

АНАЛИЗ ФУНКЦИЙ, РЕАЛИЗУЮЩИХ КОРРЕЛЯЦИОННУЮ ОБРАБОТКУ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ, ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ КРИМИНАЛИСТИКИ

Белорусский государственный университет. Минск, Республика Беларусь. KozlovVL@bsu.by

Проведен анализ возможностей и областей применения функций, реализующих корреляционную обработку цифровых оптических изображений, для измерения расстояний и размерных параметров объектов в зависимости от отношения сигнал/шум на исследуемых изображениях в различных спектральных диапазонах.

Корреляционное распознавание изображений является одним из наиболее широко применяемых и перспективных инструментов для поиска, идентификации, локализации и слежения за объектами относительно сложных форм. Корреляционные методы нашли широкое применение при обнаружении и распознавании изображений в системах навигации, слежения, промышленных роботах, в системах автоматической медицинской диагностики, и т.п. [1,2]. Для определения меры сходства можно выбирать специфические методики, которые определяются видом используемой корреляционной функции. Был проведен анализ возможностей и областей применения различных функций, реализующих корреляционную обработку цифровых оптических изображений, для решения задачи измерения расстояний и размерных параметров объектов при проведении криминалистических исследований.

Были рассмотрены следующие функции, реализующие корреляционный анализ:

1. Нормированная кросскорреляционная функция (англ. – Normalized cross-correlation, NCC) хорошо показывает себя при перепадах яркости и смещении цвета на фрагментах поиска и определяется выражением:

$$K(d) = \frac{\sum_{u,v} (I_1(u,v) - \bar{I}_1) \cdot (I_2(u+d,v) - \bar{I}_2)}{\sqrt{\sum_{u,v} (I_1(u,v) - \bar{I}_1)^2 \cdot (I_2(u+d,v) - \bar{I}_2)^2}},$$

где I_1, I_2 – интенсивность точек первого и второго изображения соответственно; \bar{I}_1, \bar{I}_2 – средняя интенсивность точек первого и второго изображений внутри окон сканирования.

2. Сумма квадратов разностей (англ. – Sum of Squared Differences, SSD), более простая, с математической точки зрения, функция:

$$K(d) = \sum_{u,v} (I_1(u,v) - I_2(u+d,v))^2.$$

3. Нормированная сумма квадратов разностей (англ. – Normalized Sum of Squared Differences, NSSD), вычисляется в соответствии с выражением:

$$K(d) = \sum_{u,v} \left(\frac{I_1(u,v) - \bar{I}_1}{\sum_{u,v} (I_1(u,v) - \bar{I}_1)^2} - \frac{I_2(u+d,v) - \bar{I}_2}{\sum_{u,v} (I_2(u+d,v) - \bar{I}_2)^2} \right)^2.$$

4. Сумма абсолютных значений разностей (англ. – Sum of Absolute Differences, SAD), аналог SSD, часто используется для снижения вычислительных затрат и определяется выражением:

$$K(d) = \sum_{u,v} |I_1(u,v) - I_2(u+d,v)|$$

Для реализации системы корреляционной обработки изображений было разработано программное приложение на языке программирования java, интерфейс которого имеет два синхронизированных рабочих окна, предназначенные для ввода исследуемого стереоизображения. Интерфейс приложения обеспечивает выполнение следующих пользовательских функции: изменение размера изображений с помощью слайдера и колесика мыши, выбор ви-

да корреляционной функции (КФ); определение спектрального диапазона анализа. Выбор цветового канала позволяет получать точное значение КФ отдельно в красном, зеленом, синем участках спектра, а также в их суммарном диапазоне. Для корреляционного анализа выбранных изображений нужно вручную выделить исследуемую область в левом окне. Производство непосредственно корреляционного анализа параметров изображений обеспечивает активацией кнопки «Compare» путем вычисления значения двумерной КФ между выделенными фрагментами изображений, отражающего степень совпадения изображений в соответствии с заданным выражением. Анализ изображения осуществляется в двумерном пространстве (как по оси x , так и по оси y). График зависимости значения КФ от координат между рабочими окнами в пикселях представлен в нижнем окне интерфейса. В результате анализа выводится максимальное (или минимальное) значение корреляционной функции с указанием координат точки совпадения и разности координат между положением рассматриваемой области на первом и втором снимках.

Были проведены исследования зависимости значения КФ от отношения сигнал/шум на изображениях. Результаты исследования для функции NCC, SSD и NSSD представлены на рисунке 1.

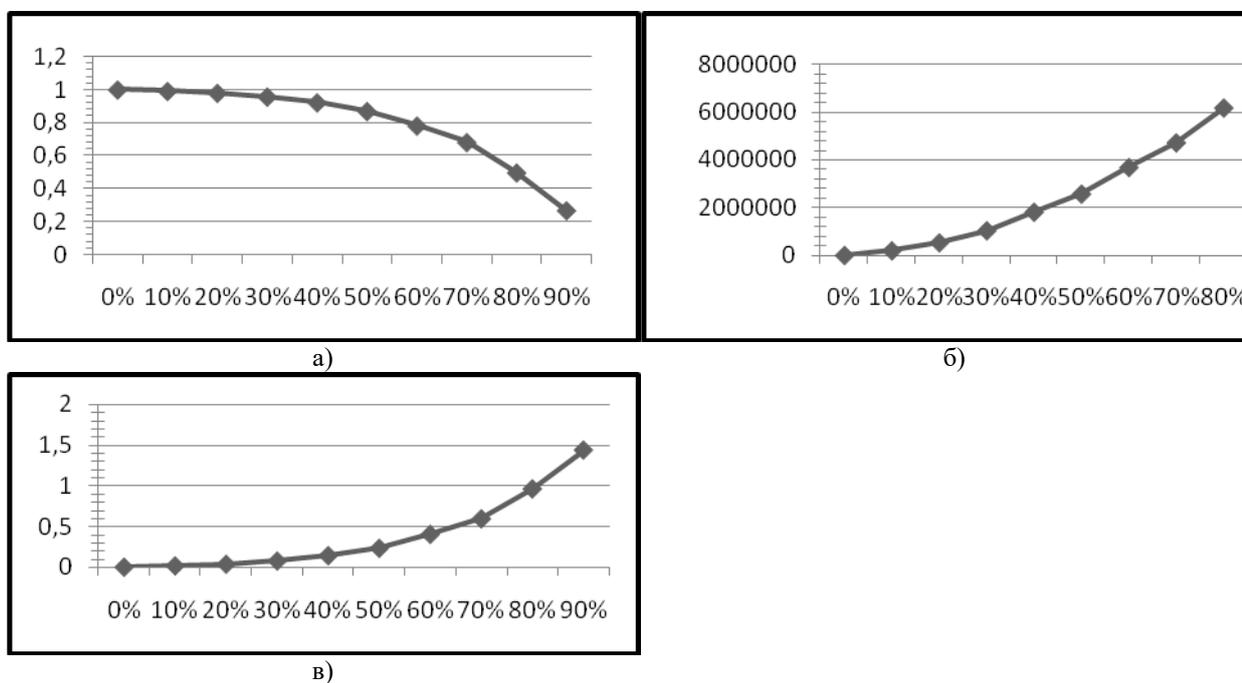


Рисунок 1 – Зависимости значения КФ от отношения сигнал/шум на изображении

Из графиков видно, что для функции NCC даже при отношении сигнал/шум (c/μ) = 1 (50% шума), значение КФ является близким к 0,9, а при отношении (c/μ) = 0,11 (90% шума) составляет 0,3 (рис. 1а). При этом система во всех случаях правильно определяет координаты анализируемого объекта на зашумленном изображении. Результаты исследования для функции SSD представлены на рис. 1б. Из графиков видно, что с уменьшением отношения сигнал/шум значение КФ ухудшается значительно быстрее. При отношении сигнал/шум $\leq 0,3$ объект не распознается на зашумленном изображении. Результаты исследования для функции NSSD представлены на рис. 1в. Из графиков следует, что с уменьшением отношения сигнал/шум значение КФ ухудшается значительно быстрее, чем для функции NCC. При этом система во всех случаях правильно определяет координаты анализируемого объекта на зашумленном изображении.

Также были проведены исследования зависимости значения КФ для различных спектральных диапазонов. Результаты для функций NCC, SSD, NSSD представлены на рисунках 2а, 2б, 2в, соответственно. Из графиков видно, что для функций NCC и NSSD лучшие результаты представлены для суммарного диапазона, и для всех трех функций верно, что зна-

чения для красного, зеленого и синего диапазонов спектра находятся в линейной зависимости.

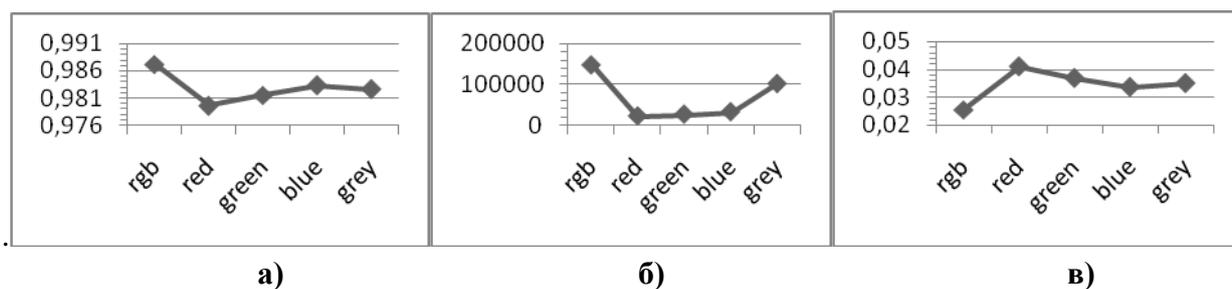


Рисунок 2 – Зависимости значения КФ для различных спектральных диапазонов

Была исследована зависимость значения корреляционной функции NCC от яркости и контрастности изображения. При изменении яркости на 50% значение корреляционной функции изменяется незначительно (в пределах 0,02), но при изменении яркости на 80% и более выделенная область не распознается на исследуемом изображении. При изменении контрастности на 50% значение корреляционной функции изменяется незначительно (в пределах 0,003), а при изменении контрастности больше чем на 80% выделенная область не распознается на исследуемом изображении.

Были рассмотрены возможности использования разработанной системы корреляционной обработки изображений для решения задач криминалистики. Получено, что при анализе стереоизображений система позволяет измерять размерные параметры объектов исследований:

- измерять высоты неровностей профиля и линейных характеристик микроследов на объектах исследования криминалистических экспертиз
- измерять параметры места ДТП (расстояния между автомобилями, расстояния до объектов на дороге, длина тормозного пути и т.д.);
- измерять размерные параметры (расстояния до объектов, расстояния между объектами, размеры объектов) места происшествия;
- измерять размеры следа, включая глубину, его форму и т.п. с высокой точностью.

Таким образом, было разработано программное приложения для корреляционной обработки оптических изображений на языке программирования java, позволяющее проанализировать возможности применения различных функций, реализующих корреляционную обработку цифровых оптических изображений, для решения задачи измерения расстояний и размерных параметров объектов при проведении криминалистических исследований. Получено, что наилучшими параметрами для использования в измерителях расстояний на основе корреляционного анализа стереоизображения обладают функции NCC и NSSD, которые обеспечивают правильное обнаружения объекта вплоть до отношения сигнал/шум $\sim 1/10$. Однако при этом для функции NSSD с уменьшением отношения сигнал/шум значение КФ уменьшается значительно быстрее, что делает функцию NCC более предпочтительной для использования в измерителях расстояний.

Список литературы

1. Грузман, И.С. Цифровая обработка изображений в информационных системах/ И.С. Грузман и др. Новосибирск: НГТУ, 2000. 168 с.
2. Абламейко, С.В. Обработка изображений: технологии, методы, применение/ С.В. Абламейко, Д.М.Лагуновский – Минск: Амалфея, 2000. 304 с.