

РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ОЦЕНКИ И УЛУЧШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Осеян Арег Татулович¹, Овакимян Анна Седраковна²

¹Студент;

Ереванский государственный университет;

Республика Армения, 0025, г. Ереван, ул. Алека Манукяна, 1;

e-mail: areg.oseyan01@gmail.com.

²Кандидат технических наук, доцент;

Ереванский государственный университет;

Республика Армения, 0025, г. Ереван, ул. Алека Манукяна, 1;

e-mail: ahovakimyan@ysu.am.

В работе разработана система обработки изображений, включающая реализацию алгоритмов повышения качества на языке C++. Пользователь может применять различные методы обработки, а также оценивать результат с помощью метрик NIQE и PIQE. Система демонстрирует высокую эффективность и может быть использована в задачах компьютерного зрения и подготовки данных для машинного обучения, в медицине и других областях, где качество изображения имеет решающее значение.

Ключевые слова: обработка изображений, повышение качества изображений, алгоритмы, оценка качества изображений, компьютерное зрение.

Для цитирования:

Осеян А. Т., Овакимян А. С. Разработка универсальной платформы для оценки и улучшения качества цифровых изображений // Системный анализ в науке и образовании: сетевое научное издание. 2025. № 2. С. 58-65. EDN: LRXVXO. URL: <https://sanse.ru/index.php/sanse/article/view/665>.

DEVELOPMENT OF A UNIVERSAL PLATFORM FOR ASSESSING AND IMPROVING THE QUALITY OF DIGITAL IMAGES

Oseyan Areg T.¹, Hovakimyan Anna S.²

¹Student;

Yerevan State University;

1 Alex Manoogian, Yerevan, 0025, Republic of Armenia;

e-mail: areg.oseyan01@gmail.com.

²PhD in Engineering Sciences, associate professor;

Yerevan State University;

1 Alex Manoogian, Yerevan, 0025, Republic of Armenia;

e-mail: ahovakimyan@ysu.am.

This paper presents an image processing system with implemented quality enhancement algorithms in C++. Users can apply various transformations and assess the results using NIQE and PIQE metrics. The system demonstrates high efficiency and can be applied in computer vision tasks and in preparing datasets for machine learning, medicine, and other fields where image quality is of critical importance.

Keywords: image processing, image quality enhancement, algorithms, image quality assessment, computer vision.



Статья находится в открытом доступе и распространяется в соответствии с лицензией Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (CC BY 4.0) <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>

For citation:

Oseyan A. T., Novakimyan A. S. Development of a universal platform for assessing and improving the quality of digital images. *System analysis in science and education*, 2025;(2):58-65 (in Russ). EDN: LRXXO. Available from: <https://sanse.ru/index.php/sanse/article/view/665>.

Введение

Современные технологии обработки изображений играют ключевую роль в самых разных областях науки и техники – от медицины и робототехники до систем видеонаблюдения и автономных транспортных средств. Качество изображения напрямую влияет на точность анализа, принятие решений и эффективность функционирования интеллектуальных систем. Поэтому разработка универсальных, адаптивных и удобных в использовании систем обработки изображений остаётся одной из приоритетных задач в области прикладной информатики и компьютерного зрения.

В рамках данной работы спроектирована и реализована программная система, предназначенная для обработки и улучшения цифровых изображений. В состав системы входят средства для применения различных алгоритмов коррекции, оценки качества полученных результатов, а также визуализации изменений. Основной акцент сделан на реализацию эффективных методов повышения контрастности и адаптации изображения под особенности человеческого восприятия, что делает систему полезной как для исследователей, так и для прикладных задач машинного обучения.

1. Структура программного комплекса

Система состоит из трёх блоков. Первый блок предназначен для загрузки изображения, сохранения результата обработки и оценки качества изображения. Второй блок предназначен для отображения информации об изображении: название изображения, его размеры и адрес хранения. В третьем блоке представлены действия и алгоритмы обработки изображения. Пользователь выбирает подходящий алгоритм или преобразование, а затем использует инструмент *Apply*, чтобы применить их к изображению. Результат обработки отображается на экране. С помощью инструмента *Save results* пользователь сохраняет обработанное изображение.

Структура программного комплекса представлена на рис. 1.

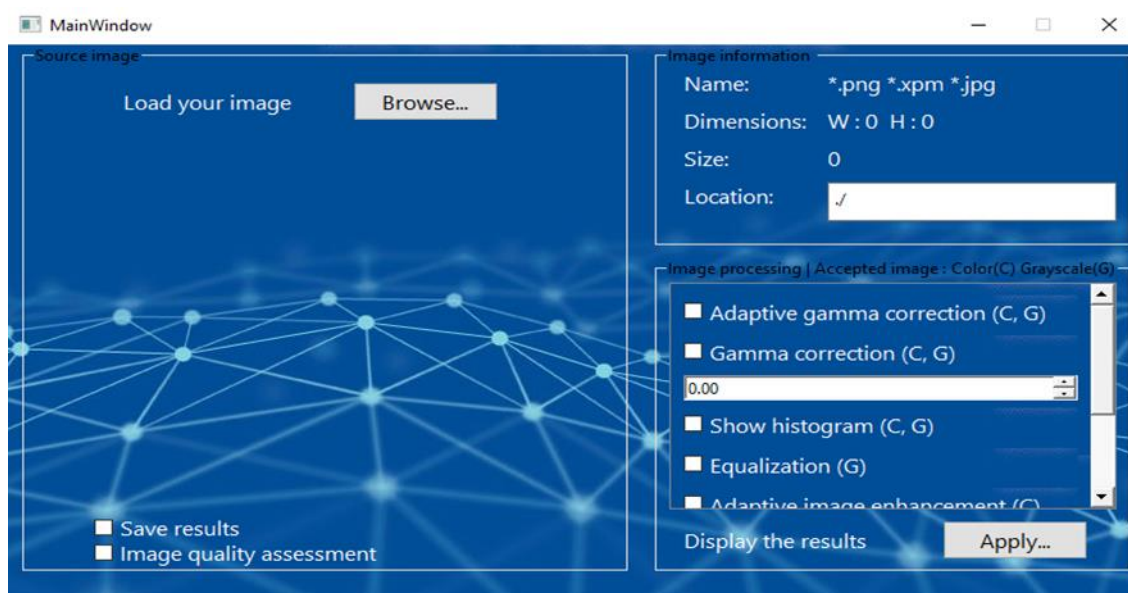


Рис. 1. Интерфейс системы оценки качества и обработки изображения

Инструмент Image quality assessment оценки качества изображения отображает оценки качества исходного и обработанного изображения, полученные с использованием различных метрик. Пользователю также предоставляется определенная информация о метриках (рис. 2). В системе

использованы метрики *NIQE* (*Naturalness Image Quality Evaluator*) и *PIQE* (*Perception Based Image Quality Evaluator*).

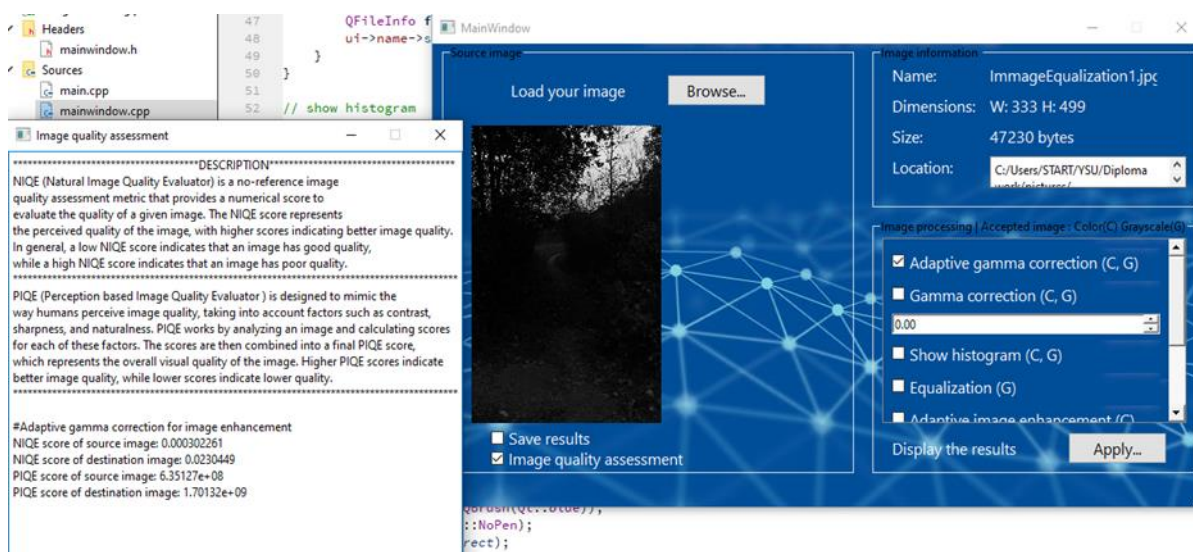


Рис. 2. Image quality assessment

2. Реализация алгоритмов обработки изображений

В работе на языке программирования C++ реализован ряд алгоритмов обработки изображений. Результаты выполнения алгоритмов представлены на рис. 3 – 10.

2.1. Адаптивная гамма-коррекция (AGC)

Адаптивная гамма-коррекция (AGC) – эффективный метод повышения контрастности цифровых изображений (рис. 3). Этот метод основан на статистических характеристиках пикселей изображения, что позволяет задавать динамические параметры для достижения оптимальных результатов повышения контрастности. Вначале алгоритм анализирует изображение, чтобы определить его класс на основе статистических характеристик – среднего значения пикселя и значения дисперсии.

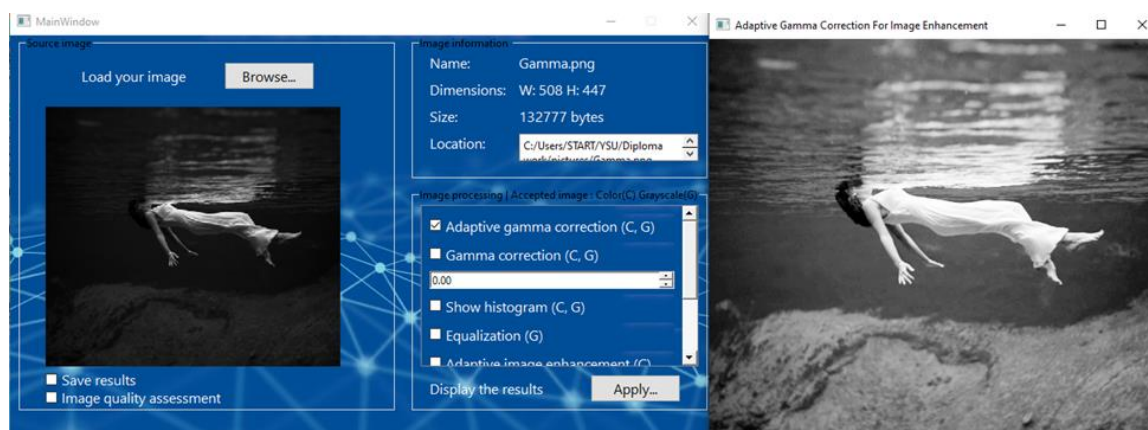


Рис. 3. Адаптивный гамма-метод

Метод AGC адаптирует гамма-характеристику изображения к статистическим характеристикам изображения. Значение гаммы изменяется на основе следующей формулы:

$$I' = \alpha I^\gamma,$$

где I – входное изображение, I' – выходное изображение, α – масштабный коэффициент, определяемый по статистическим характеристикам изображения. Значение параметра γ вычисляется по формуле

$$\gamma = \frac{\log_2 \bar{I}_s}{\log_2 \bar{I}_s - \log_2 \sigma_s}$$

где \bar{I}_s и σ_s среднее значение и стандартное отклонение значений пикселей изображений определенного класса. Коэффициент α вычисляется по формуле

$$\alpha = \frac{255}{I_s^\gamma}$$

Сравнительный анализ показывает, что метод *AGC* превосходит другие методы, обеспечивая лучшее усиление контрастности для различных типов изображений. Метод *AGC* имеет большое значение для различных приложений, в том числе для анализа и синтеза спутниковых изображений, биологических тканей, где усиление контрастности необходимо для точного анализа и интерпретации. Вычислительная эффективность метода и его пригодность для разных типов изображений делают его ценным инструментом для исследователей.

2.2. Гамма-коррекция

Гамма-коррекция — это метод, используемый для регулировки яркости и контрастности изображений и видео путем изменения соотношения между интенсивностью значения пикселя и его воспринимаемой яркостью. Параметр γ обычно принимает значение из диапазона [1.0, 2.5], которое определяет величину коррекции, применяемой к изображению. Большое значение γ приводит к более яркому, низкоконтрастному изображению, тогда как маленькое значение γ создает темное, высококонтрастное изображение (рис. 4).



Рис. 4. Результат работы гамма метода при различных значениях параметра γ

2.3. Гистограмма изображения

Гистограмма изображения — это графическое представление распределения интенсивности пикселей изображения (рис. 5), где по оси X откладывается уровень интенсивности пикселя от 0 (черный) до 255 (белый), а по оси Y — частота встречаемости пикселя данного уровня интенсивности.

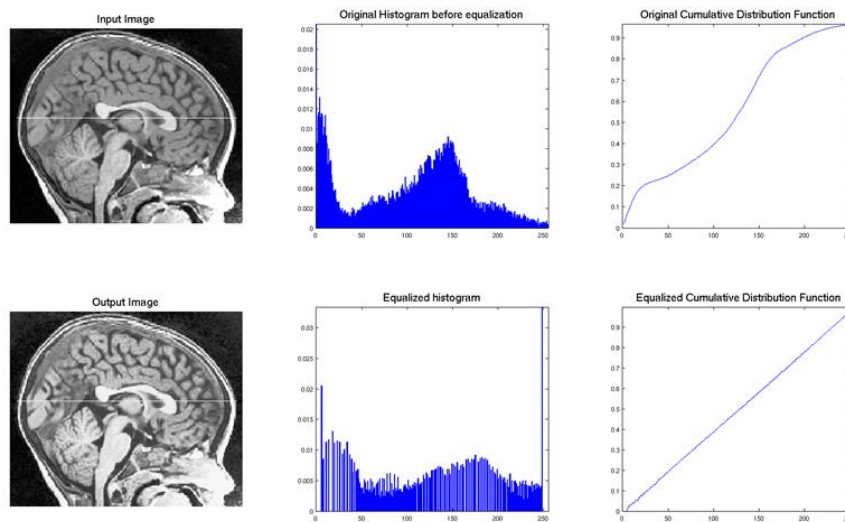


Рис. 5. Гистограммное представление изображения

Используя гистограмму, можно получить представление о яркости и контрастности изображения, а также о диапазоне доступных цветов. Например, если изображение плохо освещено, большая часть значений гистограммы будет сосредоточена в левой части графика, тогда как для яркого изображения имеет место обратное. Сглаживание гистограммы – это метод, используемый при обработке изображений для улучшения контрастности изображения. Он действует путем перераспределения значений пикселей в изображении, чтобы они были более равномерно распределены по диапазону доступных значений. Это может быть особенно полезно в ситуациях, когда изображение имеет низкую контрастность, что скрывает много деталей на изображении (рис. 6).



Рис. 6. Equalization darkened image

2.4. Адаптивное улучшение изображения (AIE)

Алгоритм адаптивного улучшения изображения (*Adaptive Image Enhancement – AIE*) основан на методе коррекции цветного изображения с использованием нелинейных функциональных преобразований. Сначала исходное *RGB*-изображение преобразуется в цветовое пространство *HSV* с использованием функции Гаусса. Затем на основе закона Вебера-Фехнера строится функция коррекции и получаются два изображения путем адаптивной настройки параметров функции улучшения изображения. Формулируется стратегия объединения изображений, которая используется для извлечения деталей из двух изображений (рис. 7).

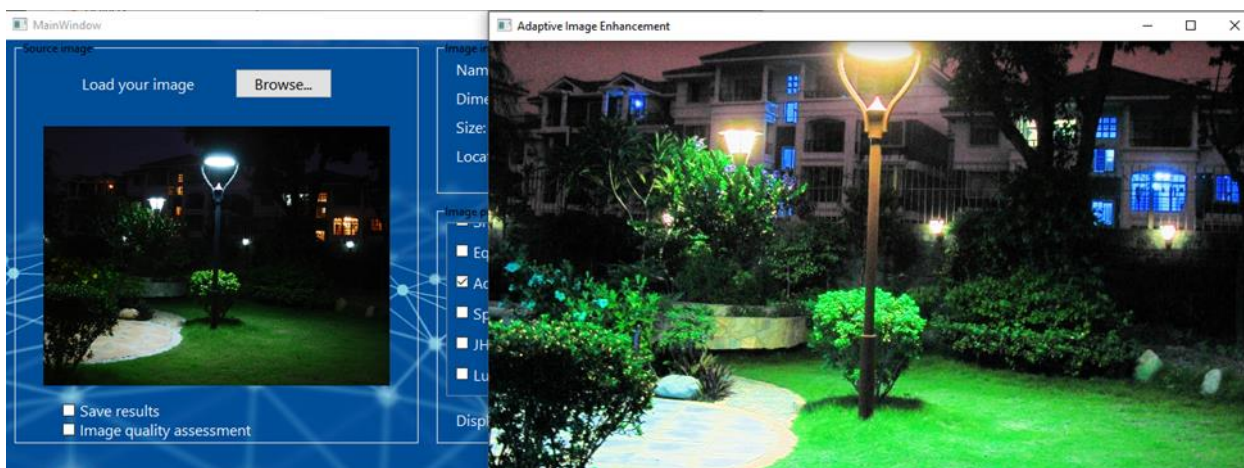


Рис. 7. Adaptive image enhancement

2.5. Совместное выравнивание гистограммы (JHE)

Алгоритм *JHE* (*A novel joint histogram equalization based image contrast enhancement*) фокусируется на использовании информации о каждом пикселе и его соседях. Метод использует исходное изображение и его усредненное изображение и строит совместную гистограмму. Эксперимент показывает, что эта процедура дает лучшие результаты, чем существующие алгоритмы повышения контрастности на основе *HE* (рис. 8).



Рис. 8. Результат работы метода *JHE* joint histogram equalization

2.6. Метод Retinex

Теория *Retinex* основана на принципах зрительного восприятия человека и является еще одним важным методом улучшения изображения. Она разлагает изображение на компоненты с помощью функции сглаживания по Гауссу (рис. 9).



Рис. 9. Результат Retinex-based метода

Retinex-Based метод, используя адаптацию освещения, способен подстроить изображение под яркостную чувствительность человеческого глаза. Этот метод сочетает в себе многомасштабный *Retinex* и адаптивную гамма-коррекцию. Метод сначала преобразует входное изображение в цветовое пространство *HSV*, получает слой яркости с помощью адаптивного фильтра Гаусса на канале яркости *V*, а затем удаляет эффект яркости (рис. 10).

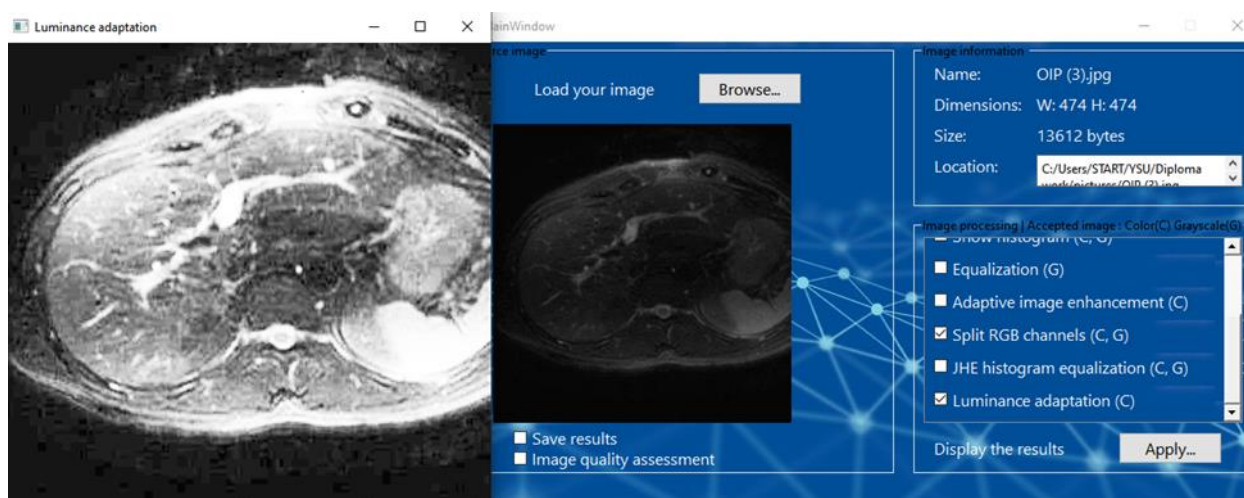


Рис. 10. Результат выполнения Retinex-based метода

Заметим, что некоторые алгоритмы работают не только с черно-белыми, но и с цветными изображениями. Эта информация указана рядом с названием алгоритма.

3. Возможности применения системы

Разработанная система может служить платформой как для автономной обработки изображений, так и для подготовки обучающих и тестовых данных для разных моделей машинного обучения, работающих с изображениями. Сочетание разных технологий в единой системе имеет огромный потенциал для широкого спектра прикладных областей, таких как медицина, робототехника, безопасность и наблюдение, компьютерное зрение. Совместное использование разных технологий открывает путь для дальнейших исследований и разработок в области компьютерных наук.

Заключение

Разработанная система обработки изображений объединяет эффективные алгоритмы повышения качества и удобный пользовательский интерфейс. Реализованные методы, такие как адаптивная гамма-коррекция, Retinex и сглаживание гистограммы, позволяют улучшать изображения различного типа и сложности. Система демонстрирует высокую универсальность и может быть использована в таких критически важных областях, как медицина, машинное обучение и системы наблюдения. Работа открывает возможности для дальнейшего развития и интеграции новых алгоритмов обработки изображений и технологий анализа качества.

Список источников

1. Gonzalez R. C. Woods, Digital Image Processing / R. C. Gonzalez, R. E. Woods. – 4th edition. – Pearson India, 2019.
2. Elgendy M. Deep Learning for Vision Systems / M. Elgendy. – 1st edition. – Manning, 2020. – 480 с.
3. Solem J. E. Programming Computer Vision with Python / J. E. Solem. – 1st edition. – O'Reilly Media, 2012.
4. Arici, T., Dikbas, S., Altunbasak, Y. A histogram modification framework and its application for image contrast enhancement // IEEE Transactions on Image Processing. – 2009. – Т. 18, №. 9. – С. 1921–1935. – DOI: 10.1109/TIP.2009.2021548.
5. niqe - Naturalness Image Quality Evaluator (NIQE) no-reference image quality score // [MATLAB] Help Center. – The MathWorks, Inc., 1994-2025. – URL: <https://www.mathworks.com/help/images/ref/niqe.html>.
6. piqe - Perception based Image Quality Evaluator (PIQE) no-reference image quality score // [MATLAB] Help Center. – The MathWorks, Inc., 1994-2025. – URL: <https://www.mathworks.com/help/images/ref/piqe.html>.