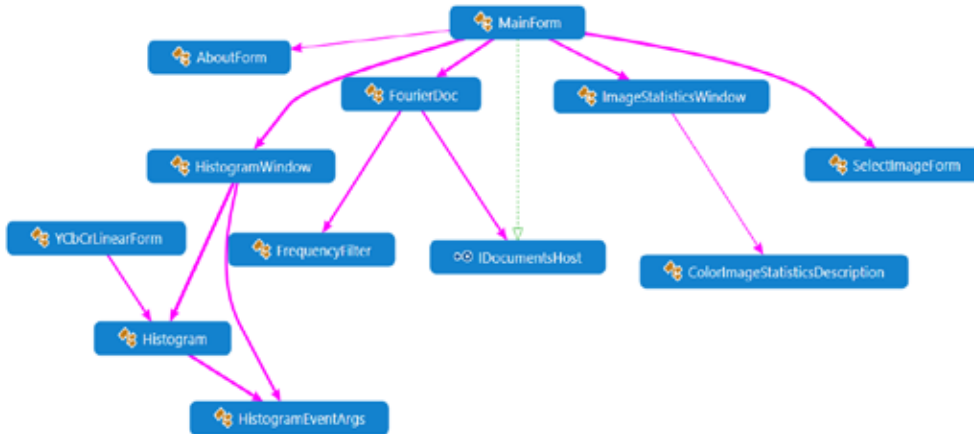


Рис. 2. Схема викликів основних функціональних класів системи

Перелік реалізованих у програмному забезпеченні опцій з кольорової фільтрації графічного зображення у головному меню користувача наведено на рис. 3.

Підтримуються можливості з перетворення кольорового зображення до відтінків сірого, сепії (оригінал стає більш тонованим, в коричневих тонах), інверсії кольорів, витягнення червоного, зеленого чи синього каналів, обертання, та кольорової фільтрації.

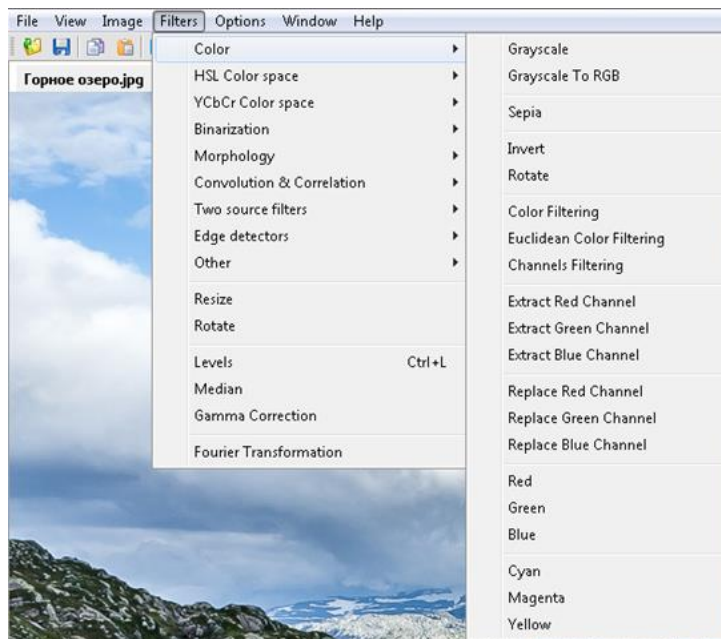


Рис. 3. Перелік реалізованих опцій з кольорової фільтрації графічного зображення

Додатково підтримуються опції з редагування графічного зображення згідно до фільтрів кольорів пурпурного, блакитного та жовтого, що додає відповідні ефекти до зразка.

Приклад інтерфейсу форми з виконання ефектів по згортці за допомоги обраної матриці ядра наведено на рис. 4. Користувач має можливість завдання розмірів ядра, зокрема передбачені опції 3 на 3, 5 на 5, 7 на 7, 9 на 9, 11 на 11, 13 на 13 та 15 на 15.

Збільшуючи розмір матриці досягається більша точність виконуваної операції, яку користувач може обрати у відповідному елементі інтерфейсу – ComboBox.

Для перегляду попереднього результату використовується компонент перегляду зображень PictureBox у групі Preview.

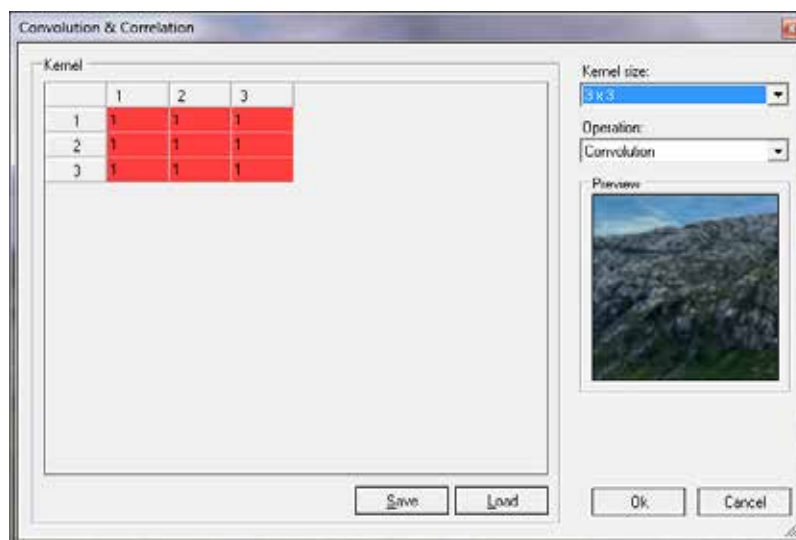


Рис. 4. Приклад інтерфейсу форми системи з виконання ефектів по згортці за допомоги обраної матриці ядра

Також передбачені кнопки завантаження до програми налаштувань (Load) та збереження відповідних користувальницьких дії.

Для підтвердження накладення відповідного ефекту чи його відміни використано кнопки «Ok» та «Cancel».

Приклад зміни рівнів червоного, зеленого та синього кольорів по відповідних каналах наведено на рис. 5.

Користувач системи може обрати відповідний колір, та вести значення вхідного та вихідного рівнів кольору від 0 до 255. Також, для більшої зручності реалізовано можливість прокручення компоненту у вигляді смуги, на базі елемента TrackBar. Попередній перегляд результатів можливий на базі використання компоненту PictureBox, а підтвердження операції зміни рівня чи її скасування відбувається завдяки використанню відповідних кнопок (компонентів типу Button з надписами «Ok» та «Cancel»).

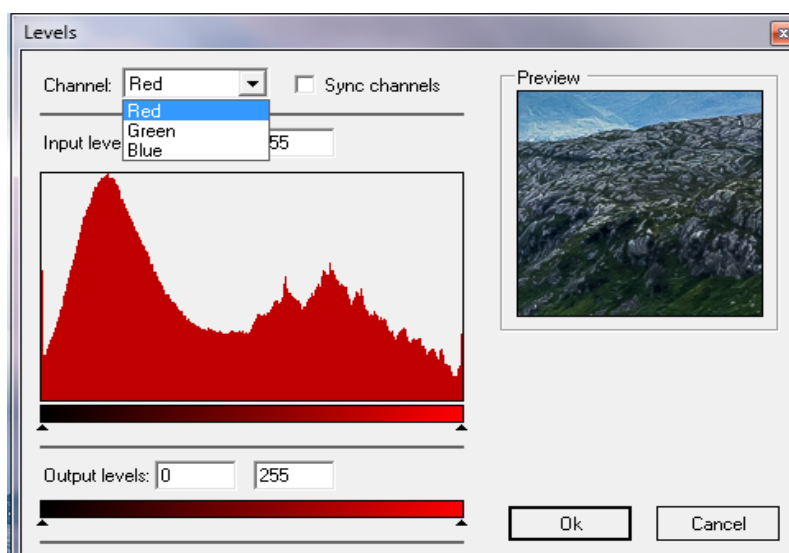


Рис. 5. Приклад зміни рівнів червоного, зеленого та синього кольорів по відповідних каналах

Форма перегляду статистики надає структурований опис ряду показників зображення. Дана форма дозволяє побачити загальні параметри зображення, налаштування червоного, зеленого та синього ко-

льорів з чорним та окремо до нього, насиченість і яскравість з чорним та без нього та інші статистичні дані по зображенню.

Окрім графіку гістограми також виводяться дані по обраному, за допомоги вказівника миші, пікселю.

Виводиться інформація щодо середнього значення, медіани, мінімального та максимального рівнів, процентиллю. Користувач може переглянути рівень масштабу зображення, його роздільність у пікселях, поточні координати вказівника миші по x та y, параметри адитивної колірної моделі (RGB), що описує спосіб синтезу кольору, за якою червоне, зелене та синє світло накладаються разом, змішуючись у різноманітні кольори, параметри колірної моделі (HSL).

Колір визначається трьома характеристиками: кольоровим тоном, насиченістю (частиною чистого кольору, без домішки чорної та білої фарб), яскравістю (близькістю зображення до білого кольору) та параметри сімейства колірних просторів (YCbCr), які використовуються для передачі кольорових зображень. Y – компонента яскравості, Cb і Cr є синьою і червоною компонентами.

Передбачено можливості накладання ефекту розмиття, загострення, завдання користувальницького набору налаштувань згортки, обробки краєвих елементів та виконання обробки перетворення Гауса.

Підтримуються можливості з перетворення кольорового зображення до відтінків сірого, сепії (оригінал стає більш тонованим, в коричневих тонах), інвертації кольорів, витягнення червоного, зеленого чи синього каналів, обертання, та кольорової фільтрації.

Додатково підтримуються опції з редагування графічного зображення згідно до фільтрів кольорів пурпурного, блакитного та жовтого, що додає відповідні ефекти до зразка.

Реалізовано опції з бінаризації графічного зображення, зокрема, у системі підтримується звичайне розмивання та розмивання Байера, алгоритм розмивання Флойда-Стейнберга. Опція зміни порогу (Threshold) перетворює активний шар графічного кольорового чи сірого зображення в чорно-біле зображення, де білий колір представляє всі точки, чії значення потрапили в діапазон порога, а чорний – всі інші точки. Морфологічні операції також можуть бути застосовані до напівтонових зображень таким чином, що їх функції перенесення світла невідомі і тому їх абсолютні значення пікселів не мають значної важливості. Зокрема підтримується можливість дилатації, яка використовує обраний структурний елемент для розширення форм зображення.

Висновки та перспективи подальших досліджень. Розроблена система обробки та фільтрації растрових графічних зображень має відкритий вихідний код, орієнтована на використання під управлінням операційної системи Windows, є швидкою у використанні, займає малу кількість апаратних ресурсів (до 200 мегабайт оперативної пам'яті у режимі обробки великих зображень роздільністю більше 4 000 пікселів), не потребує встановлення додаткових компонентів окрім стандартного.NET Framework та може ефективним чином використовуватися для швидкого редагування файлів контент менеджерами. Подальшим шляхом розвитку системи може бути її наповнення більшим функціоналом з точки зору редагування зображень та їх конвертації.

Список використаних джерел:

1. Симонович С.В. Графічні засоби обробки даних. М. : Наука, 2009. 479 с.
2. Горячев А. Практикум з інформаційних технологій. М. : Лабораторія Базових Знань, 2009. 272 с.
3. Шафрін Ю.А. Технології комп'ютерної графіки. М. : Лабораторія Базових Знань, 2008. 704 с.
4. Мураховський В.І. Комп'ютерна графіка: Популярна енциклопедія. М. : АСТ, 2002. 640 с.
5. Гукасов А. С. All of Photoshop. М. : Ракурс, 2005. 81 с.
6. Мосту В. Комп'ютерна графіка. Енциклопедія. СПб : Пітер, 2013. 768 с.
7. Роджерс Д. Математичні основи машинної графіки. М. : Світ, 2011. – 604 с.
8. Тихомиров Ю. Програмування тривимірної графіки. СПб : ВН – Санкт-Петербург, 2008. 256 с.
9. Стругайло В.В. Обзор методов фильтрации и сегментации цифровых изображений. *Машиностроение и компьютерные технологии*. 2012. № 5. С. 17.
10. Тамьяров А.В., Шестов Р. В. Анализ методов предварительной обработки изображения на основе усредняющих фильтров. *Вестник Волжского университета им. В. Н. Татищева*. 2011. № 18. С. 109–115.
11. Коваль Ю.А., Филиппов М.В. Метод предварительной фильтрации изображений для повышения точности распознавания образов. *Инженерный журнал: наука и инновации*. 2014. № 36. С. 12.

References:

1. Simonovich, S.V. (2009). *Grafichni zasobi obrobki danih* [Graphic data processing tools]. М.: Nauka [in Ukrainian].
2. Gorjachev, A. (2009). *Praktikum z informacijnih tehnologij* [Workshop on information technology]. М.: Laboratorija Bazovih Znan [in Ukrainian].
3. Shafrin, Ju.A. (2008). *Tehnologij komp'juternoї grafiki* [Computer graphics technology]. М.: Laboratorija Bazovih Znan' [in Ukrainian].

4. Murahovs'kij, V.I. (2002). *Komp'juterna grafika: Populjarna enciklopedija* [Computer Graphics: A popular encyclopedia]. M.: AST [in Ukrainian].
5. Gukasov, A.S. (2005). *All of Photoshop*. M.: Rakurs [in Ukrainian].
6. Mostu, V. (2013). *Komp'juterna grafika. Enciklopedija* [Computer graphics. Encyclopedia]. SPb: Piter [in Ukrainian].
7. Rodzhers, D. (2011). *Matematichni osnovi mashinnoi grafiki* [Mathematical foundations of machine graphics]. M.: Svit [in Ukrainian].
8. Tihomirov, Ju. (2008). *Programuvannja trivimirnoi grafiki* [Programming of three-dimensional graphics]. SPb: BH – Sankt-Peterburg [in Ukrainian].
9. Strugajlo, V.V. (2012). Obzor metodov fil'tracii i segmentacii cifrovih izobrazhenij [An overview of digital image filtering and segmentation techniques]. *Mashinostroenie i komp'juternye tehnologii – An overview of digital image filtering and segmentation techniques*, 5, 17 [in Russian].
10. Tam'jarov, A.V., Shestov, R.V. (2011). Analiz metodov predvaritel'noj obrabotki izobrazhenija na osnove usrednjajushhih fil'trov [Analysis of image pretreatment methods based on averaging filters]. *Vestnik Volzhskogo universiteta im. V. N. Tatishheva – Herald of the Volga University*, 18, 109–115 [in Russian].
11. Koval, Ju.A., Filippov, M.V. (2014). Metod predvaritel'noj fil'tracii izobrazhenij dlja povyshenija tochnosti raspoznavanija obrazov [Filippov MV An image pre-filtering method to increase image recognition accuracy]. *Inzhenernyj zhurnal: nauka i innovacii – Engineering Journal: Science and Innovation*, 36, 12 [in Russian].