

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

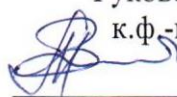
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Радиофизический факультет

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ В ГЭК

Руководитель ООП

к.ф.-м.н., доцент



В.А. Мещеряков

«29» января 2022 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

**ОБРАБОТКА ГРАФИЧЕСКИХ И ВИДЕО ИЗОБРАЖЕНИЙ В LABVIEW С
ВОЗМОЖНОСТЬЮ УДАЛЕННОГО ДОСТУПА К ВИРТУАЛЬНЫМ ПРИБОРАМ**

по основной образовательной программе подготовки специалиста
по специальности 11.05.01 «Радиоэлектронные системы и комплексы»

Бочаров Кирилл Александрович

Руководитель ВКР

кандидат физ.-мат. наук, доцент



А.А. Жуков

« 18 » января 2022 г.

Автор работы

студент группы № 768



К.А. Бочаров

Томск-2022

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

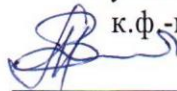
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Радиофизический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ООП

к.ф.-м.н., доцент



В.А. Мешеряков

« 13 » сентября 2021 г.

ЗАДАНИЕ

на подготовку ВКР специалиста
студенту Бочарову Кириллу Александровичу группы № 768

1. Тема ВКР: Обработка графических и видео изображений в LabVIEW с возможностью удаленного доступа к виртуальным приборам.
2. Срок сдачи студентом выполненной ВКР:
 - а) на кафедре 19.01.2022,
 - б) в ГЭК 01.02.2022.
3. Краткое содержание работы:

Задание ориентировано на разработку электронного ресурса в системе Moodle по обработке и анализу видео и графических изображений в системе LabVIEW. Задание включает: обзор современных публикаций по теме работы, изучение способов обработки и анализа видео и графических изображений в системе LabVIEW, подготовку лабораторных работ по обработке изображений в LabVIEW. На основе изученного материала необходимо создать электронный курс в Moodle с описанием разработанных лабораторных работ. Также необходимо реализовать удаленный доступ к виртуальным приборам (ВП) и составить подробные инструкции по применению созданных ВП.

4. Календарный график выполнения ВКР:

а) изучение литературы	22.12.2021 – 28.12.2021
б) Разработка лабораторных работ по обработке и анализу видео и графических изображений в системе LabVIEW	24.12.2021 – 28.12.2021
в) Создание электронного курса и организация удаленного доступа к виртуальным приборам	24.12.2021 – 17.01.2022
г) написание ВКР и сдача в ГЭК,	12.01.2022 – 28.01.2022
размещение текста ВКР в в электронной библиотеке ТГУ	28.01.2022 – 31.01.2022

5. Дата выдачи задания « 13 » сентября 2021 г.

Руководитель ВКР –
канд. физ.-мат. наук,
доцент кафедры
радиоэлектроники
Задание принял к исполнению



Жуков А.А.



Бочаров К.А.

АННОТАЦИЯ

Отчет, 113 с., 10 гл., 121 рис., 4 табл., 25 источников, 1 приложение.

LabVIEW, Цифровое изображение, Анализ изображений, Обработка изображений, Web-camera, Веб-камера, Удалённый доступ, Moodle.

Объект исследования – цифровое изображение как отображение окружающей действительности и источник информации о ней.

Цель работы – Разработать электронный образовательный ресурс для организации практических занятий по обработке графических и видео изображений в LabVIEW.

В результате работы:

- проведён литературный обзор по способам обработки и анализу цифровых изображений;
- реализованы виртуальные приборы наглядно демонстрирующие доступные инструменты;
- создан электронный образовательный ресурс, в котором сформирован соответствующий теоретический раздел, написаны методические указания к лабораторным работам.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
1 Обзор литературы	9
2 Веб-камера.....	13
3 Программирование веб-камеры и обработка изображений в LabVIEW	16
4 Инструменты программирования веб-камеры в LabVIEW.....	17
5 Цифровое изображение.....	19
6 Анализ и обработка изображений.....	27
7 Алгоритмы анализа и обработки изображений	31
7.1 Построение и анализ гистограмм.....	31
7.2 Бинаризация полутоновых изображений	40
7.3 Обработка цветных изображений	43
7.4 Анализ профиля	45
7.5 Анализ проекции	48
7.6 Фильтрация изображений	50
8 Организация удалённого доступа	73
9 Практическая часть	79
10 Обеспечение охраны труда.....	101
Заключение.....	108
Список использованных источников и литературы	109
Приложение А (справочное) Необходимые для программирования веб-камеры ВП ..	113

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ

В настоящей дипломной работе применяют следующие сокращения и обозначения:

ISP – image signal processor

DSP – digital signal processor

UVC – USB Video Class

bpp – bits per pixel

bpc – bits per component

LUT – look up table

NI – National Instruments

ВП – виртуальный прибор

ППР – правило принятия решения

БПФ – быстрое преобразование Фурье

ОБПФ – обратное быстрое преобразование Фурье

ФНЧ – фильтр низких частот

ФВЧ – фильтр высоких частот

ЭУК – электронный учебный курс

ВВЕДЕНИЕ

Мы живем в мире стремительного проникновения компьютерных и информационных технологий во все сферы человеческой деятельности. Повсеместное их внедрение обуславливается стремлением человека максимально оптимизировать свои рабочие процессы – снизить затраты времени, труда, энергии, материальных ресурсов для достижения максимальной эффективности и результативности. Так же этому способствует увеличивающаяся доступность использования компьютерных технологий благодаря постоянным процессам совершенствования и удешевления электронных компонентов, увеличение производительности электронно-вычислительных машин, а также разработка новых способов получения, обработки информации и её применения. Данная тенденция ясно отражается в сферах промышленности, научной, инженерной среде, энергетике, транспортной сфере, медицине, управленческой деятельности, в социальных процессах.

Привести можно множество примеров, однако наиболее ярким является сфера промышленности и производства, прошедшая длинный путь индустриальных революций в ходе смены технологических укладов и находящаяся в процессе перехода к четвёртой её итерации. Текущие тенденции в данной сфере представляют собой полную автоматизацию с использованием автономной робототехники, применение систем автоматизированного проектирования (в том числе трёхмерного моделирования и симуляций), производственного интернета вещей, продвинутых систем контроля качества и производственного процесса, систем контроля персонала, автоматизированного анализа собираемых данных для принятия решений в режиме реального времени [1]. Применение данных технологий позволяет уменьшить число персонала и снизить влияние человеческого фактора, увеличить точность выполнения производственных процессов и их темп, повысить качество выпускаемой продукции, увеличить скорость реагирования и принятия решений за счёт использования аналитики больших данных с использованием технологий искусственного интеллекта и т.д.

В решениях реализующие данные системы, на текущий момент, всё больше прибегают к использованию разработок области машинного зрения.

В общем понимании, машинное зрение – комплексная область научных и инженерных знаний, которая охватывает все проблемы разработки практических систем анализа изображений: выбор схемы освещения исследуемой сцены, выбор датчиков, их количества, геометрии расположения, вопросы ориентирования и калибровки, выбор или разработка оборудования для оцифровки и процессорной обработки, а так же разработка цепочки алгоритмов и их компьютерная реализация [2].

Системы, разработанные в рамках данной области знаний, основываются на технологиях и методах автоматического извлечения информации из цифровых изображений используя: ЭВМ, средства получения двумерной проекции сцены наблюдения – светочувствительные матрицы цифровых камер, соответствующие алгоритмы анализа и обработки, разработанные в рамках дисциплины компьютерного зрения [3].

В сфере промышленности и производства разработки данной области являются частью систем управления промышленными роботами (манипуляционные, локомоционные) [4], систем контроля персонала (нахождение на рабочем месте, соблюдение техники безопасности), контроля качества при технологическом процессе – например систем автоматизированной визуальной дефектоскопии, позволяющей выявлять дефектные изделия [5].

В данном случае технологии машинного зрения выполняют задачи распознавания обстановки, обнаружения дефектов, проведение измерений, трекинг, маркировку.

Обычно данные задачи выполняются людьми, однако, внедрение автоматизированных систем передаёт их системам, которые выполняют операции более эффективно. Основные преимущества машинного зрения [5]:

- Машинное зрение не подвержено множеству человеческих факторов (усталость, концентрация внимания);
- Работает в соответствии с заданными настройками 24/7 с одинаковой эффективностью;
- Способно держать в поле равного внимания более 7 объектов;
- Обрабатывает тысячи изображений в секунду;
- Обнаруживает мелкие детали, слабоконтрастные контуры, которые

часто остаются незамеченными зрением человека;

- Может работать в спектрах излучения невидимом человеческим глазом.

Перечисленные достоинства не остаются без внимания – люди стремятся интегрировать данные технологии и в других сферах, они всё больше набирают популярность. Это видно по финансовым показателям: мировой рынок машинного зрения на 2020 год составлял 9.6 млрд долларов, а к 2025 году прогнозируется рост до 13 млрд долларов [6].

Область машинного зрения характеризуют как молодую, разнообразную, динамично развивающуюся [7]. Её проблематика привлекательна для исследователей – аппаратные возможности вычислительной техники достигли уровня, позволяющего оперировать большим количеством информации с высокой скоростью, характеристики видеосенсоров достигли высокого уровня при невысокой стоимости, существует спрос на разработки данной области. Однако задача интерпретации того, что отображено на изображении на данный момент не имеет чёткого формализованного решения. [2] Это связано с тем, что само по себе изображение не имеет информационного содержания в семантическом смысле – нет причинной модели его формирования и нет математического тому обоснования. Тем не менее, задача машинного зрения может быть редуцирована к более простой проблеме обнаружения, распознавания, измерения по уже составленному модельному описанию. Разработано множество модельных описаний и соответствующих алгоритмов обработки и анализа, однако их применение уникально для каждой задачи [2].

Знание данных алгоритмов и общих подходов к обработке и анализу цифровых изображений позволяет конструировать системы машинного зрения.

Создание электронно-учебного курса позволит дать студентам общее представление данной темы и необходимый минимум знаний.

Таким образом, цель данной работы – разработка электронного учебного ресурса для проведения занятий по теме «Обработка графических и видео изображений в LabVIEW».

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- проведение литературного обзора по способам программирования веб-камер, а также методам обработки и анализа цифровых изображений в среде LabVIEW;
- реализация виртуальных приборов, наглядно демонстрирующих доступные инструменты;
- создание электронного образовательного ресурса, в котором сформированы соответствующие теоретические разделы, написаны методические указания к лабораторным работам.

1 Обзор литературы

Перед тем как приступить к изучению технической литературы и созданию электронного курса, необходимо осветить вопрос актуальности программирования веб-камеры в среде LabVIEW, а также обработки и анализа цифровых изображений в среде LabVIEW.

Для этого было решено провести небольшое исследование на предмет наличия научных статей по заданной тематике.

Будем обращаться к системам библиографической информации. Ключевая фраза для поиска «обработка изображений LabVIEW». Отправим запрос для поиска по базе Elibrary (рисунок 1):

РЕЗУЛЬТАТЫ ПОИСКОВОГО ЗАПРОСА

ВСЕГО НАЙДЕНО ПУБЛИКАЦИЙ: 2001 из 38436001

№	Публикация	Цит.
1	BOUT POSSIBILITY OF USING THE LABVIEW SOFTWARE APPLICATION FOR PROCESSING IMAGES OF NOCTULID CLOUD FIELDS Solodovnik A.A., Demianenko A.V., Alyoshin D.V. Вестник Алматинского университета энергетики и связи. 2019. № 4 (47). С. 117-122.	0
2	УЛУЧШЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ПУТЕМ ПРОГРАММИРОВАНИЯ ВАЙВЛЕТ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА LABVIEW ДЛЯ ФЛУОРЕСЦЕНТНОГО КОНФОКАЛЬНОГО МИКРОСКОПА Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2019662834, 03.10.2019. Заявка № 2019619265 от 24.07.2019.	0
3	ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЖИДКИХ ДИСПЕРСНЫХ СРЕД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДСТВ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ LABVIEW Харисова З.И., Фетисов В.С. В сборнике: Современные проблемы науки и образования в техническом вузе. Материалы II Международной научно-практической конференции. 2015. С. 183-185.	0
4	ПРИНЦИПЫ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СРЕДЕ ПРОГРАММИРОВАНИЯ LABVIEW Фефилов А.Н., Захаров М.В. В сборнике: Развитие Северо-Арктического региона: проблемы и решения. материалы научной конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. 2016. С. 256-259.	0
5	ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПРИМЕРАМИ НА LABVIEW И IMAQ VISION Визильтер Ю.В., Желтов С.Ю., Князь В.А., Ходарев А.Н., Моржик А.В. Москва, 2012.	4
6	ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ С ПРИМЕРАМИ НА LABVIEW И IMAQ VISION Визильтер Ю.В., Желтов С.Ю., Князь В.А., Ходарев А.Н., Моржик А.В. Москва, 2007.	222
7	ИЗМЕРЕНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ТОНКОГО ПАЯННОГО ШВА С ПОМОЩЬЮ СРЕДСТВ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПАКЕТА LABVIEW И БЕСКОНТАКТНОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ VIC-2D Абашев Д.Р., Аляева В.Э., Астрецинов В.М., Владимиров С.А., Трефилов С.И. Космонавтика и ракетостроение. 2013. № 3 (72). С. 101.	0
8	СОвершенствование методики расчета пластических деформаций МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ Косылев А.В. Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2016. № 5 (319). С. 18-24.	0
9	ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЯ Мусаева Т.В. В сборнике: Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2020). Сборник научных статей IX Международной научно-технической и научно-методической конференции. В 4-х т.. Санкт-Петербург, 2020. С. 542-547.	0
10	РЕКОНСТРУКЦИЯ СТРУКТУРНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ЭНДОСКОПИЧЕСКОЙ ОПТИЧЕСКОЙ КОГЕРЕНТНОЙ ТОМОГРАФИИ ПОСРЕДСТВОМ УЧЕТА СПЕКЛ-ПАТТЕРНОВ Фролов С.В., Потлов А.Ю., Фролова Т.А. Инженерный вестник Дона. 2020. № 10 (70). С. 31-41.	0
11	КОМПЛЕКС ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЗМЕРОВ ЧАСТИЦ МИКРОННОГО ДИАПАЗОНА В АЭРОЗОЛЬНОМ ПОТОКЕ ЛАЗЕРНЫМ МАЛОУГЛОВЫМ МЕТОДОМ Сысоев В.С., Булатов М.У., Сухаревский Д.И., Наумова М.Ю., Андреев М.Г., Макальский Л.М., Лищелин А.Г., Сысоев М.В. Перспективные материалы. 2010. № 8. С. 178-182.	1
12	РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДИАГНОСТИКОЙ ПЕЧАТНЫХ ПЛАТ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ Исосимова Т.А., Максимова М.В., Михайлова О.В. Вестник НГПИИ. 2018. № 1 (80). С. 7-18.	1

Рисунок 1 – Результаты по запросу «обработка изображений LabVIEW» в электронной библиотеке Elibrary.ru

Обратимся к аннотациям данных статей и текстам некоторых из них. К примеру, в статье [8] рассматривается создание программного обеспечения для автоматизированной системы калибровки стрелочных приборов. Разработка ПО производилась в среде программирования LabVIEW и задействует в своём алгоритме модуль захвата изображения с камеры, базовые алгоритмы обработки изображений – гистограммную предобработку, фильтрацию простых шумов, бинаризацию для выделения стрелки указателя, а также специальную функцию IMAQ Get Angles для поиска угла отклонения стрелки указателя. Актуальностью работы авторы отмечают проблему контроля качества производимых приборов измерения. Использование систем технического зрения на базе LabVIEW позволяет повысить качество и точность процесса калибровки. Во второй работе [9] авторы логично продолжают предыдущую, разрабатывая саму методику калибровки стрелочных приборов с использованием разработанного ранее ПО.

Если обратимся к статье [10], то увидим обсуждение разработки системы управления диагностикой печатных плат, в основе которой лежит бесконтактный оптический метод контроля с использованием алгоритмов анализа и обработки изображений. Данная система позволяет выявлять дефекты топологии печатных плат на основе алгоритмов сравнения эталонной (специально подготовленной и заведомо бездефектной) платы и подвергающихся проверке, а также позволяет выявлять отклонения от конструкторско-технологических норм (минимальная ширина проводника, минимальное расстояние между проводниками). В случае обнаружения дефектов система формирует отчет и выделяет проблемную область.

Сама система базируется на программном обеспечении, разработанном в среде LabVIEW. Алгоритм включает в себя использование специальных ВП дополнительного пакета NI Vision Development Module для реализации функций машинного зрения, таких как: задание эталона, сравнение с эталоном, методы математической морфологии и бинаризации изображения. Разработанное в рамках данной работы ПО имеет свидетельство о регистрации программы для ЭВМ [11]

Если обратимся к статье [12], то увидим разработку ВП в среде LabVIEW для автоматизированного оптического контроля качества печатных плат с функциональностью выявления мест потенциальных сбоев (латентных дефектов, таких как заужение печатных дорожек, трещин, смещение центров отверстий и др.),

а также возможностью численного моделирования и определение срока службы. Данный ВП также использует инструменты NI VDM для реализации алгоритмов машинного зрения (морфологические операции, бинаризация, работа с устройствами фото или видеофиксации).

Обратившись к статье [13], ознакомимся с различными способами измерений деформации тонкого паяного шва. В одном из рассматриваемых методов используется ВП, разработанный в среде LabVIEW и использующий электронный микроскоп, подключаемый к ПК через интерфейс USB, а также специфичную функцию IMAQ Optical Flow для расчёта смещения. Авторы отмечают удовлетворительные результаты при сравнении результатов автоматических расчётов с ручными.

Ознакомившись с аннотацией к статье [14] видим, что LabVIEW также используется в задачах дистанционного зондирования. В ходе работы были разработаны ВП для автоматического распознавания и выделения объектов на снимках, относящихся к разным классам. Авторы отмечают, что в результате разработки и применения ВП в реальных условиях удалось достигнуть приемлемой точности распознавания.

В статье [15] авторы предлагают простую структурную схему автоматического сортировщика продукции, использующего машинное зрение для распознавания объектов. Схема разработана для применения в среде программирования LabVIEW с использованием NI VDM. Для захвата изображения предлагается использовать веб-камеру, использовать алгоритмы распознавания объектов в кадре для принятия решения о сортировке, а также использовать исполнительное устройство для распределения объектов по различным направлениям. Авторы отмечают, что разработанное ПО может быть развёрнуто как на ПК, так и на автономных контроллерах.

К примеру, в статье [16] рассматривается способ разработки алгоритма автоматизированного комплекса для обработки полей мезосферных серебристых облаков на основе результатов дистанционного зондирования мезосферы. Продемонстрирован один из предполагаемых путей реализации алгоритма разработки комплекса на основе графической среды программирования LabVIEW. Изложены основные характеристики, используемые при обработке изображений

исследуемого объекта. Статья напечатана в журнале «Вестник Алматинского университета энергетики и связи» в 2019 году, что можно считать актуальным.

Если обратимся к статье [17], можем увидеть применение LabVIEW для обработки цифровых изображений в составе комплекса измерения размеров аэрозольных частиц в газовых потоках лазерным малоугловым методом.

Таким образом, основываясь на приведённых выше примерах научных статей, можем считать, что изучение способов программирования веб-камеры, а также методов анализа и обработки изображений в среде LabVIEW является достаточно актуальной темой и разработка электронного учебного курса позволит, в конечном итоге, дать студентам навыки работы с необходимыми для этого инструментами.

2 Веб-камера

Веб-камера – неавтономное цифровое устройство фотовидеофиксации. Является одним из узкоспециализированных видов цифровых камер. В современном виде, обычно, представляет собой компактное устройство, закрепляющееся рядом с компьютером и подключающееся к нему посредством интерфейса USB (рисунок 2). Используется, как правило, для организации видеотелефонной и видеоконференцсвязи, однако этим не ограничивается. Более специализированные виды камер используются в задачах видеонаблюдения и компьютерного зрения (рисунок 3).



Рисунок 2 – Стандартная веб-камера Defender C-110



Рисунок 3 – Представитель специализированных веб-камер

Говоря об устройстве веб-камер, обычно выделяют следующую структуру (рисунок 4):

1. Объектив (Линза или набор линз, система регулировки фокусного расстояния)
2. Фотодатчик (Светочувствительная матрица, схема управления сенсором, АЦП)

3. ISP/DSP (Сигнальный процессор обработки изображений или цифровой сигнальный процессор)

4. Контроллер шины ввода-вывода (Контроллер USB, FireWire, Camera Link, Ethernet)

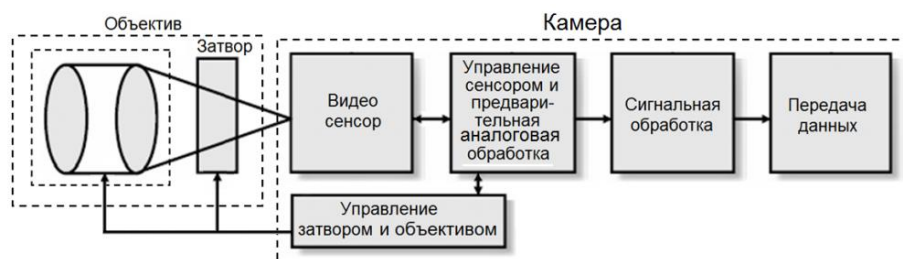


Рисунок 4 – Общая блок-схема цифровых камер

Объектив в камере представляет собой систему линз, с помощью которых световой поток формируется необходимым образом для проецирования на фотодатчик изображения объекта съёмки. Часто эта система линз регулируется, т.е. возможно изменение фокусного расстояния – вручную, либо автоматически (автофокусировка).

Фотодатчик представляет собой специализированную интегральную схему, состоящую из массива светочувствительных элементов, которые служат преобразователями улавливаемого светового потока в электрические сигналы.

ISP (Image Signal Processor) – цифровой сигнальный процессор, выполняющий функции сигнальной обработки полученной на предыдущем функциональном блоке информации (АЦП), т.е. формирования изображения и его обработки. Под обработкой понимается демозаика, удаление «битых» пикселей, коррекция дисторсии и затемнения линз, автоматическая экспозиция, корректировка баланса белого, цвета, гаммы, уровня чёрного цвета, преобразования цветового пространства, сжатие итогового изображения (при необходимости) в JPEG, либо Motion JPEG или H.264 для потока кадров (видео).

После обработки эта информация отправляется в блок передачи данных – контроллер шины ввода-вывода. В нашем случае это будет контроллер шины USB различных версий (2.0, 3.0). Обмен данными по данной шине для большинства типов (классов) устройств общепринят и описан в соответствующих спецификациях. Веб-

камеры отнесены к классу USB-видеоустройств (UVC – USB Video Class), в большинстве систем работают с универсальным драйвером.

Основные характеристики веб камер:

- Тип светочувствительной матрицы и её разрешение в количестве пикселей
- Наличие и тип фокусировки
- Угол обзора
- Частота кадров
- Поддерживаемые режимы работы

3 Программирование веб-камеры и обработка изображений в LabVIEW

Среда LabVIEW часто используется в исследовательских или лабораторных применениях, где часто может требоваться фото и видеофиксация каких-либо происходящих процессов с последующей обработкой.

Под данные задачи National Instruments разработала решение NI Vision Development Module (VDM) – дополнительный лицензируемый пакет программного обеспечения (ПО), содержащий компоненты, необходимые для реализации функций машинного зрения и обработки изображений.

В состав VDM входит:

- NI-IMAQdx – драйвер обеспечивающий поддержку устройств сбора изображений и видео-захвата, работающих по следующим шинам и стандартам: Gigabit Ethernet, FireWire, USB 2.0 и 3.0. К последним как раз относятся веб-камеры, подключение, использование и программирование которых рассматривается в данной работе.

- NI IMAQ Vision – библиотека компонент (ВП), позволяющая реализовать большое количество алгоритмов обработки изображений, включая гистограммную обработку, бинаризацию, фильтрацию изображений, а также специализированные функции машинного зрения (из рассмотренных в работе примеров – считывание QR и Bar кодов).

- NI Vision Common Resources – дополнение, содержащее библиотеку базовых виртуальных приборов «Vision Utilites» для работы с изображениями, а также одноименная библиотека виртуальных приборов «NI-IMAQdx» для программирования камеры в среде LabVIEW (рисунок 5).

Все специализированные ВП можно найти в соответствующих подпалитрах (разделах) палитры функций или элементов управления интерфейса LabVIEW.

4 Инструменты программирования веб-камеры в LabVIEW

Как уже было сказано, VDM содержит библиотеку ВП, реализующих функции программирования веб-камер в LabVIEW. Далее будет произведён короткий обзор доступных элементов (рисунки 5, 6).

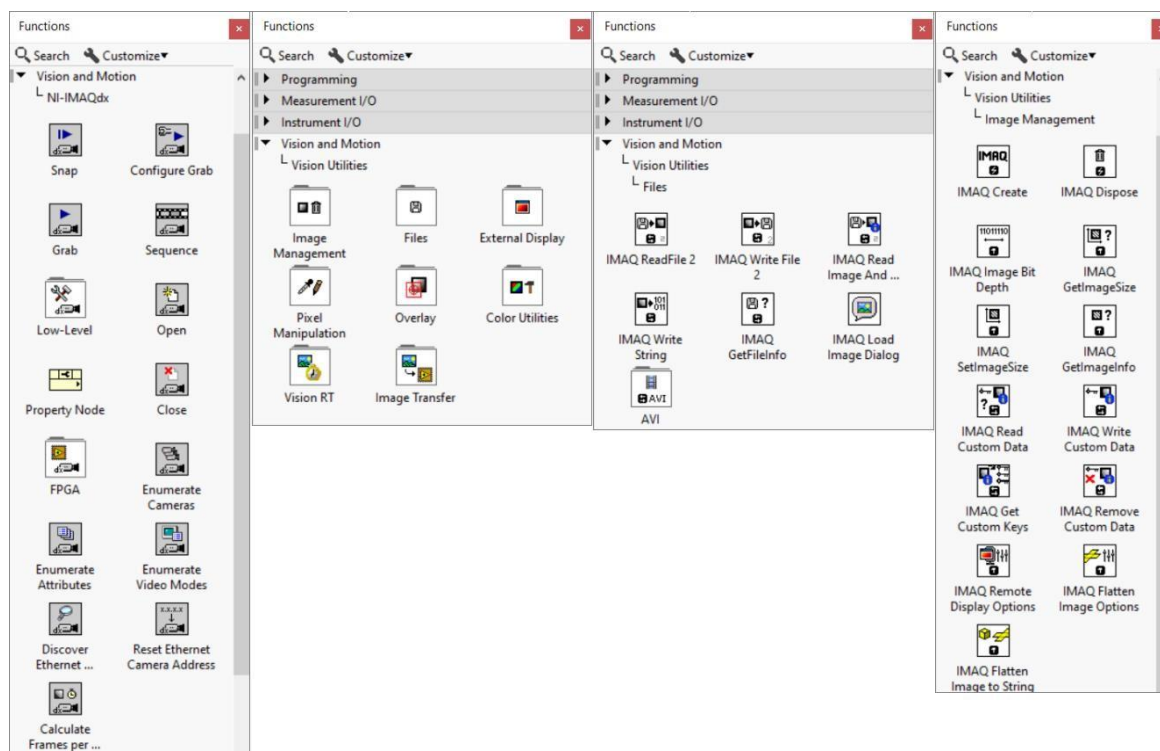


Рисунок 5 – Субпалитры ВП «NI-IMAQdx» и «Vision Utilities» в разделе «Vision and Motion» палитры функций

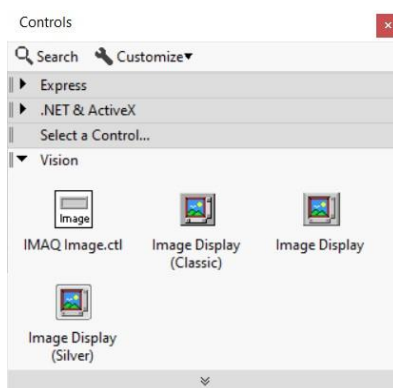


Рисунок 6 – ВП для работы с изображениями в разделе “Vision” палитры управляющих элементов

В подпалитре «NI-IMAQdx» находятся наиболее часто используемые т.н. высокоуровневые ВП, которые позволяют получать данные с устройств захвата с заданием лишь базовых параметров. Для продвинутого программирования

используются низкоуровневые ВП, находящиеся в разделе «NI-IMAQdx Low Level» (в данной работе они рассматриваться не будут).

Мы выделили особо необходимые ВП для программирования веб-камеры в таблицу и дали некоторые пояснения к ним (Приложение А).

5 Цифровое изображение

Перед тем, как приступить к обзору методов анализа и обработки изображений в LabView, необходимо разобраться с тем, что из себя представляет цифровое изображение.

Изображение принято определять как двумерную функцию распределения интенсивности (яркости) или цвета $f(x, y)$, где x и y – это координаты в пространстве. В нашем случае, пространством будет являться плоскость изображения. Когда x , y , а также значения f являются дискретными и конечными, такое изображение называют цифровым (Digital Image) (рисунок 7).

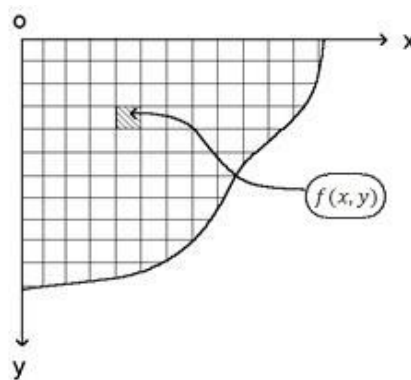


Рисунок 7 – Наглядное представление изображения

С математической точки зрения (и точки зрения представления в памяти компьютера) цифровое изображение можно рассматривать как двумерную матрицу $Im[x, y]$ с размерами $(DimX * DimY)$. Здесь x будет являться целым числом от 0 до $DimX - 1$ и описывать номер элемента в строке матрицы. Переменная y также будет являться целым числом от 0 до $DimY - 1$ и обозначать номер строки матрицы, в которой расположен этот элемент.

Сами элементы такой матрицы называются элементами изображения или пикселями (от англ. pixel, pel – сокращение от англ. pix element или picture element – элемент изображения). Изображение, состоящие из таких пикселей называют растровым (рисунок 8).

Значение каждого конкретного пикселя представляет собой закодированный цвет. Количество памяти (битов), необходимое для его кодирования называют глубиной цвета.

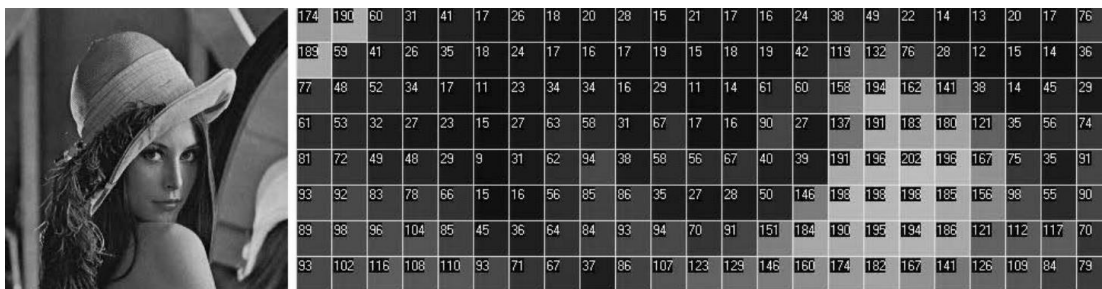


Рисунок 8 – Изображение как двумерная матрица интенсивностей

Глубина цвета может быть выражена в битах на пиксель (англ. bits per pixel, bpp) и битах на компонент (англ. bits per component, bpc) в случае обозначения каждого цвета, составляющего один пиксель. Чаще всего выражается именно в bpp и варьируется от 1 до более 48.

Количество оттенков N , которые можно получить из пикселя заданной глубины d вычисляется (1):

$$N = 2^d. \quad (1)$$

В зависимости от типа и битности изображения могут быть бинарными, полутоновыми, цветными.

Бинарными называются изображения, на каждый пиксель которого отводится один бит информации. Одним битом кодируются два состояния – два цвета: чёрный и белый. Глубина цвета этого изображения – один бит, т.е. $d = 1$. (рисунок 9)



Рисунок 9 – Бинарные изображения, $d=1$

Полутоновыми называются изображения в градациях серого, на каждый пиксель которого отводится от двух бит информации (рисунок 10). Для такого изображения в каждый пиксель можно закодировать от 4 уровней яркости или

полутонов (уровней серого). Оптимальным для большинства прикладных задач (в том числе анализа и обработки изображений в машинном зрении) считается глубина цвета в 8 бит (256 оттенков).



Рисунок 10 – Полутоновые восьмибитные изображения, $d=8$

Цветными называются изображения, в каждый пиксель которого можно закодировать несколько компонент цвета или каналов по определённому количеству бит на каждый (врс). Такие изображения различаются по глубине цвета и по способу математического описания цветов (цветовой модели).

Примеры изображений с разной глубиной цвета показаны на рисунке 11.

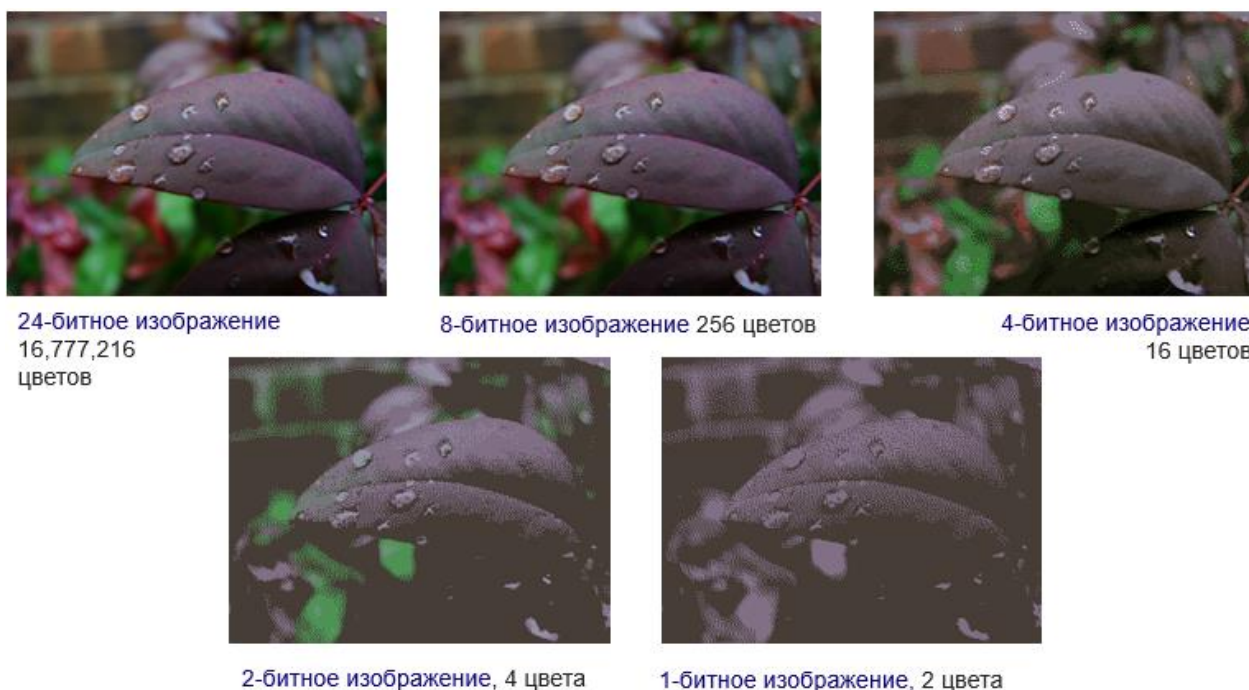


Рисунок 11 – Цветное изображение в зависимости от глубины его цвета

В случае изображений с небольшой глубиной цвета (1-12 бит) изображения иногда кодируются с помощью дискретного набора цветов, каждый из которых

описывается в массиве цветов – палитре. Пиксель в таком случае будет представлять собой индекс из этого массива. Такое изображение называют индексированным (рисунок 12).



Рисунок 12 – Пример палитрового (индексированного изображения)

При большой глубине цвета (от 12 бит) целесообразно перейти к методу кодировки изображения с помощью цветовой модели – она дает средства описания цвета в пределах некоторого цветового охвата. Наиболее часто в задачах, связанных с обработкой и анализом цифровых изображений, используются модели RGB, HSL, HSV, YUV, YCbCr и некоторые другие.

Итак, цветовой моделью называют способ разделения цветового оттенка на составляющие компоненты. При таком представлении пиксель кодируется вектором значений, каждая компонента которого будет отвечать за интенсивность определённой цветовой составляющей (2):

$$pixel = (x_1, x_2, \dots, x_n). \quad (2)$$

Наиболее распространённой моделью является RGB. В основе такой модели лежит декартова система координат. Цветовое пространство представляет собой куб. В трёх его вершинах, лежащих на координатных осях, располагаются точки, отвечающие первичным цветовым компонентам: красной (Red), зелёной (Green) и синей (Blue). Вторичные компоненты – голубая (Cyan), пурпурная (Magenta), жёлтая (Yellow) – располагаются в трёх других вершинах куба. Чёрный и белый цвета

расположены, соответственно, в начале координат и в наиболее удалённой от неё точке. Оттенки серого цвета лежат на главной диагонали, которая соединяет упомянутые точки (рисунок 13).

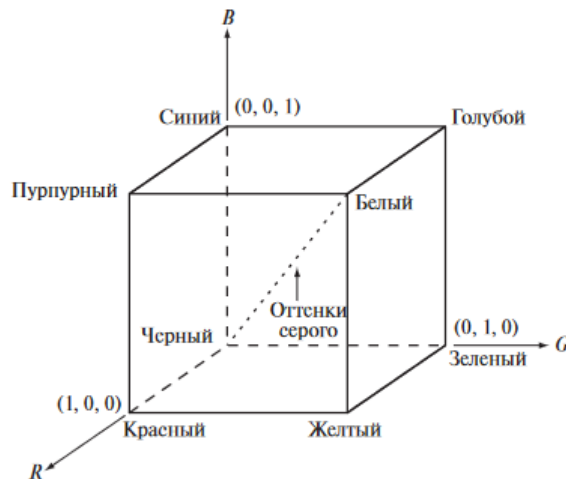


Рисунок 13 – Схематическое изображение цветового куба RGB

Цвет в этой модели представляет собой точку на поверхности или внутри куба и определяются вектором, проведённым в данную точку из начала координат.

Изображения, представляемые в данной цветовой модели, состоят из трёх отдельных изображений-компонент, по одному для каждого из первичных основных цветов (рисунок 14)

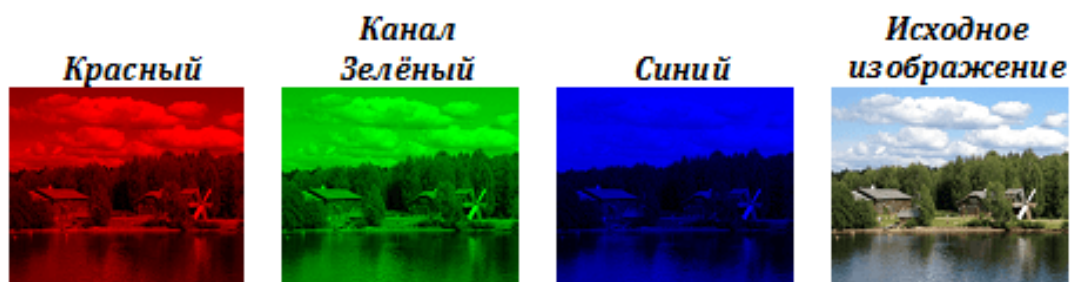


Рисунок 14 – Разложение исходного изображения на цветовые компоненты

Таким образом, пиксель в данной модели представляется как вектор коэффициентов интенсивности красной, зеленой и синей компонент (3):

$$pixel = (r, g, b). \quad (3)$$

При этом, в зависимости от глубины цвета каждая составляющая пикселя кодируется определённым количеством битов.

К примеру, в полноцветном изображении с глубиной цвета 24 бит каждый цвет кодируется 8 битами (2^8 или 256 оттенков). Это даёт возможность отобразить не менее 16,7 млн. оттенков или $(2^8)^3$.

Ещё одной популярной, в основном за счёт большей «понятности» человеку, цветовой моделью является HSL или HSI. Как и в предыдущем случае, в основе такой модели лежит декартова система координат. Однако цветовое пространство представлено несколько иначе – цветовой куб расположен так, что вершина с точкой чёрного цвета расположена в начале координат, а вершина с белой точкой расположена строго над ней (рисунок 15).



Рисунок 15 – Положение цветового куба в модели HSI

Таким образом получается, что ось оттенков серого (или ось интенсивности/яркости) расположена вертикально – это позволяет ввести компоненту яркости или, как иногда говорят, светлости (англ. lightness).

Чтобы её определить в некоторой точке цветового куба строится плоскость, перпендикулярная оси яркости. Место пересечения и будет численно выражать данную характеристику.

Далее, выполнением проекции куба в направлении данной оси (показано на рисунке 16). Получим шестиугольник в угловых точках которого будут расположены первичные и вторичные цветовые компоненты. Первичные

компоненты будут расположены друг относительно друга под углом 120° . Вторичные относительно них будут расположены под углом 60° .

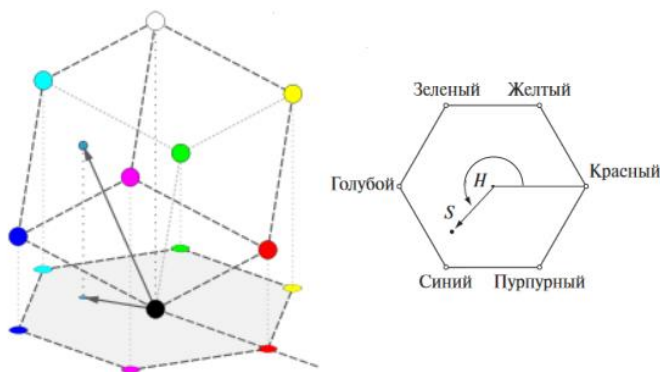


Рисунок 16 – Проекция точек цветового куба

Для определения цветовых характеристик точки также делают её проекцию на плоскость, на которой выполняются построения:

- 1) Перпендикуляр от осевого центра в направлении определяемой точки. Расстояние (отрезок) будет численно выражать уровень насыщенности цвета (англ. Saturation).
- 2) Перпендикуляр в направлении опорной точки. Обычно выбирается точка, соответствующая красной первичной цветовой компоненте. Величина угла (отсчитывается против направления движения часовой стрелки) между двумя перпендикулярами численно выразит компоненту – тон (англ. Hue).

На рисунке 17 данные построения показаны более наглядно. Для удобства восприятия, получившийся при проекции цветовой многоугольник заменён на круг.

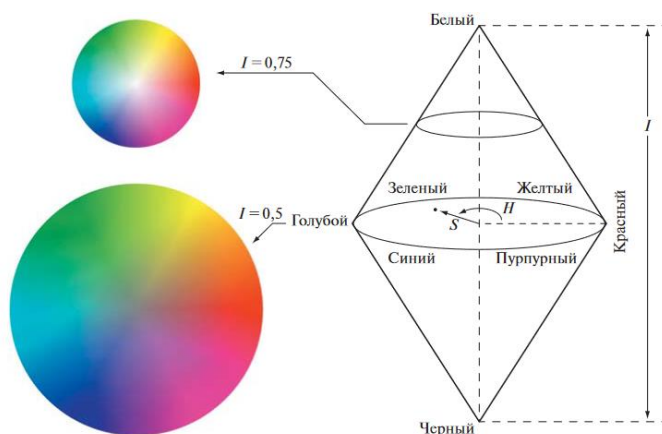


Рисунок 17 – Цветовая модель HSI, в основе которой лежит цветовой круг

Итак, в данной модели пиксель представляется как вектор коэффициентов тона, насыщенности и яркости (4):

$$pixel = (h, s, l). \quad (4)$$

Данная цветовая модель хороша тем, что она разделяет цветовую и яркостную составляющую изображения – такая «трактовка» цвета естественна и понятна человеку (например, описывая цвет автомобиля, человек говорит не о процентном содержании RGB компонент, а о том, какой это цвет и насколько он «чистый» и «светлый/тёмный»). Это, в конечном счёте, позволяет более эффективно реализовывать многие алгоритмы анализа и обработки изображений – например их сегментацию и определения каких-либо свойств по компоненте цветового тона (обнаружение лиц, номерных знаков, характерных дефектов в системах контроля производства и т.д.). Также, она легко и прямо преобразуется в RGB.

Достоинство же RGB модели в том, что она аппаратно-ориентирована – отображение информации на дисплеях и её фиксация на матрицах камер происходит с помощью пикселей, которые физически состоят из излучающих или светочувствительных цветовых компонент.

6 Анализ и обработка изображений

После того, как мы разобрались с тем, что такое цифровое изображение необходимо разобраться в вопросе их обработки и анализа (что это, зачем нужно) и как тут может помочь среда разработки LabVIEW - какие инструменты для работы с изображениями имеются в её арсенале и как их можно применить. Более подробно рассмотрим те, что будем использовать

Как мы уже выяснили в предыдущем разделе, цифровое изображение представляет собой лишь двумерную матрицу заданного размера в которой содержатся числовые значения, соответствующие уровню интенсивности цветовой составляющей в конкретной точке. Такое изображение может быть как изначально созданным в цифровой форме – например рисунок, изготовленный в растровом графическом редакторе, так и являться фотоснимком (данными с фоточувствительной матрицы камеры). Так или иначе, каких-либо других данных (свойства информационного содержания, несущие смысловую нагрузку), которые чаще всего необходимы для практического применения, изображения не содержат. Однако, извлечь эти данные возможно, подвергая цифровое изображение ряду алгоритмов анализа и обработки.

Анализ изображения состоит в получении описания заданного изображения, извлечений значимой для задачи информации.

Обработка изображения заключается в получении нового изображения на основании исходного с использованием нужного алгоритма.

Сами методы обработки и анализа (теория и базовые алгоритмы) являются областью интереса и работы такой научной дисциплины, как компьютерное зрение. Практическое их применение является областью интереса более комплексной и технологичной области научных и инженерных знаний – машинного зрения. Она охватывает все проблемы разработки практических систем: выбор схемы освещения исследуемой сцены, выбор датчиков для получения информации (по их характеристикам), их количество, геометрическое расположение, ориентирование, калибровка, выбор или разработка аппаратного обеспечения для оцифровки и процессорной обработки, разработка всех сопутствующих алгоритмов и их компьютерная реализация.

Говоря о работе с изображениями в контексте машинного зрения, одним из важнейших вопросов становится алгоритмическая последовательность действий по их обработке. Существует информационная теория Дэвида Марра, в соответствии с которой зрительное восприятие описывается как процесс сбора, представления, обработки и распознавания информации, отражающей свойства наблюдаемого объекта или явления, т.е. зрение сводится к решению задач обработки информации. Эти задачи можно условно разделить на два последовательных этапа: представление объекта (растровое изображение, неструктурированная информация) и его символическое представление (структурированная информация). В соответствии с этим, в машинном зрении принято выделять следующие основные этапы обработки данных:

- 1) Предобработка изображения
- 2) Сегментация
- 3) Выделение геометрической структуры
- 4) Определение относительной структуры и семантики

Данные этапы обработки так же принято объединять в соответствующие уровни: обработка нижнего, среднего и высокого уровня.

Под обработкой нижнего уровня понимают методы яркостного преобразования и фильтрации изображений. Группа данных алгоритмов считается хорошо проработанной и детально изученной. Характерной их особенностью является то, что вначале и в конце операции мы имеем изображение.

Под обработкой среднего уровня подразумевают методы сегментации изображения, главная задача которых упростить представление изображения для упрощения его дальнейшего анализа, а также описание областей, обнаружение геометрических структур. В данной группе процессов на вход алгоритма попадает изображение, а на выход поступают извлечённые из него атрибуты и признаки, например границы, контуры и другие отличительные признаки объектов, которые так же являются изображениями. На текущий момент остаются полем приложения инженерных и исследовательских усилий.

Под обработкой высокого уровня чаще всего подразумевают определение информационной семантической составляющей изображения – что за объект изображен в кадре, к какой категории относится данный объект. Считается, что

алгоритмы данного круга находятся в начальной фазе развития. В последние годы для решения данных задач прибегают к использованию свёрточных нейронных сетей и машинного обучения.

В настоящее время единого формализма и единой методики разработки алгоритмов анализа изображения не существует, однако известно несколько алгоритмических формализмов, которые достаточно активно используются: гистограммные преобразования, анализ проекций, линейная и нелинейная фильтрация изображений, яркостная и текстурная сегментация, корреляционное обнаружение, математическая морфология Серра, метод нормализации фона, структурно-лингвистический подход и другие.

Отсутствие стандартизированного подхода с одной стороны осложняет и замедляет разработку систем машинного зрения, а с другой стороны позволяет свести процесс разработки алгоритмических и программных средств к выбору комбинаций готовых алгоритмических блоков для достижения поставленной технической задачи. При этом, разработка обязательно включает в себя следующие этапы:

- предварительное исследование свойств типовых изображений;
- анализ применимости известных методов обработки изображений в данной конкретной задаче;
- разработка новых алгоритмов;
- первичная программная реализация новых алгоритмов и качественная проверка их эффективности;
- окончательная программная реализация алгоритмов.

Выполнение этих операций связано с непосредственным использованием ПК и некоторой программной среды, удовлетворяющей следующим условиям:

- наличие имеющегося готового инструментария известных и практически полезных методов анализа и обработки изображений;
- возможность максимально быстро реализовывать те или иные комбинации алгоритмов;
- возможность быстрой визуализации их работы.

Хорошо соответствует данным условиям среда виртуального программирования LabVIEW с библиотекой компонент IMAQ Vision включенной в дополнительный пакет NI Vision Development Module.

7 Алгоритмы анализа и обработки изображений

После того, как мы ввели постановку задачи обработки и анализа изображения и ввели мотивировку применения среды разработки LabView – необходимо рассмотреть основные алгоритмы анализа и обработки изображений из доступных в данной среде.

Рассмотрение алгоритмов работы с изображением начнём с низкоуровневых, где результатом обработки будет являться растровое изображение или растровый объект (например, одномерный массив)

Основная идея данного круга алгоритмов – раздельный анализ яркости и геометрии изображения для понижения «порядка» изображения с третьего (x, y, I) до второго (x, y) и первого (I) . Такие алгоритмы экономичны в плане количества вычислений и объема используемой памяти.

Таковыми алгоритмами являются: построение и анализ гистограмм, гистограммная обработка, построение и использование профилей и проекций изображения

7.1 Построение и анализ гистограмм

Гистограмма – характеристика частоты встречаемости на изображении пикселей одинаковой яркости. Представляет собой одномерный целочисленный массив из N элементов (1) (соответствует количеству возможных оттенков пикселя изображения). Пример гистограмм можно увидеть на рисунке 18.

Гистограмма позволяет оценить и изменить яркость изображения, его контраст; площадь изображения, которую занимают пиксели определённого тона; оценить, где на плоскости находятся отдельные области, соответствующие определённым диапазонам значений яркости.

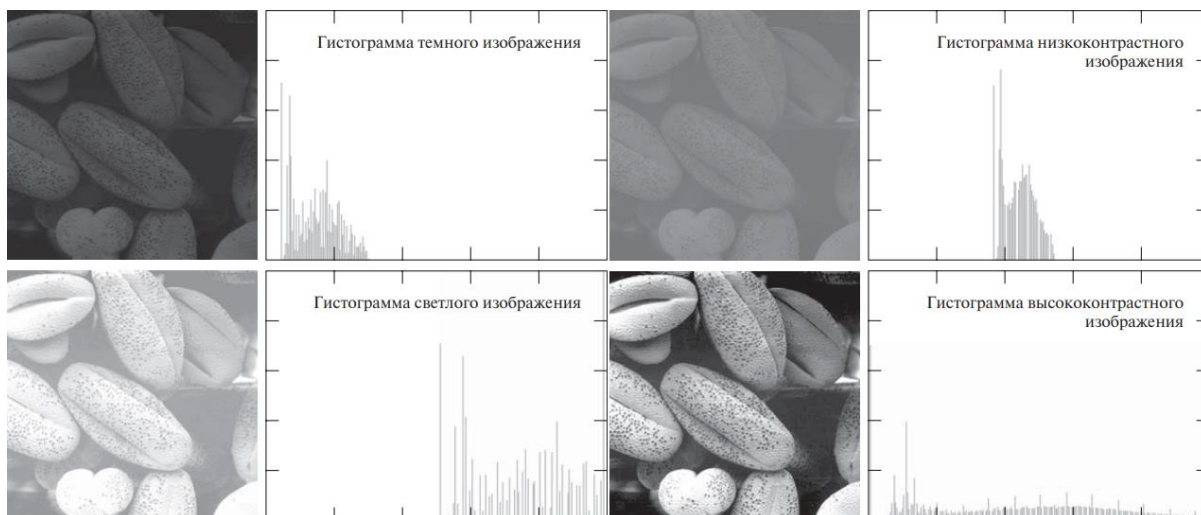


Рисунок 18 – Пример гистограмм изображений и зависимость их вида от контрастности

Гистограммные преобразования являются яркостными преобразованиями изображения, суть которых – преобразование двумерных функций яркости по простой формуле (5):

$$Im'(x, y) = f(Im(x, y)), \quad (5)$$

где Im – значение яркости;

x, y – координаты пикселя;

f – функция отображения яркости.

Такая функция задаётся таблицей отображения яркости LUT (Look Up Table). В связи с этим формулу можно представить в виде (6):

$$Im'[i, j] = LUT[Im(i, j)], \quad (6)$$

где LUT – целочисленный массив из N элементов (1).

LUT может задаваться:

- произвольной таблицей отображения, формируемой пользователем;
- некоторой математической функцией, выбранной из заданного набора функций;
- адаптивно по гистограмме данного анализируемого изображения.

В первом случае может реализовываться:

- ручное вырезание определенных диапазонов яркости;
- ручное вырезание битовых плоскостей;
- ручная бинаризация изображения по одному или двум порогам;
- ручная сегментация изображения на несколько яркостных диапазонов.

Во втором случае доступно преобразование согласно математическим функциям:

- линейное преобразование – Linear;
- логарифмическая функция – Log;
- экспонента – Exp;
- квадратичная функция – Square;
- квадратный корень – Square root;
- степенная функция – Power X;
- обратная степенная функция – Power 1/X.

Для третьего случая выполняются: нормализация, эквализация. Это довольно популярные и часто используемые операции.

Яркостная нормализация – линейная адаптивная процедура, представляет собой равномерное «растягивание» диапазона яркостей исходного изображения на максимально широкий диапазон от 0 до 255 (8 бит изображение), что способствует максимально возможному улучшению контраста изображения без потери каких-либо различий элементов яркости исходного изображения. Пример работы данного алгоритма можно увидеть на рисунке 19.

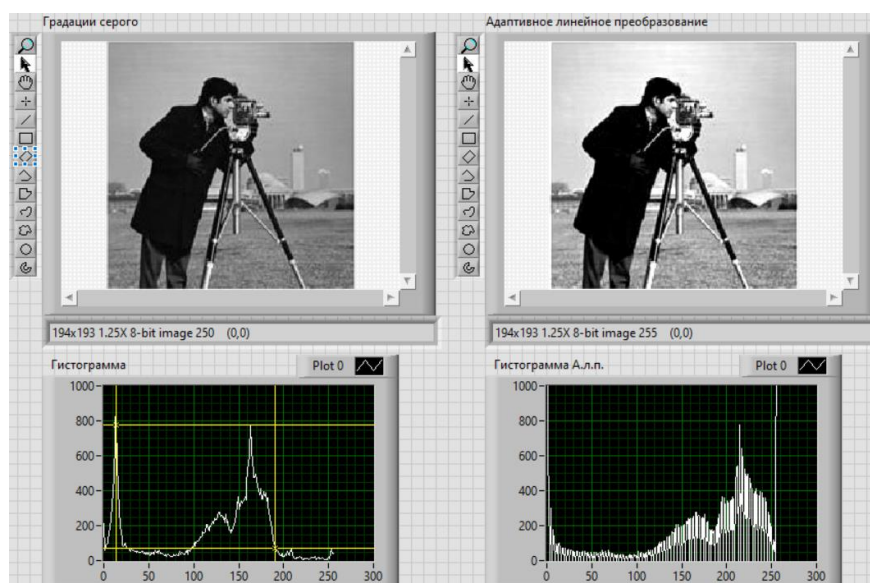


Рисунок 19 – Пример нормализации. Слева – исходное изображение. Справа – нормализованное. Приведены гистограммы

Эквализация – отображение реального яркостного диапазона исходного изображения на диапазон от 0 до 255 (8 бит изображение), что обеспечивает «выравнивание» числа пикселей изображения, имеющих различные значения яркости. Выглядит как проявление большого числа ранее незаметных деталей и контуров на изображении. Пример работы данного алгоритма можно увидеть на рисунке 20



Рисунок 20 – Пример эквализации изображения. Слева – исходное изображение. Справа – нормализованное. Приведены гистограммы

Для реализации в LabVIEW гистограммной обработки в составе пакета NI Vision содержатся следующие ВП: IMAQ Histogram, IMAQ Histogram, IMAQ UserLookup, IMAQ UserLookup.

IMAQ Histogram – виртуальный прибор, осуществляющий построение и визуализацию гистограммы изображения (рисунок 21).

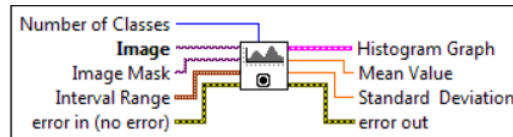


Рисунок 21 – Функция IMAQ Histogram

Входные параметры данного ВП:

- исходное изображение (Image);
- область интереса (Image Mask), которую можно вырезать с помощью ВП IMAQ ROIToMask;
- диапазон яркостей (Interval Range), внутри которого производится сбор гистограммы;
- число ячеек гистограммы (Number of Classes). По умолчанию равно 256;
- сообщение об ошибках (error in), полученных с выхода других виртуальных приборов.

На выходе ВП возвращает:

- график гистограммы;
- среднее значение яркости в гистограмме (Mean Value);
- среднеквадратичное отклонение (Standard Deviation);
- сообщения об ошибках в работе виртуального прибора (error out).

IMAQ Histogram – виртуальный прибор, составляющий отчёт о гистограмме изображения (рисунок 22).

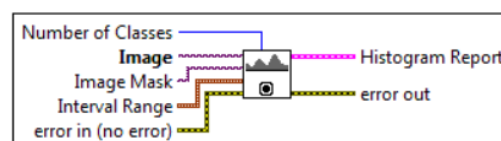


Рисунок 22 – Функция IMAQ Histogram

Входные параметры данного ВП:

- исходное изображение (Image);
- область интереса (Image Mask);
- диапазон яркостей (Interval Range), внутри которого производится сбор гистограммы;
- число ячеек гистограммы (Number of Classes). По умолчанию равно 256;
- сообщение об ошибках (error in), полученных с выхода других виртуальных приборов.

На выходе ВП возвращает:

- массив элементов гистограммы (histogram);
- информация о минимальном, максимальном значениях яркости в гистограмме (Minimal Value, Maximal Value);
- начальное значение яркости, начиная с которого строится гистограмма (Starting Value);
- шаг между ячейками гистограммы (Interval Width);
- среднее значение яркости в гистограмме (Mean Value);
- среднеквадратичное отклонение (Standard Deviation);
- число всех пикселей, которые участвуют в сборе гистограммы (Area pixels);
- сообщения об ошибках в работе виртуального прибора (error out).

Пример построенной гистограммы с помощью ВП IMAQ Histogram продемонстрирован на рисунках 19,20 и 23. Пример отчета о гистограмме, составленном ВП IMAQ Histogram можно увидеть на рисунке 23.

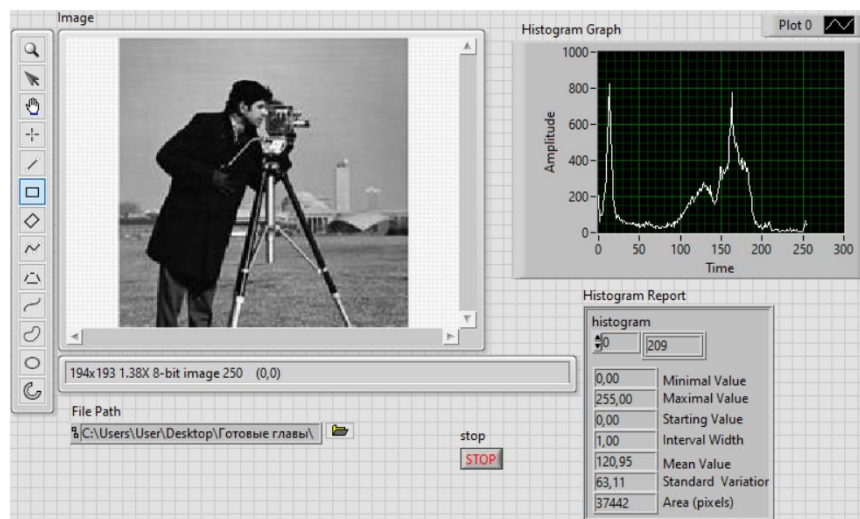


Рисунок 23 – Пример работы ВП IMAQ Histogram и IMAQ Histogram Graph

IMAQ UserLookup – виртуальный прибор, осуществляющий преобразования гистограммы согласно таблице, заданной пользователем (рисунок 24).

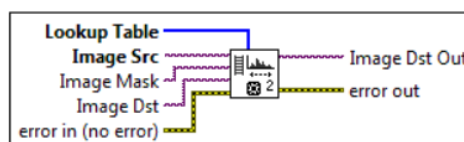


Рисунок 24 – Функция IMAQ UserLookup

Входные параметры данного ВП:

- исходное изображение (Image);
- область интереса (Image Mask);
- шаблон выходного изображения (Image Dst), соединяется с выходом ВП IMAQ Create, выделяющим область памяти для временного хранения изображения;
- таблица отображения яркости пикселей изображения (Lookup Table);
- сообщение об ошибках (error in), полученных с выхода других виртуальных приборов.

На выходе ВП возвращает:

- обработанное изображение (Image Dst Out);
- сообщения об ошибках в работе виртуального прибора (error out).

IMAQ MathLookup – виртуальный прибор, осуществляющий преобразования гистограммы согласно заранее заданным алгебраическим функциям (рисунок 25).

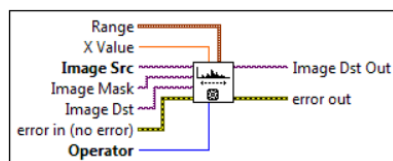


Рисунок 25 – Функция IMAQ MathLookup

Входные параметры данного ВП:

- исходное изображение (Image);
- область интереса (Image Mask);
- шаблон выходного изображения (Image Dst);
- диапазон яркостей, подвергающихся преобразованиям (Range);
- функция, используемая для преобразований (Operator).

На выходе ВП возвращает:

- обработанное изображение (Image Dst Out);
- сообщения об ошибках в работе виртуального прибора (error out).

Рассмотрим данные преобразования на примере преобразования гистограммы изображения (рисунок 26) с использованием IMAQ MathLookup (рисунки 27 – 30).

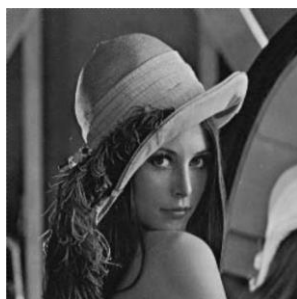


Рисунок 26 – Исходное изображение

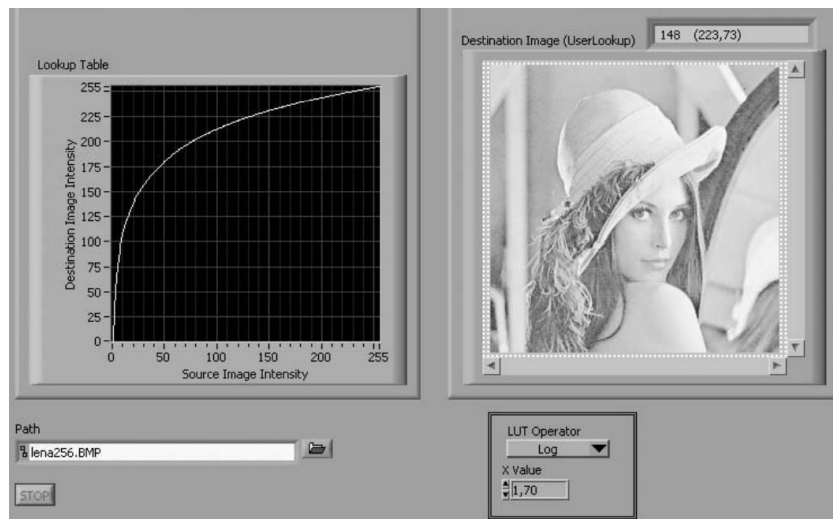


Рисунок 27 – Результат преобразования с применением логарифмической функции

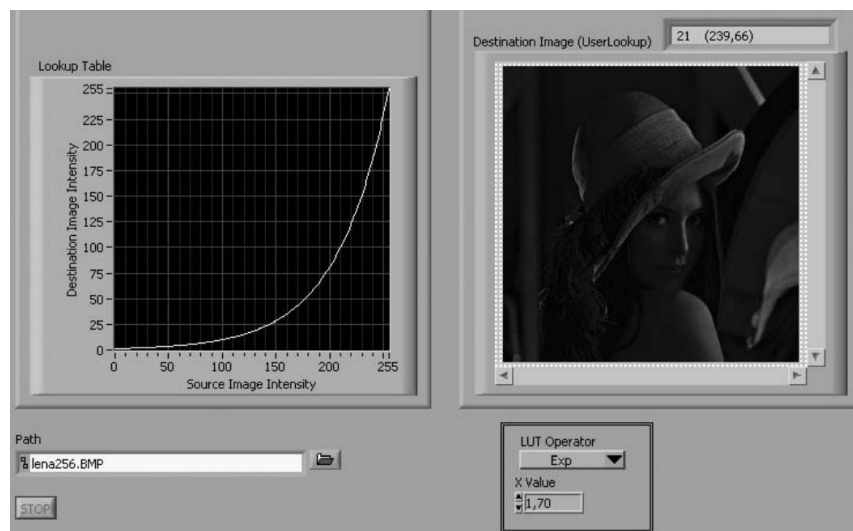


Рисунок 28 – Результат преобразования с применением экспоненциальной функции

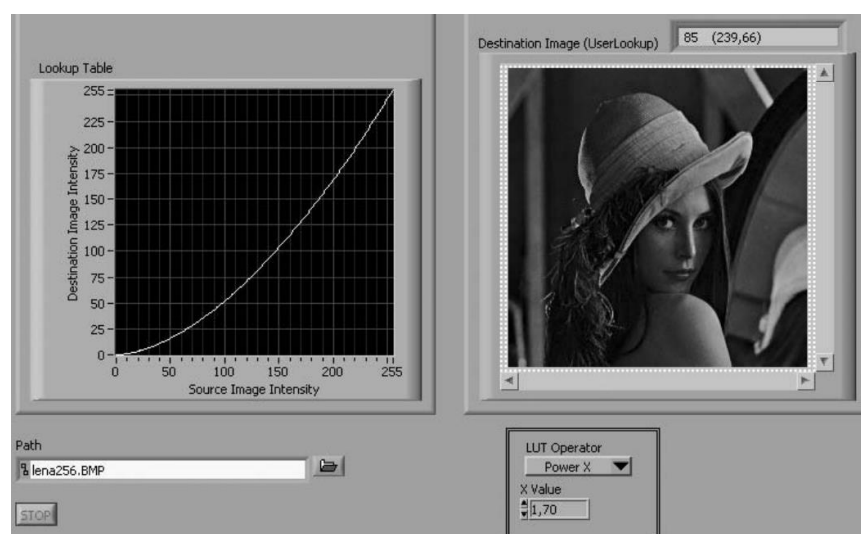


Рисунок 29 – Результат преобразования с применением степенной функции

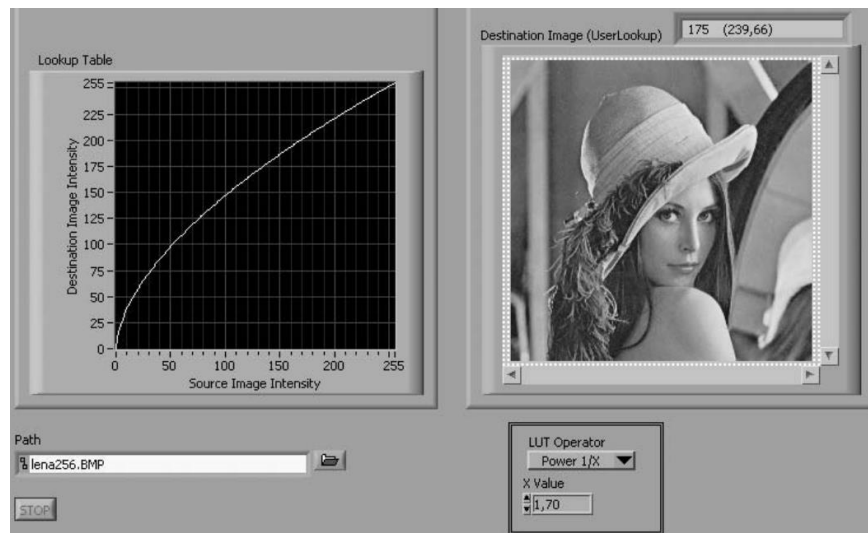


Рисунок 30 – Результат преобразования с применением обратной степенной функции

IMAQ Equalize – виртуальный прибор выполняющий эквализацию изображения (рисунок 31). Пример работы с использованием данного ВП можно увидеть на рисунке 20.

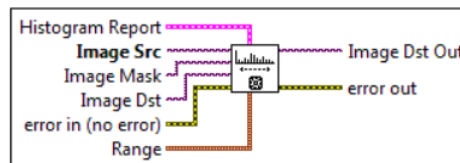


Рисунок 31 – Функция IMAQ Equalize

Входные и выходные параметры данного ВП совпадают с предыдущим за исключением одного пункта – данный ВП может преобразовывать изображение используя кластер гистограммы, полученный с помощью IMAQ Histogram (Histogram Report). Эта возможность может быть полезна в случае, если необходимо эквализовать данное изображение по гистограмме другого.

7.2 Бинаризация полутоновых изображений

Пороговая бинаризация – процедура разбиения изображения на две области, одна из которых содержит все пиксели со значением ниже некоторого порога, а другая содержит все пиксели со значением выше этого порога. Является методом сегментации изображения.

Главный параметр такого преобразования – порог t , т.е. значение, с которым сравнивается значение яркости каждого пикселя. В зависимости от результата сравнения, пикселю изображения присваивается значение 0 или 1.

В основе данного преобразования лежит гистограмма изображения, а также её «модальность» - наличие «горба» или максимума. Если гистограмма имеет одну моду, такая гистограмма является унимодальной, что свидетельствует о яркостной однородности изображения. Бимодальная гистограмма с двумя явными модами, разделенными заметной «впадиной», подразумевает, что данное изображение содержит заметно отличающиеся друг от друга «светлую» и «темную» области, часто называемые «фоном» и «объектом». Разделение этих областей порогом, определяемым по гистограмме, называется адаптивной бинаризацией изображения.

В методах оптимальной пороговой бинаризации основной вопрос – выбор оптимального порога, который решается различными подходами, в основе которых лежит применение элементов теории вероятности и математической статистики. Пример можно увидеть на рисунке 32.

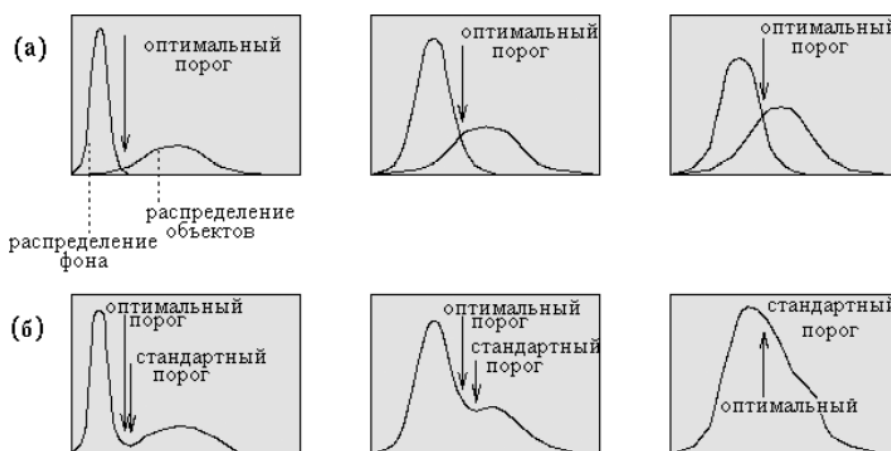


Рисунок 32 – Уровни яркости аппроксимируются двумя нормальными распределениями.
а) функции распределения объекта и фона, б) соответствующие гистограммы и оптимальный порог

IMAQ Threshold – виртуальный прибор, выполняющий бинаризацию изображения, исходя из заданных значений минимального или максимального порогов (рисунок 33). После выполнения операции, значение каждого пикселя становится равно 0 («фон») или 1 («объект»).

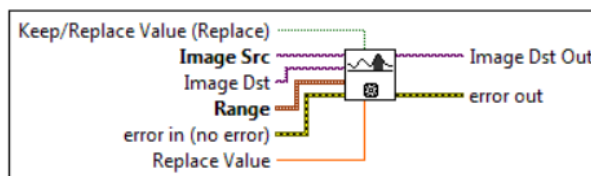


Рисунок 33 – Функция IMAQ Threshold

Входные параметры данного ВП:

- выбор режима работы – заменять ли пиксели, лежащие между пороговыми значениями заданными в Range на величину, указанную в Replace Value (Keep/Replace Value)
- исходное изображение (Image);
- шаблон выходного изображения (Image Dst);
- значения минимального и/или максимального порогового значения (Range);
- сообщение об ошибках (error in), полученных с выхода других виртуальных приборов;
- значение, на которое будет произведена замена пикселей, лежащих в диапазоне Range (Replace Value).

IMAQ AutoBThreshold – виртуальный прибор, выполняющий бинаризацию автоматически определяя оптимальный порог (рисунок 34). Пример – рисунок 35.

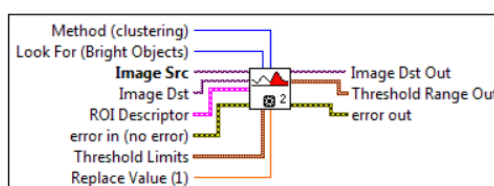


Рисунок 34 – Функция IMAQ AutoBThreshold

Входные параметры данного ВП:

- выбор метода определения порога, подходящего для задачи (Method)
- исходное изображение (Image);
- шаблон выходного изображения (Image Dst);
- выбор области интереса, для которой будет применена бинаризация;

- сообщение об ошибках (error in), полученных с выхода других виртуальных приборов;
- границы значений яркости, используемых для расчёта оптимального порогового значения (Threshold limits);
- значение, которое используется для пикселей выделенных объектов после бинаризации (Replace Value).

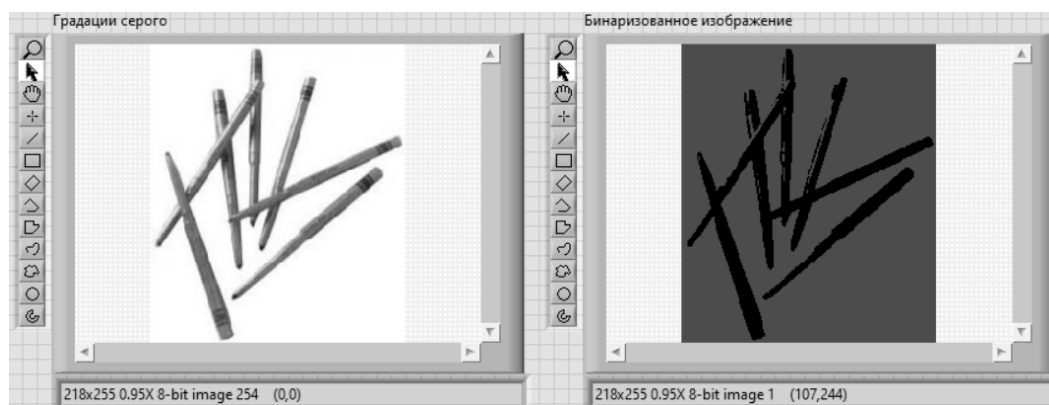


Рисунок 35 – Пример адаптивной бинаризации с IMAQ AutoBThreshold

В составе пакета NI Vision также содержатся ВП для сегментации многомодальных изображений IMAQ MultiThreshold и IMAQ AutoMThreshold. Их подробно рассматривать не будем.

7.3 Обработка цветных изображений

Поскольку цветные изображения могут быть представлены в виде трёх независимых цветовых плоскостей в формате 8-битного изображения, каждая из которых характеризует свою составляющую цвета, то можно говорить о том, что к ним применимы процедуры яркостных преобразований характерные для полутоновых изображений. Однако их применение осложняется наличием различных цветовых моделей, по-разному работающими с разными цветовыми и другими составляющими изображений.

В NI Vision включены виртуальные приборы для такой обработки: IMAQ ColorHistogram, IMAQ ColorHistogramh, IMAQ ColorThreshold

IMAQ ColorHistogram – ВП дающий отчет по гистограмме каждой из трёх цветовых составляющих цветного изображения (рисунок 36).

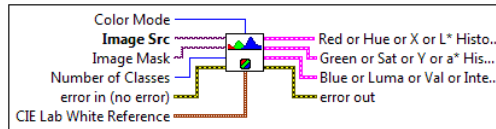


Рисунок 36 – Функция IMAQ ColorHistogram

Входные параметры совпадают с IMAQ Histogram для полутоновых изображений, за исключением одного – в IMAQ ColorHistogram позволяет выбрать цветовую модель, с точки зрения которой будет производиться анализ (Color Mode). Соответственно, на выходе будет отчёт о гистограмме по каждой составляющей цветовой модели.

IMAQ ColorHistogram – ВП для построения графика гистограммы для каждой из трёх составляющих изображения в рамках выбранной цветовой модели (рисунок 37).

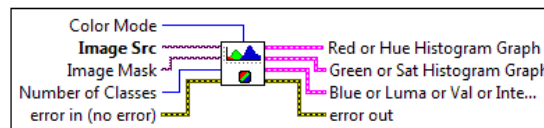


Рисунок 37 – Функция IMAQ ColorHistogram

Ситуация с входными и выходными параметрами аналогична предыдущему случаю.

IMAQ ColorThreshold – ВП для реализации пороговой бинаризации по каждой из трёх составляющих изображения (рисунок 38).

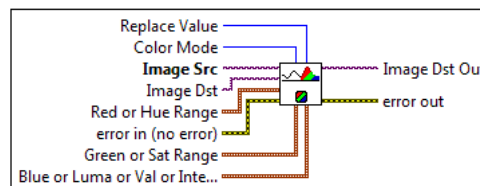


Рисунок 38 – Функция IMAQ ColorThreshold

Как и в предыдущих случаях, в данном ВП добавили новые параметры для реализации цветовой обработки. В данном случае это входные параметры Red or Hue Range, Green or Sat Range, Blue or Luma or Val or Intensity Range позволяющие задать

параметры бинаризации с учётом каждой цветовой составляющей в зависимости от выбранной модели. На каждый параметр необходимо подать кластер из двух значений – Low Value (нижнее значение порога и Upper Value (верхнее значение порога).

Реализацию обработки с использованием данного ВП можно увидеть на рисунке 39. Использован виртуальный прибор из базы примеров LabVIEW.

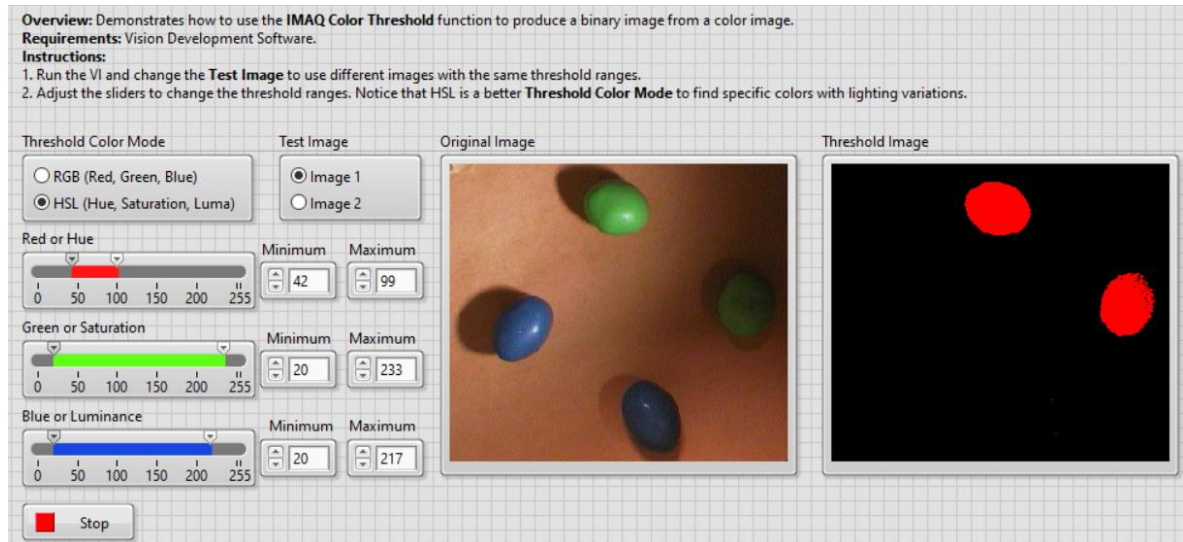


Рисунок 39. Пример ВП с применением IMAQ ColorThreshold

7.4 Анализ профиля

Профиль изображения – функция интенсивности изображения, распределённого вдоль заданной линии.

Простейшие случаи – профиль строки изображения (7) и профиль столбца изображения (8):

$$Profile_y[X] = Im[x, y], \quad (7)$$

$$Profile_x[Y] = Im[x, y], \quad (8)$$

В общем случае, профиль изображения может быть составлен вдоль любой прямой, ломанной или кривой линии, пересекающей изображение.

Профиль изображения вдоль заданной линии формируется в виде массива, а затем анализируется доступными инструментами NI Vision, что позволяет выделять

особые точки функции профиля, соответствующие контурам изображения, пересекаемым данной линией.

На чтении профиля линии основано считывание штриховых кодов: берётся прямая линия, пересекающая код в продольном направлении. Определённая последовательность штрихов и пробелов различной ширины несёт в себе всю необходимую информацию, которая в нём запечатлена выбранным методом кодирования. На профиле хорошо видны толщины штрихов и пробелов в коде, а также границы (начало и конец последовательности) (рисунок 40).

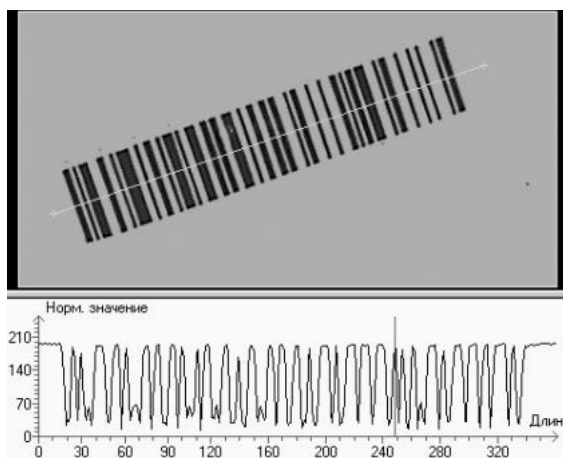


Рисунок 40 – Пример профиля изображения штрих-кода

IMAQ LineProfile – ВП, осуществляющий выборку значений интенсивности пикселей вдоль заданной линии и отображение в формате, совместимом с ВП Waveform Graph (рисунок 41).

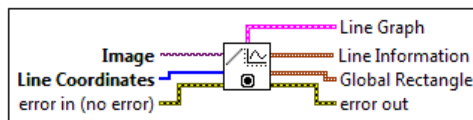


Рисунок 41 – Функция IMAQ LineProfile

На вход ВП подаётся изображение и массив координат линии из четырёх элементов: $X_{\min}$, $X_{\max}$, $Y_{\min}$, $Y_{\max}$.

Функция возвращает кластер со значениями функции профиля, значения интенсивности (минимальная, максимальная, средняя), стандартное отклонение, число точек в профиле.

Реализацию использования данного ВП можно увидеть на рисунке 42. Использован виртуальный прибор из базы примеров LabVIEW.

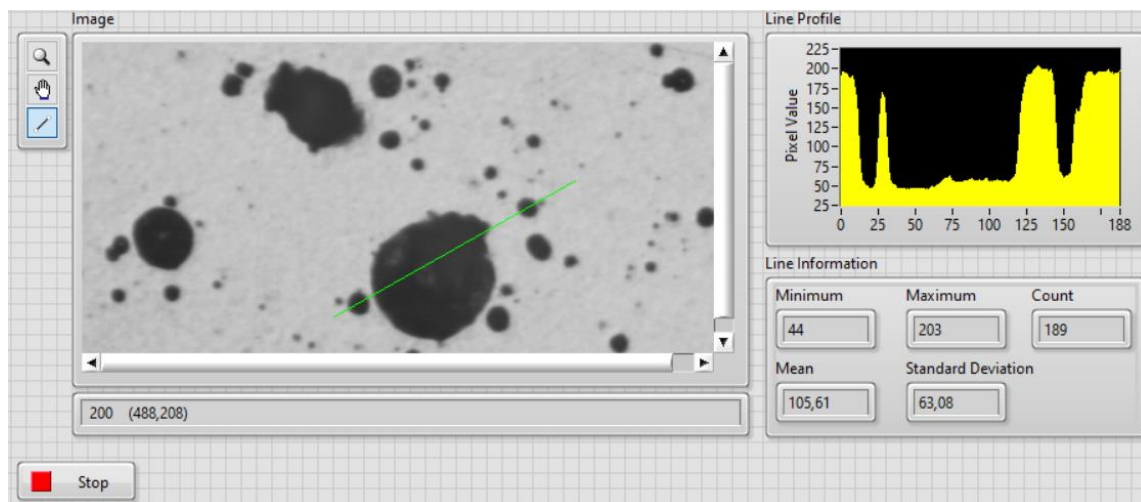


Рисунок 42. Пример ВП с применением IMAQ LineProfile

IMAQ Simple Edge – ВП для обнаружения перепадов яркости изображения вдоль заданной линии.

Входными параметрами функции будут являться:

- Исходное изображение
- Массив координат линии
- Параметры бинаризации, т.е. пороговые параметры, позволяющие определять, при пересечении какого порога яркости считать точки «краевыми»
- Параметр задания режима работы из трёх вариантов: обнаружение первой краевой точки, первой и последней, или всех, встречающихся на данном профиле.

На выходе ВП будет выведена информация о числе найденных краевых точек и их координаты.

IMAQ Edge Tool – ВП для обнаружения краевых точек вдоль профиля линии с учётом локальных перепадов яркости вместо глобальных порогов бинаризации (рисунок 43).

С помощью данного ВП можно выделить краевые точки, характеризующиеся определённым спадом значений яркости по сравнению с другими точками, либо

точки с определённой крутизной перепада яркости, а также определить их координаты с субпиксельной точностью до 1/12 пикселя.

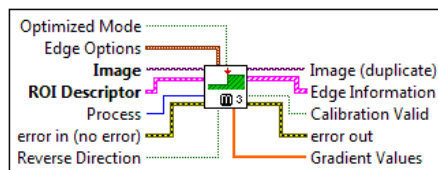


Рисунок 43 – Функция IMAQ Edge Tool

Выходные данные:

- Координаты краевых точек;
- Значения перепада интенсивности в точках;
- Вид перепада (тёмная-светлая область и наоборот).

IMAQ Peak-Valley Detector – ВП, позволяющий определять положение локальных максимумов и минимумов в одномерном массиве (профиле яркости, проекции, гистограмме), а так же производить их отбор по минимальной амплитуде и ширине области между ними (рисунок 44).

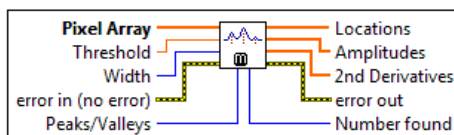


Рисунок 44 – Функция IMAQ Peak-Valley Detector

Выходные данные:

- Число обнаруженных пиков;
- Положение пиков;
- Амплитуды пиков;
- Вторая производная растрового массива.

7.5 Анализ проекции

Проекция изображения – сумма интенсивности пикселей изображения в направлении, перпендикулярном некоторой оси.

Простейший случай проекции двумерного изображения – вертикальная проекция на ось X (9), горизонтальная проекция на ось Y (10).

$$Proj_y[x] = \sum_{y=0}^{DimY-1} Im[x, y], \quad (9)$$

$$Proj_x[y] = \sum_{x=0}^{DimX-1} Im[x, y], \quad (10)$$

Общий случай – проекция изображения на произвольную ось.

Проекция изображения в направлении перпендикуляра к заданной оси формируется в виде массива, а затем анализируется доступными инструментами NI Vision, что позволяет выделять особые точки проекции, соответствующие вертикальным или горизонтальным контурам различных объектов на изображении.

Свойства выделяемые путём анализа проекции носят глобальный характер и относятся ко всей анализируемой области. К примеру, в случае если на изображении присутствуют несколько контрастных объектов, на его проекции будут отображаться особенности функции, соответствующие положению каждого объекта.

Чтение проекций используются в некоторых системах считывания машиночитаемых документов для быстрого обнаружения и сегментации на изображении текстовых строк. Так на рисунке 45 видно, что две машиночитаемые строки дают два заметных экстремума на графике горизонтальной проекции изображения.



Рисунок 45— Пример проекции изображения с документом

IMAQ LinearAverages – ВП позволяющий получить вертикальную и горизонтальную проекции изображения (рисунок 46).

Выходные данные ВП:

- Средние значения по столбцам
- Средние значения по строкам
- Сумму средних по столбцам и строкам
- Разность средних по столбцам и строкам

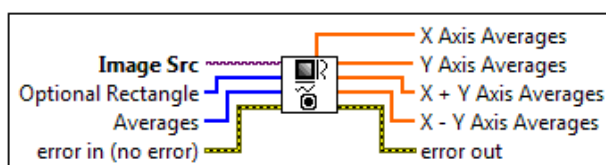


Рисунок 46 – Функция IMAQ LinearAverages

7.6 Фильтрация изображений

Фильтрация изображения – операция, в результате которой получается изображение того же размера из исходного по некоторым правилам. Является одной из фундаментальных операций компьютерного зрения и обработки изображений. С той или иной фильтрации исходных изображений начинается работа подавляющего большинства алгоритмов обработки изображений.

Чаще всего, на практике, под фильтрацией понимают «помеховую фильтрацию», то есть устранение последствий искажения изображений. При этом предполагают, что существует некоторое исходное «чистое» изображение, которое в силу различных причин было искажено, а далее ставят задачу получения наиболее близкого (к «чистому») по своим характеристикам изображения из текущего путём некоторой обработки.

Наиболее популярным и рассматриваемым искажением цифрового изображения является цифровой шум, который представляет собой случайное изменение яркостной или цветовой составляющей элементов изображения. Такое искажение называют независимым зашумлением пикселей.

Существует различные математические модели описания такого вида зашумлений, и наиболее общей является «шум замещения». Основная идея – каждый пиксель изображения сохранит или изменит значение своей яркостной

составляющей с некоторой известной вероятностью. Такая модель громоздка при работе с полутоновыми изображениями (требуется задавать таблицу переходных вероятностей размера $I_{\max}^2$, которая чаще всего будет равна 256×256), однако очень удобна в случае бинарных изображений ($I_{\max}=2$). Для такого случая есть известный вариант данной модели под названием «соль и перец» (рисунок 47).

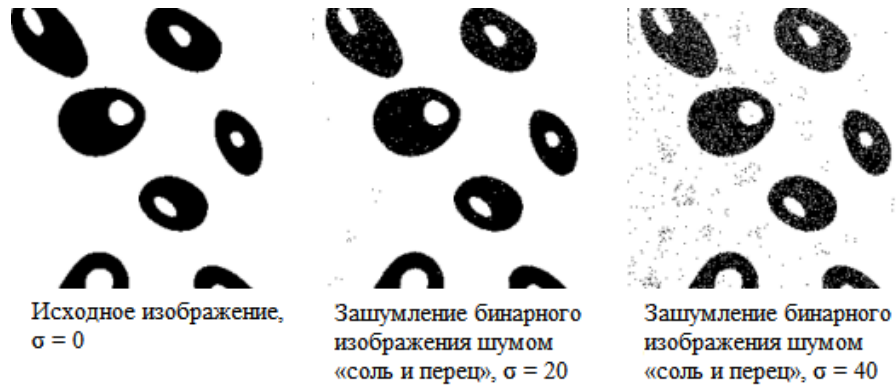


Рисунок 47 – Зашумление бинарного изображения по модели «соль и перец»

Для полутоновых изображений чаще всего рассматривают более частную модель зашумления – аддитивный шум (рисунок 48). Основная идея – зашумленное изображение порождается по закону (11):

$$Im'[x, y] = Im[x, y] + R(x, y), \quad (11)$$

где $Im'[x, y]$ – пиксель зашумленного изображения;

$Im[x, y]$ – пиксель исходного изображения;

$R(x, y)$ – случайная аддитивная шумовая компонента.

Закон распределения аддитивной шумовой компоненты описывают параметрическим семейством нормальных и гауссовских распределений с нулевым средним. Такая модель называется аддитивным гауссовским шумом и описывается выражением (12):

$$Im'[x, y] = Im[x, y] + N(0, \sigma), \quad (12)$$

где $N(a, \sigma)$ – нормальное распределение;

μ – математическое ожидание нормально распределенного сигнала;
 σ – средний квадрат отклонения нормально распределенной величины.



Рисунок 48 – Зашумление полутонового изображения по модели аддитивного гауссовского шума

Для уменьшения влияния шумовой компоненты на дальнейшее применение изображения прибегают к различным способам её фильтрации.

Методов фильтрации существует большое количество и их принято разделять, в первую очередь, по подходу к обработке: методы обработки в пространственной области (пространственные методы) и методы обработки в частотной области (частотные методы).

Обработка изображения в пространственной области подразумевает прямое выполнение различных операций над совокупностью пикселей составляющих его плоскость. Такие процессы можно записать в виде выражения (13):

$$g(x, y) = h[f(x, y)], \quad (13)$$

где $g(x, y)$ – выходное изображение;

$f(x, y)$ – входное изображение;

h – некоторый оператор преобразования, определённый в некоторой окрестности точки (x, y) .

Помеховая фильтрация в пространственной области основывается на идее оценки исходного значения каждого пикселя с учётом значения как самого пикселя, так и нескольких ближайших к нему соседних. В статистическом смысле это означает, что мы неявно опираемся на предположение о том, что на исходном

незашумленном изображении значения яркостей всех этих соседних пикселей были одинаковыми или очень близкими, и наблюдаемые различия в их яркостях на зашумленном изображении определяются только присутствием шумовой компоненты, которую и необходимо исключить.

Совокупность оцениваемого пикселя и ближайших к нему соседних элементов (окрестности) изображения называется «окном» или «апертурой» фильтрации. Окно может быть произвольной формы, однако чаще всего используется прямоугольная или квадратная.

Типовая процедура фильтрации предполагает, что окно фильтрации последовательно движется по входному изображению, при этом в каждом положении окна происходит анализ всех пикселей, принадлежащих окну в данный момент. На основе такого анализа центральному пикселю окна на выходном изображении присваивается то или иное финальное значение. Сформированное изображение называется результатом фильтрации.

Сами процедуры фильтрации могут различаться такими параметрами:

- Размер и форма окна фильтрации;
- Тип собираемых локальных статистик в окне;
- Способ принятия решения на основе этих статистик.

Основными видами пространственных фильтров являются линейные и нелинейные.

7.6.1 Фильтрация бинарных изображений

Для бинарных изображений наиболее удобной и приближённой к реальным условиям является модель шума замещения «соль и перец». Под шумом такой модели понимают замещение значений 1 на 0 с вероятностью $(1 - p)$ и замещение 0 на 1 с вероятностью $(1 - q)$. Пример такого зашумления можно увидеть на рисунке 43. Заметно, что чем больше параметры зашумления $(1 - p)$ и $(1 - q)$, тем сильнее искажено изображение.

Чтобы формально описать процедуру оконной фильтрации вводят описание структуры таких фильтров:

Входное изображение – массив размера $l \times k$ элементов (14), каждый из которых соответствует пикселю изображения и принимает значения (15).

$$x_{ij}(i = \overline{1, l}; j = \overline{1, k}), \quad (14)$$

$$x_{ij} = \{1, 0\}. \quad (15)$$

Выходное изображение – массив размера $l \times k$ элементов (16), каждый из которых соответствует пикселю изображения и принимает значения (17).

$$y_{ij}(i = \overline{1, l}; j = \overline{1, k}), \quad (16)$$

$$y_{ij} = \{1, 0\}. \quad (17)$$

Правило принятия решения – правило, по которому принимается решение о значении пикселя выходного изображения.

Апертура – множество пикселей изображения, расположенное некоторым образом относительно базового пикселя.

Базовый пиксель – пиксель, для которого принимается правило принятия решения. Определяет положение апертуры на изображении.

Апертура представляет собой массив $d \times c$ элементов (18), каждый из которых соответствует пикселю апертуры и принимает значения (19). Если значение элемента апертуры равно 0 – значит элемент не включен в неё.

$$\Omega_{ij}(i = \overline{1, d}; j = \overline{1, c}), \quad (18)$$

$$\Omega_{ij} = \{0, 1, 2, \dots\}. \quad (19)$$

Координата базового пикселя указывается относительно элемента с координатами $(i = 1; j = 1)$ – левого верхнего угла апертуры.

Число элементов апертуры (20):

$$n = \sum_{i=1}^d \sum_{j=1}^c \Omega_{ij}. \quad (20)$$

Число единиц k_1

Число нулей k_0

7.6.2 Логическая фильтрация помех

При выполнении такой фильтрации выбирается апертура, в которой не учитывается базовый пиксель, например 3×3 (в неё будет включено 8 пикселей). Решение о значении базового пикселя принимается после опроса всех пикселей входящих в апертуру Ω_{ij} , и так для каждого пикселя y_{ij} . ППР в виде выражения (21):

$$y_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если все пиксели в } \Omega_{ij} \text{ равны } 1 \\ 0, & \text{если все пиксели в } \Omega_{ij} \text{ равны } 0. \\ x_{ij}, & \text{в остальных случаях} \end{cases} \quad (21)$$

Данное выражение означает, что в случае, если все соседние пиксели относительно базового имеют значение 0, то и он будет равен 0. Если все пиксели имеют значение 1, то базовому будет присвоено значение 1. Если соседние элементы имеют отличные друг от друга значения, то базовый пиксель сохраняет первоначальное значение.

Такая фильтрация используется для фильтрации редких одиночных шумовых значений.

7.6.3 Бинарная медианная фильтрация

При данной фильтрации выбирается апертура Ω_{ij} , содержащая нечётное количество элементов n . После опроса входящих в апертуру пикселей получаем последовательность $\{x^1, \dots, x^n\}$ из элементов, имеющих значение 0 и 1. Далее последовательность упорядочивается – в начало перемещаются нулевые значения, затем размещаются единичные. Затем выбирается значение элемента из середины данной последовательности (элемент с индексом $\frac{n+1}{2}$), которое и будет присвоено элементу y_{ij} выходного изображения. ППР в виде выражения (22):

$$y_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если в апертуре } \Omega_{ij} \text{ количество единиц больше, чем нулей} \\ 0, & \text{если в апертуре } \Omega_{ij} \text{ количество нулей больше, чем единиц} \end{cases} \quad (22)$$

Пример медианной фильтрации с апертурой окна 3x3 приведён на рисунке 49. Такой фильтр хорошо справляется с зашумлением слабой и средней интенсивности. Для подавления шумов высокой интенсивности прибегают к медианной фильтрации с большим значением апертуры (рисунок 50).

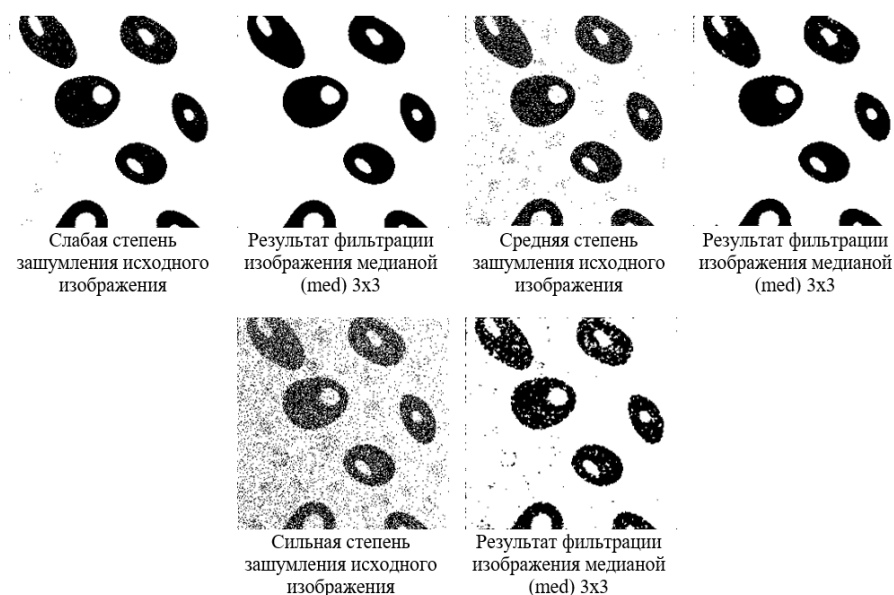


Рисунок 49 – Результат медианной фильтрации изображений разной степени зашумления с использованием апертуры фильтра 3x3

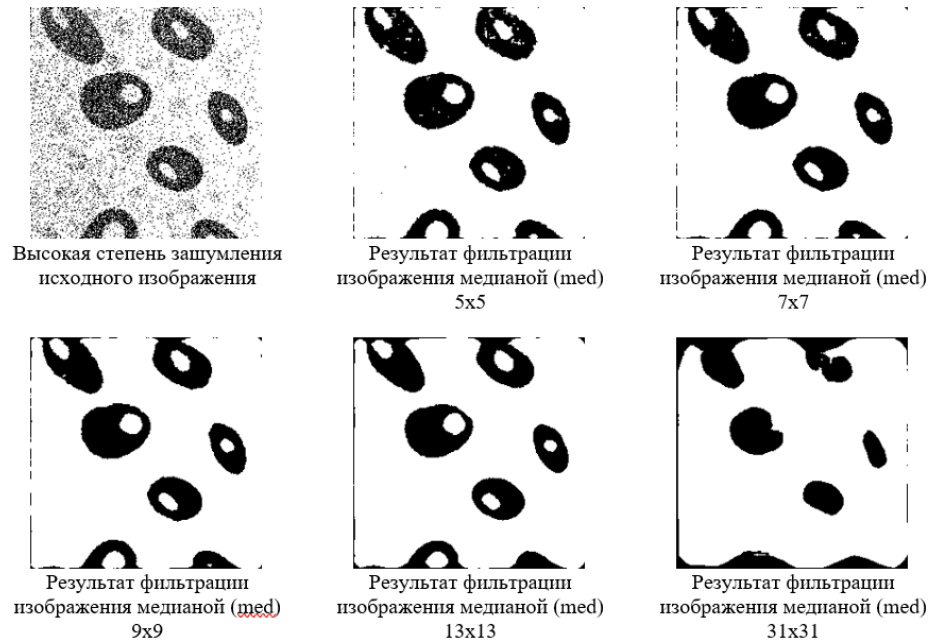


Рисунок 50 – Результат медианной фильтрации с различными значениями апертур фильтра

Как видно из рисунка 46, увеличение апертуры повышает способность фильтра к шумоподавлению, однако вместе с тем очертания объектов начинают искажаться. Поэтому в каждом конкретном случае фильтры необходимо настраивать в зависимости от наблюдаемой степени искажений, характерных размеров наблюдаемых объектов.

7.6.4 Бинарная ранговая фильтрация

Данный фильтр является обобщением медианного. Правило принятия решения будет иметь соответствующий вид (23):

$$y_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если в апертуру } \Omega_{ij} \text{ попадает } k_1 \geq k_0 \\ 0, & \text{если в апертуру } \Omega_{ij} \text{ попадает } k_0 \geq n + 1 - k' \end{cases} \quad (23)$$

где k – константа, называется рангом, удовлетворяет условиям (24).

$$0 < k \leq n. \quad (24)$$

В случае медианного фильтра ранг (25):

$$k = \frac{n + 1}{2}. \quad (25)$$

Фильтрация с меньшим рангом применяется в случае, если вероятность перехода 1 в 0 выше вероятности перехода 0 в 1. В противоположной ситуации выбирается более высокое ранговое значение.

В практическом плане, данный фильтр применяется в случае униполярного шума с параметрами $p = 1$ или $q = 1$. При этом оптимальная ранговая фильтрация принимает вид максимального или минимального фильтра.

7.6.5 Взвешенная ранговая фильтрация

В данной фильтрации решается проблема зашумления границ и мелкоразмерных объектов при ранговой фильтрации. Сама проблема возникает из предположения, что однородные области на исходном изображении столь велики, что число положений апертуры Ω_{ij} при которых она целиком на них попадает, намного больше числа попаданий на переходные области.

Повысить устойчивость фильтрации возможно, придав большее влияние на принятие решения именно тем пикселям апертуры, которые расположены ближе всего к базовому. Это осуществляется введением т.н. матрицы весов – матрицы, состоящей из значений весовых коэффициентов q_{kl} для каждого входящего в апертуру пикселя.

В ходе процесса подсчёта модифицированного числа единиц k_1 , значение каждого пикселя x_{kl} входящего в апертуру Ω_{ij} умножается на определённый весовой коэффициент q_{kl} .

Правило принятия решения аналогично ранговой фильтрации с учетом новых значений n (27) и k_1 (26):

$$k_1 = \sum_{x_{kl} \in \Omega} q_{kl} x_{kl}. \quad (26)$$

$$n = \sum_{x_{kl} \in \Omega} q_{kl}. \quad (27)$$

7.6.6 Нелинейная фильтрация полутоновых изображений

Алгоритмы нелинейной фильтрации полутоновых изображений делится на две большие группы: нелинейные ранговые и морфологические фильтры.

Нелинейная ранговая фильтрация является обобщением бинарной ранговой фильтрации.

Вокруг каждого элемента изображения выбирается окрестность, входящие в неё элементы упорядочиваются по возрастанию яркости. Ранговый фильтр порядка r выбирает из полученного вариационного ряда элемент с номером r и присваивает его значение исходному элементу изображения.

При этом, r удовлетворяет условию:

$$1 < r < N. \quad (28)$$

Фильтр является медианным при чётном значении N и r равным (29):

$$r = \frac{N + 1}{2}. \quad (29)$$

Медианный фильтр достаточно часто применяется в обработке изображений, поскольку хорошо справляется с шумоподавлением – результат фильтрации нечувствителен к плотности распределения шумовой компоненты. Такой фильтр с апертурой типа $(2M + 1) \times (2M + 1)$ хорошо подавляет локальные области с линейным размером менее M .

Пример медианной фильтрации полутонового изображения с апертурой окна 3×3 приведён на рисунке 51.

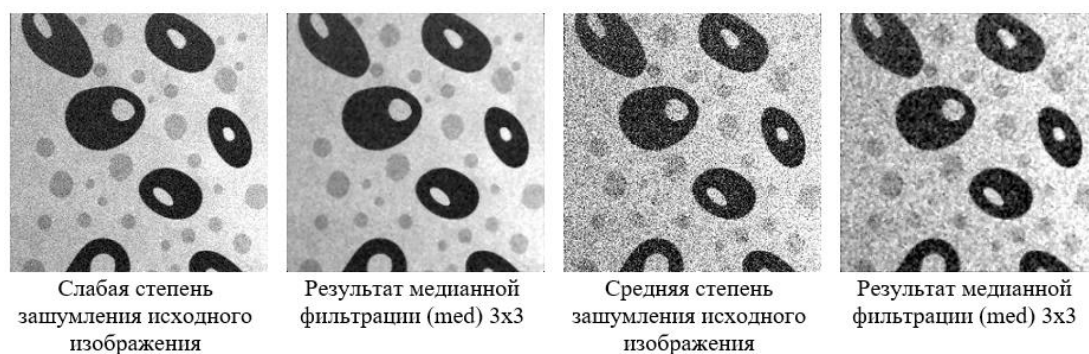


Рисунок 51 – Результат медианной фильтрации полутоновых изображений разной степени зашумления с использованием апертуры фильтра 3x3

Как и в случае с бинарными изображениями, такой фильтр неплохо справляется с зашумлением слабой и средней интенсивности. Для подавления шумов более высокой интенсивности прибегают к медианной фильтрации с большим значением апертуры (рисунок 52).

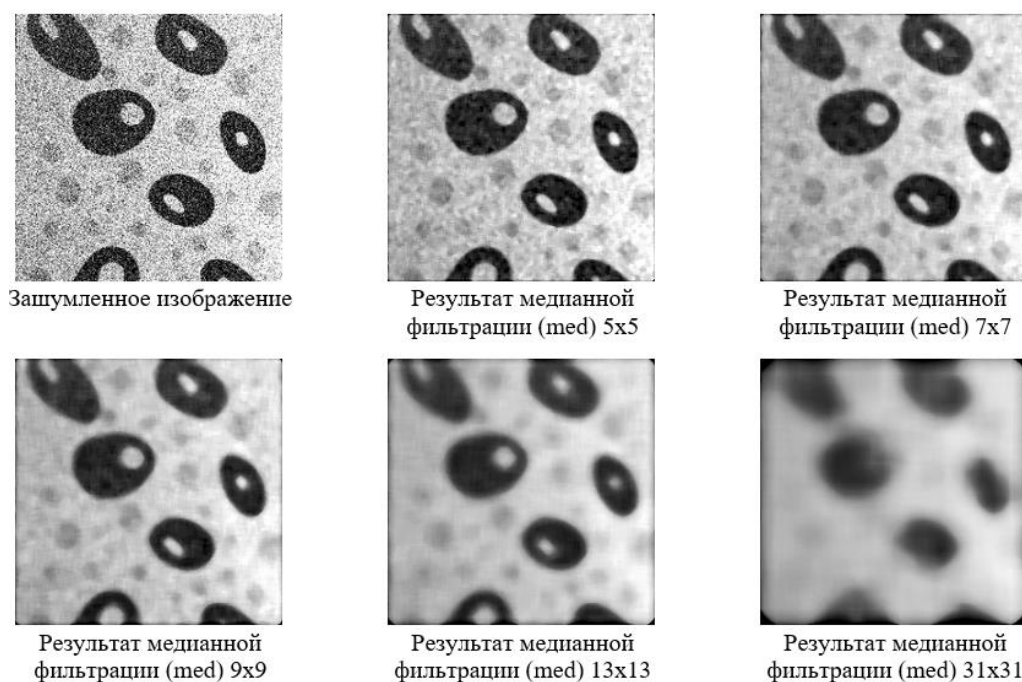


Рисунок 52 – Результат медианной фильтрации полутоновых изображений с различными значениями апертур фильтра

Аналогично медианной фильтрации бинарных изображений, в данном случае увеличение апертуры повышает способность фильтра к шумоподавлению, однако вместе с тем сильно искажает очертания объектов. Поэтому в каждом конкретном случае фильтры необходимо настраивать в зависимости от наблюдаемой степени искажений, характерных размеров наблюдаемых объектов.

В фильтрации полутоновых изображений так же практически применяются минимальные и максимальные фильтры – фильтры, использующие элемент вариационного ряда с меньшим или большим рангом. Их применение полезно при необходимости подавить униполярный шум – минимальный фильтр для выбросов положительной полярности и максимальный фильтр для выбросов отрицательной полярности.

Однако их раздельное применение искажает форму сигнала объекта, поэтому чаще всего используется схема из последовательного применения обоих фильтров – минимаксная фильтрация.

Оптимальный порядок применения того или иного фильтра определяется характеристиками входного изображения: если неискаженное изображение состоит из ярких объектов на темном фоне, то правильным будет применить сначала минимальный фильтр, а затем максимальный. При обратной ситуации порядок соответственно изменяется.

Для реализации в LabVIEW нелинейной ранговой фильтрации в составе пакета NI Vision содержится ВП IMAQ NthOrder (рисунок 53).

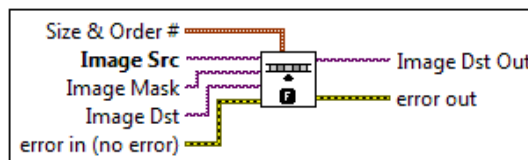


Рисунок 53 – Функция IMAQ NthOrder

Входные параметры в целом аналогичны ранее рассмотренным функциям. Параметры фильтра задаются во входном терминале «Size & Order» в виде кластера значений состоящего из размера окна фильтрации и ранга фильтра.

7.6.7 Линейная пространственная фильтрация полутоновых изображений

Линейная пространственная фильтрация изображений представляет собой вычисление линейной комбинации значений яркости пикселей в окне фильтрации с коэффициентами матрицы весов (маски) линейного фильтра.

На рисунке 54 иллюстрируется схема линейной пространственной фильтрации изображения с использованием окрестности 3x3 пикселей.

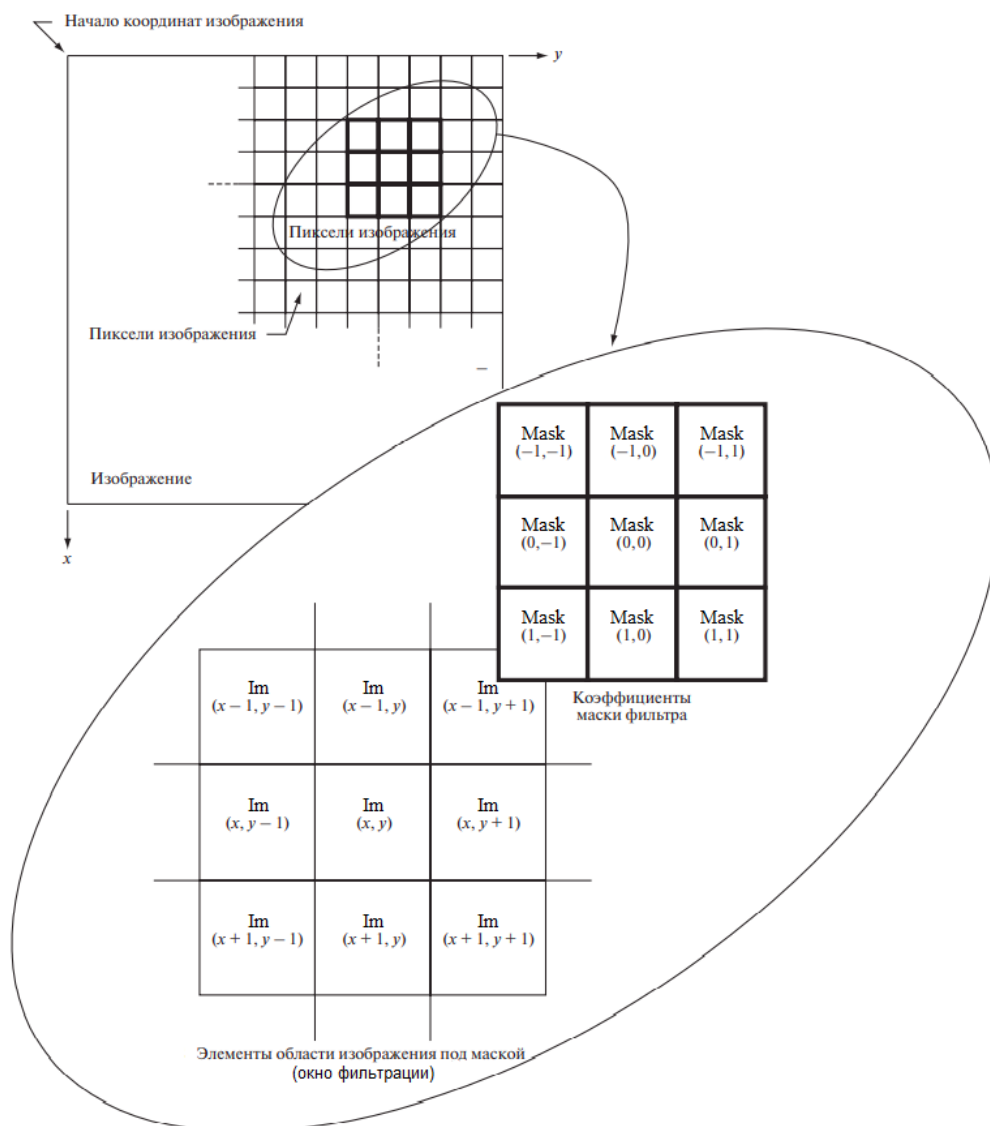


Рисунок 54 – Схема линейной пространственной фильтрации

На данном изображении схематично показана плоскость изображения, относительное положение окна фильтрации, а также представление данного окна (фрагмента изображения с центральным пикселем $Im(x, y)$) и маски коэффициентов фильтра $Mask(i, j)$ в виде матриц значений.

Процесс линейной пространственной фильтрации можно описать как перемещение окна фильтрации от пикселя к пикселю изображения. В каждой точке изображения результатом фильтрации будет новое значение, вычисляемое по формуле (30):

$$Im'[x, y] = \sum_i \sum_j (Im[x + i, y + i]) \times (Mask[x + i, y + i]). \quad (30)$$

где i и j – соответственно значения полуширины и полувысоты окна фильтрации.

Конкретно в примере на рисунке 54 обе величины равны единице.

Результат применения данной формулы ко всем пикселям называется свёрткой изображения Im с маской $Mask$.

7.6.8 Фильтр скользящего среднего

Данный фильтр является простейшим видом линейной пространственной фильтрации. Представляет собой двумерный аналог низкочастотного одномерного П-образного фильтра скользящего среднего. Результат фильтрации – значение математического ожидания, вычисляемое по всем пикселям окна. В математическом смысле, это свёртка с маской, все элементы которой равны n^{-1} (n – количество элементов маски).

Пример маски фильтра скользящего среднего типичного размера 3x3 (31):

$$\frac{1}{9} \times \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}. \quad (31)$$

Пример фильтрации с такой маской (рисунок 55):

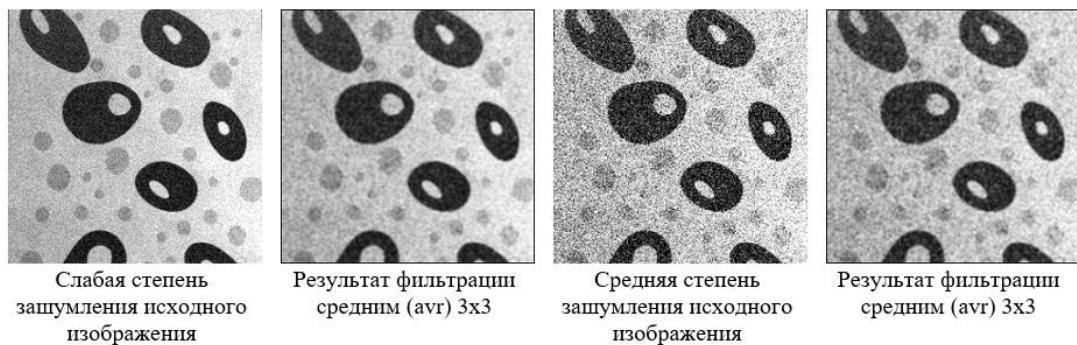


Рисунок 55 – Результат применения фильтра скользящего среднего

На данной иллюстрации приведены примеры фильтрации полутонового изображения с зашумлением разной степени интенсивности. Сравнение с медианной фильтрацией (рисунок 51) показывает относительно меньшую способность фильтра скользящего среднего к шумоподавлению.

При увеличении окна фильтрации способность к подавлению шумовой компоненты возрастает (рисунок 56), однако появляется ярко выраженный эффект размытия краёв объектов, который не был столь явен при медианной фильтрации.

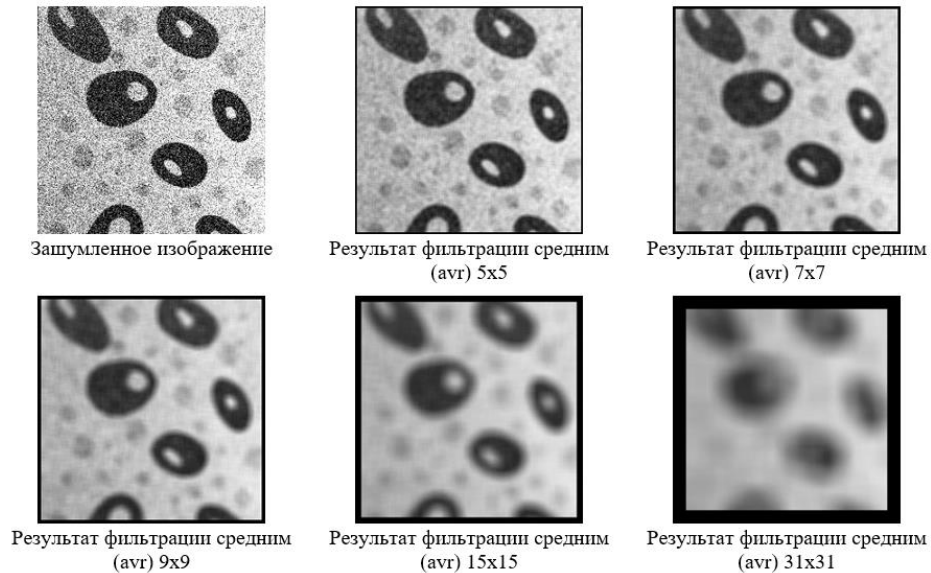


Рисунок 56 – Результат применения фильтра скользящего среднего с различным размером окна фильтрации

7.6.9 Фильтр Гаусса

Данный фильтр так же является одним из простых представителей линейных фильтров. В основе лежит свёртка изображения с использованием функции Гаусса. Особенность его в том, что элементы маски такого фильтра содержат весовые коэффициенты, где наибольшее значение присваивается центральному элементу, а соседние получают меньшие веса в зависимости от удалённости. Таким образом, более близким точкам окрестности придаётся большее влияние на результат свёртки, за счёт этого фильтр становится более устойчив к сохранению границ и краёв объектов на изображении.

Пример маски фильтра Гаусса (32):

$$\frac{1}{16} \times \begin{matrix} 1 & 2 & 1 \\ 2 & 4 & 2 \\ 1 & 2 & 1 \end{matrix} \quad (32)$$

Пример фильтрации с такой маской (рисунок 57):



Рисунок 57 – Результат применения Гауссовского фильтра с различным размером окна фильтрации

Для реализации в LabVIEW линейной фильтрации в составе пакета NI Vision содержится такие ВП, как IMAQ Convolute и IMAQ LowPass.

IMAQ Convolute – ВП, позволяющий произвести линейную фильтрацию (свёртку) изображения в пространственной области с любой произвольно заданной маской (рисунок 58).

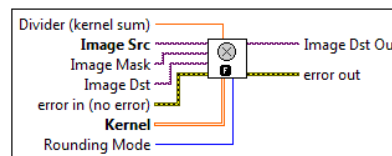


Рисунок 58 – Функция IMAQ Convolute

Параметры фильтрации задаются входными терминалами Kernel и Divider. На вход Kernel подаётся маска свёртки в виде двумерного массива. На вход Divider подаётся сумма всех значений ячеек маски для нормировки выходного значения фильтра.

IMAQ LowPass – ВП, реализующий сглаживающий низкочастотный фильтр в пространственной области (рисунок 59).

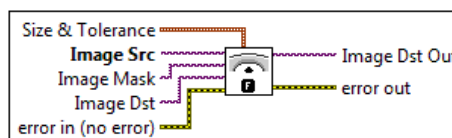


Рисунок 59 – Функция IMAQ LowPass

Для данного фильтра параметры задаются на входном терминале «Size & Tolerance» в виде кластера значений, содержащем размеры маски и величины отклонения центрального пикселя от среднего в маске.

7.6.10 Фильтрация изображения в частотной области

Данный вид фильтрации основан на представлении изображения в частотной области и его модификации путём применения преобразования Фурье.

Само по себе изображение, как и некоторые другие данные, полученные с цифровых носителей или источников информации, представляют собой упорядоченные наборы чисел, записанные в виде векторов или матриц. Для выявления и обработки периодических компонент в данных удобно использовать их представление в частотной области.

Для представления изображения в частотной области используются методы основанные на преобразовании Фурье и, в частности, двумерное дискретное преобразование Фурье.

Двумерное дискретное преобразование Фурье изображения f , которое обозначается $F(u, v)$, задаётся уравнением (33):

$$F(u, v) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) e^{-i2\pi\left(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N}\right)}, \quad (33)$$

при $u = 0, 1, 2 \dots M - 1$ и $v = 0, 1, 2 \dots N - 1$.

На выходе данного преобразования мы получаем так называемый Фурье-образ в виде матрицы значений размерности $M \times N$, который можно представить как координатную систему, задающую аргументы $F(u, v)$ частотными переменными (u, v) , где u – пространственная частота по оси x , v – пространственная частота по оси y . Заданная система координат называется частотной областью.

Для восстановления исходного изображения из Фурье-образа используется обратное дискретное преобразование Фурье (34):

$$f(x, y) = \frac{1}{MN} \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} F(u, v) e^{i2\pi\left(\frac{ux}{M} + \frac{vy}{N}\right)}. \quad (34)$$

В практически используемых алгоритмах компьютерного зрения используется варианты такого дискретного преобразования, именуемые быстрым преобразованием Фурье и обратным быстрым преобразованием Фурье.

По своей сути Фурье образ представляет собой двумерный массив значений, так же являющийся изображением. Оно представляет частоты встречаемости вариаций интенсивности света в пространственной области. В классическом центрированном представлении, высокочастотные компоненты будут расположены по краям такого изображения, а низкочастотные в центре (рисунок 60). Реальный пример можно увидеть на рисунке 61.

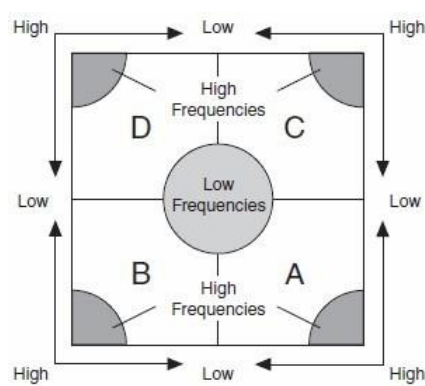


Рисунок 60 – Схематичное преставления изображения в частотной области

В данном преставлении, детали и острые края на исходном изображении ассоциируются со средними или высокими пространственными частотами, поскольку они вносят значительные изменения уровня интенсивности пикселей на коротких расстояниях. Постепенно меняющиеся значения интенсивностей связаны с низкими пространственными частотами (фон, крупноразмерные объекты).

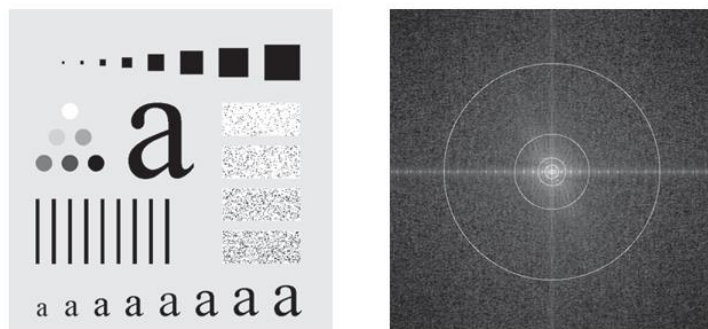


Рисунок 61 – Тестовое изображение и его Фурье-образ

Фильтруя частоты можно удалять, ослаблять или выделять пространственные компоненты, к которым они относятся.

Общий алгоритм фильтрации изображения:

1. Вычисление $F(u, v)$ с помощью БПФ;
2. Умножение $F(u, v)$ на функцию фильтра $H(u, v)$;
3. Вычисление $f(x, y)$ с помощью ОБПФ.

Наиболее широко используемым при обработке изображений является семейство фильтров на основе вещественной функции Гаусса.

Низкочастотный фильтр Гаусса имеет следующий вид (35):

$$H(u) = Ae^{\frac{u^2}{2\sigma^2}}. \quad (35)$$

В случае высокочастотного фильтра Гаусса (36):

$$H(u) = Ae^{-\frac{u^2}{2\sigma_A^2}} - Be^{-\frac{u^2}{2\sigma_B^2}}. \quad (36)$$

В двумерном случае низкочастотный Гауссов фильтр выражается (37):

$$H(u, v) = e^{-\frac{D^2(u,v)}{2D_0^2}}. \quad (37)$$

Высокочастотный фильтр Гаусса для двумерного случая (38):

$$H(u, v) = 1 - e^{-\frac{D^2(u,v)}{2D_0^2}}. \quad (38)$$

В данных выражениях D_0 будет обозначать частоту среза фильтра, а D – расстояние от конкретной точки до центра частотной области. Меняя D_0 мы фактически изменяем размах гауссианы вокруг её центра (σ).

На рисунке 62 наглядно показаны трёхмерный график передаточной функции ФНЧ Гаусса, его полутоновое изображение и радиальные профили фильтров для различных значений D_0 .

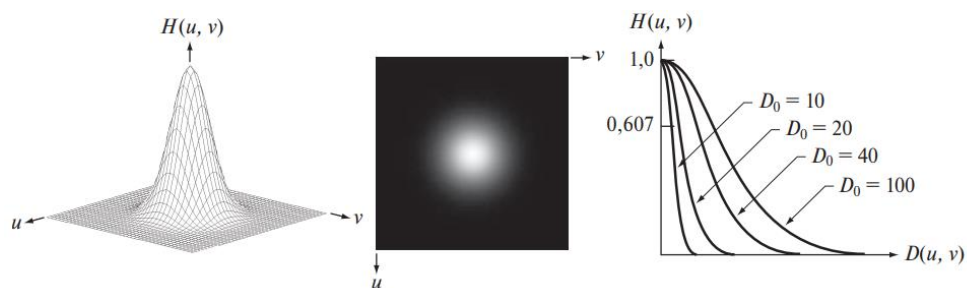


Рисунок 62 – Представления ФНЧ Гаусса

На рисунке 63 продемонстрирован пример фильтрации изображения с использованием ФНЧ Гаусса.

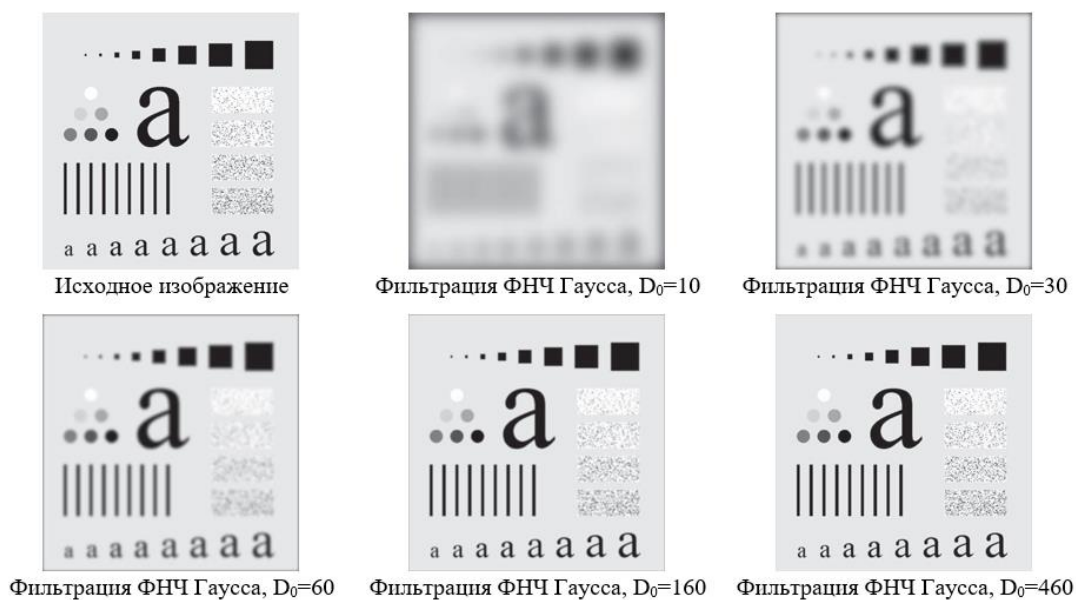


Рисунок 63 – Примеры фильтрации ФНЧ Гаусса

Вариант фильтра Гаусса высоких частот будет выглядеть так, как показано на рисунке 64. Здесь приведены трёхмерный график передаточной функции ФВЧ Гаусса, его полутонное изображение и радиальные профили фильтров для различных значений D_0 .

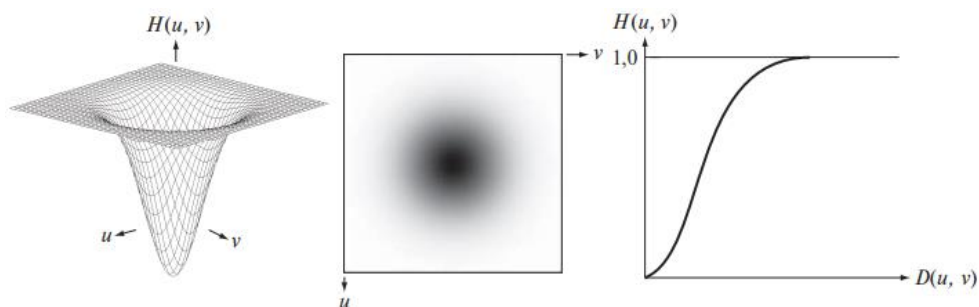


Рисунок 64 – Представления ФВЧ Гаусса

На рисунке 65 продемонстрирован пример фильтрации изображения с использованием ФВЧ Гаусса.



Рисунок 65 – Примеры фильтрации ФНЧ Гаусса

Для реализации в LabVIEW обработки изображения в частотной области в составе пакета NI Vision присутствует достаточно большая палитра функций «Frequency Domain». В ней содержится достаточно большое количество ВП. Рассмотрим наиболее значимые из них.

ИМАQ FFT – ВП выполняющий вычисление быстрого преобразования Фурье для заданного изображения (Фурье-образ) (рисунок 66).

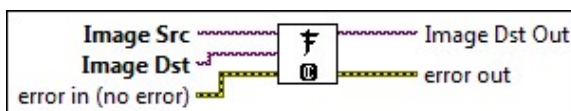


Рисунок 66 – Функция IMAQ FFT

Данная функция работает с изображениями в комплексном формате. Перед подачей на вход изображения его необходимо соответствующим образом преобразовать. Данную операцию можно выполнить с помощью ВП IMAQ ImageToComplexPlane. На выходе IMAQ FFT мы получаем Фурье-образ исходного изображения.

IMAQ InverseFFT – ВП выполняющий обратное преобразование Фурье (рисунок 67).

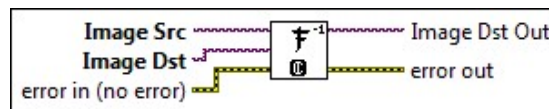


Рисунок 67 – Функция IMAQ InverseFFT

С помощью данного ВП можно восстановить исходное изображение из его Фурье образа. На вход подаётся, соответственно, Фурье-образ изображения, на выходе получаем восстановленное изображение. Данная функция также работает с комплексным форматом данных. Преобразовать изображение в формат действительных чисел можно с помощью ВП IMAQ ComplexPlaneToImage.

IMAQ ComplexAttenuate – ВП реализующий частотный фильтр (рисунок 68)

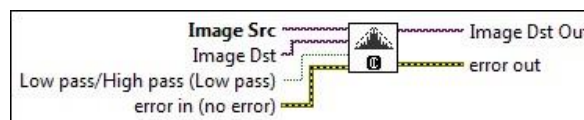


Рисунок 68 – Функция IMAQ ComplexAttenuate

Данный ВП позволяет выполнить частотную фильтрацию изображения. Возможна реализация фильтра низких или высоких частот, режим работы задаётся на входном терминале «Low pass/High pass (Low pass)».

Фильтрация выполняется выполнением умножения амплитуды каждой частоты на коэффициент $C(f)$. Для случая ФВЧ коэффициент вычисляется (39):

$$C(f) = \frac{f_{max} - f}{f_{max} - f_0}. \quad (39)$$

Для случая ФНЧ коэффициент вычисляется (40):

$$C(f) = \frac{f - f_0}{f_{max} - f_0}. \quad (40)$$

ComplexTruncate – ВП реализующий ещё один вариант фильтрации изображения в частотной области (рисунок 69).

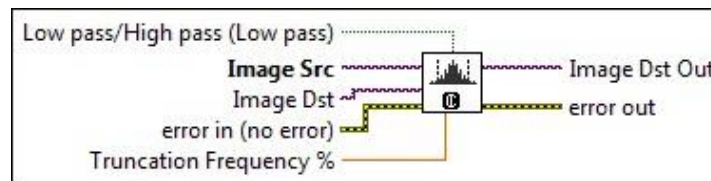


Рисунок 69 – Функция IMAQ ComplexTruncate

Данный ВП реализует идеальный ФВЧ или ФНЧ. Режим работы задаётся аналогично. На входном терминале «Truncation Frequency %» можно задать частоту среза в виде процентного соотношения от общего числа частот.

8 Организация удалённого доступа

В задачах наблюдения за каким-либо происходящим процессом или экспериментом часто возникает необходимость организовать не только сбор данных, но и возможность его дистанционного контроля и мониторинга.

Система LabVIEW позволяет реализовать данный функционал с помощью встроенного в программную среду веб-сервера «Remote Panel Server». Данный сервер предоставляет доступ к лицевой панели заданного ВП для удалённых пользователей с возможностью обращения через веб-браузер.

Веб-сервер по умолчанию не активен и требует включения вручную. Для этого необходимо отметить флажок «Enable Remote Panel Server» в настройках LabVIEW (рисунок 70).

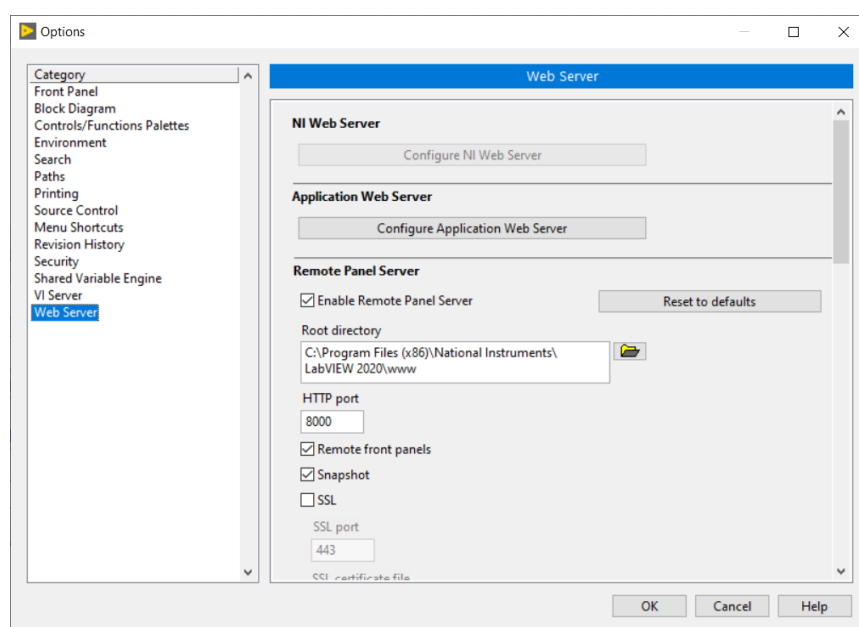


Рисунок 70 – Окно настроек «Options» среды LabVIEW

При использовании веб-сервера LabView нет необходимости что-либо добавлять на блок-диаграмму виртуального прибора. Для включения удаленного доступа к ВП его следует сохранить в память веб-сервера и создать для него специальную веб страницу. Для выполнения данных операций, необходимо открыть требуемый ВП в среде LabVIEW и воспользоваться инструментом «Web Publishing Tool» (рисунок 71), который можно найти в меню «Tools».

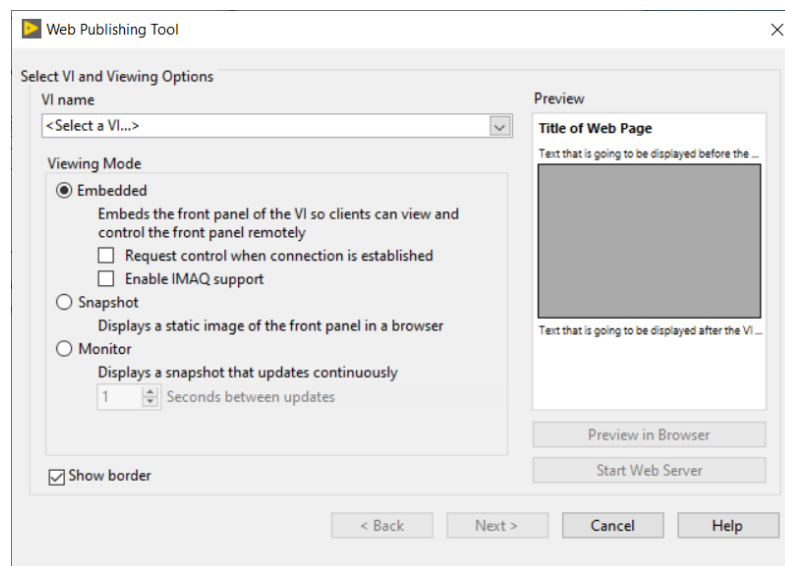


Рисунок 71 – Окно инструмента «Web Publishing Tool»

В первую очередь, потребуется выбрать ВП, который необходимо открыть для удалённого доступа – выбор производится в графе «VI name».

Вторым пунктом является выбор режима предоставления доступа к ВП, их всего три:

- «Snapshot» – статическое изображение лицевой панели ВП;
- «Monitor» – изображение лицевой панели ВП, которое обновляется каждые *N* секунд;
- «Embedded» – отображение лицевой панели ВП в интерактивном режиме. Эта опция использует плагин браузера для демонстрации ВП в реальном времени и позволяет удалённому пользователю его контролировать, путём взаимодействия с управляющими элементами.

Для режима «Embedded» доступны дополнительные опции:

- «Request control when connection is established» - запросить контроль после установки соединения;
- «Enable IMAQ support» – включить поддержку дополнительных функций NI-IMAQ для веб версии данного ВП. Данная опция необходима для возможности управления ВП, созданных с использованием элементов NI Vision.

На следующем этапе потребуется настроить внешний вид веб-страницы с виртуальным прибором (рисунок 72).

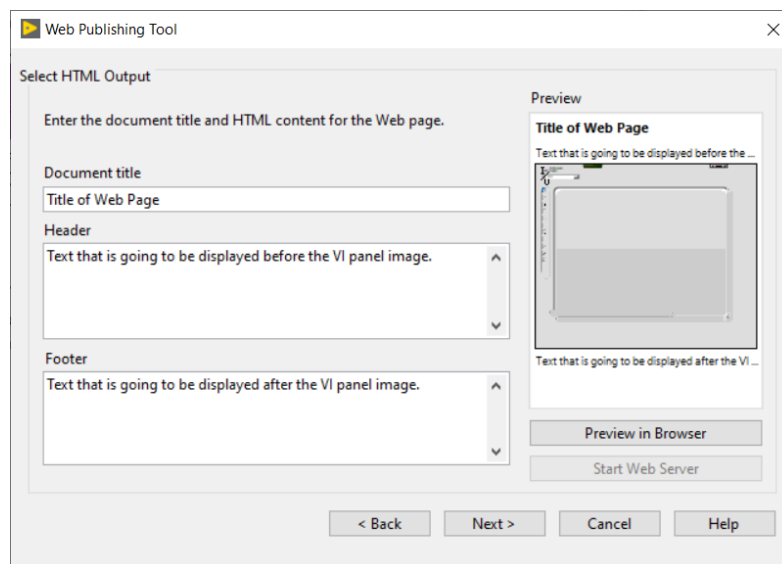


Рисунок 72 – Этап настройки внешнего вида веб-страницы

Здесь возможно настроить вид HTML страницы с ВП: изменить или оставить пустыми текст заголовка (Document title), верхнего (Header) и нижнего (Footer) колонтитулов страницы.

Заключительным этапом является выбор директории сохранения веб-страницы и задание её имени (рисунок 73).

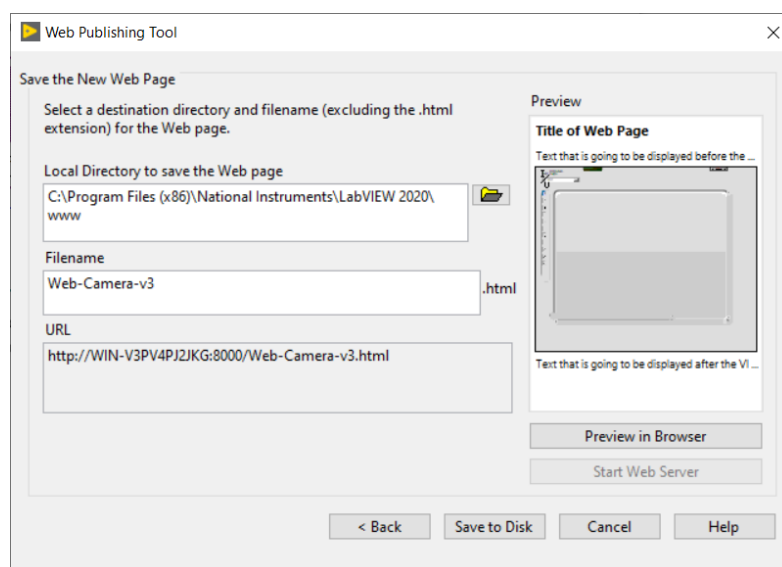


Рисунок 73 – Заключительный этап создания веб-страницы

Для возможности подключения к удалённому ВП в режиме управления необходимо предварительно установить среды исполнения кода LabVIEW Runtime и Vision Development Runtime на операционной системе пользователя. Исполняемые

файлы для их установки доступны на официальном сайте NI. Важным моментом является выбор версии среды исполнения кода – она должна совпадать с версией среды LabVIEW, в которой создан удалённый ВП.

Для подключения к ВП в данном режиме необходимо воспользоваться браузером Internet Explorer, т.к. только он поддерживает необходимые для работы плагины.

Соединение с веб-сервером будет происходить по URL-адресу состоящем из обозначения протокола соединения (http://); IP-адреса компьютера, на котором запущен ВП (127.0.0.1 в случае локального подключения) и названия HTML-файла (веб-страницы с ВП). Фрагмент окна браузера с открытой страницей доступа к ВП приведена на рисунке 74.

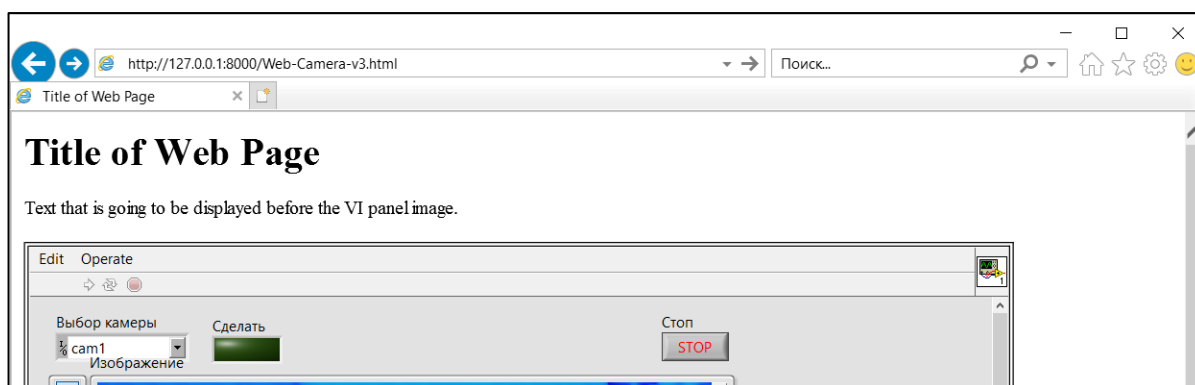


Рисунок 74 – Фрагмент окна веб-браузера с открытой страницей ВП

Запрос управления над ВП производится вызовом контекстного меню лицевой панели ВП и выбором пункта «Request Control of VI» (рисунок 75), управление производится привычным образом – путём нажатия на соответствующие управляющие элементы (рисунок 75). Для того, чтобы выйти из режима управления ВП, необходимо выбрать «Release Control of VI» (рисунок 76).

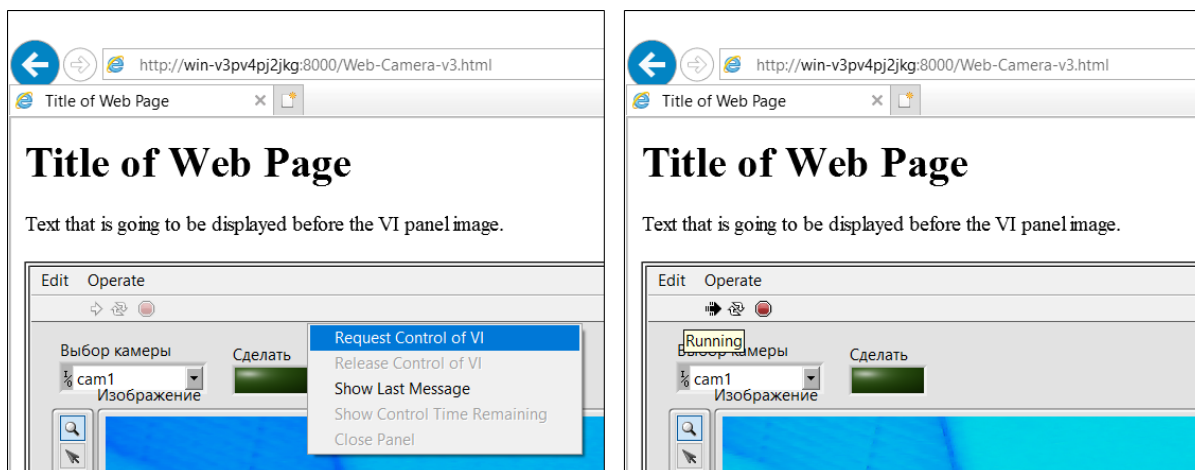


Рисунок 75 – Фрагменты окна веб-браузера с открытой страницей ВП. Слева изображен запрос прав для управления ВП. Справа – демонстрация возможности управления ВП

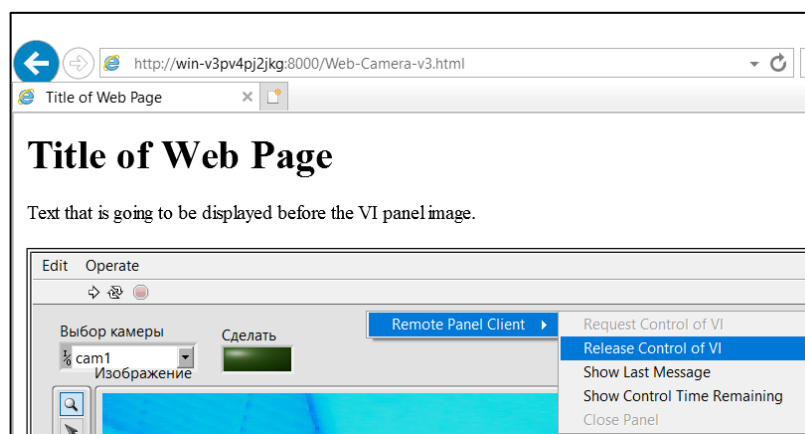


Рисунок 76 – Фрагмент окна веб-браузера с открытой страницей ВП. Выход из режима управления ВП

В режиме управления ВП может управляться лишь одним удалённым пользователем. В момент запроса прав на управление ВП от второго пользователя, время сессии управления для первого ограничивается до 5 минут, после чего управляющим назначается второй пользователь.

Для подключения к ВП в режиме наблюдения (статического или обновляющегося изображения) мы можем воспользоваться любым браузером, поддерживающим HTML и JavaScript (рисунок 77).

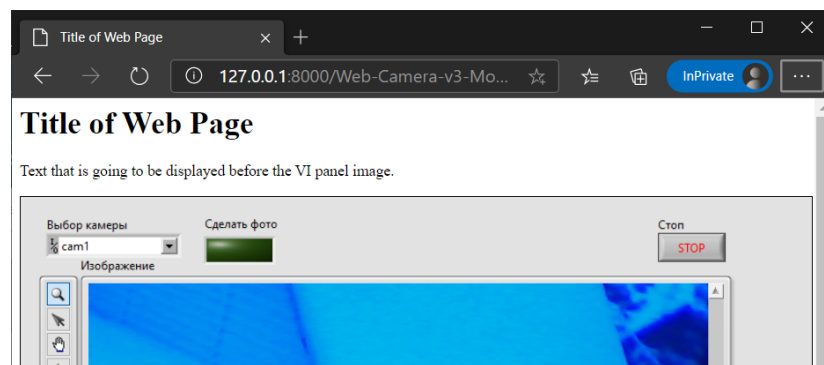


Рисунок 77 – Фрагмент окна веб-браузера со страницей ВП в режиме «Monitor»

Важно отметить, что режим работы с удалённым ВП соответствует выбранному при создании страницы в «Web Publishing Tool». Для одного ВП допустимо создать несколько страниц в разных режимах.

9 Практическая часть

Далее пойдёт речь о выполнении основной задачи данной курсовой работы – создании электронного учебного курса (ЭУК) для проведения лабораторного практикума по курсу «Работа с изображениями в LabVIEW».

Цель разработанного курса – дать базовые знания об основных методах анализа и обработки изображений в LabVIEW.

ЭУК создан в системе дистанционного обучения «Moodle» Томского государственного университета, используемой преподавателями Радиофизического факультета для электронного сопровождения лекционных занятий [18], а также лабораторных и практических работ по образовательным дисциплинам [19].

Созданный курс имеет структуру, состоящую из семи разделов:

1. Программирование web-камеры в LabVIEW;
2. Обработка изображений в LabVIEW;
3. Гистограммная обработка изображений;
4. Бинаризация изображений;
5. Фильтрация изображений;
6. Считывание QR и Bar кодов;
7. Организация удалённого доступа.

В первом разделе обсуждается тема программирования веб-камеры в LabVIEW (рисунок 78).

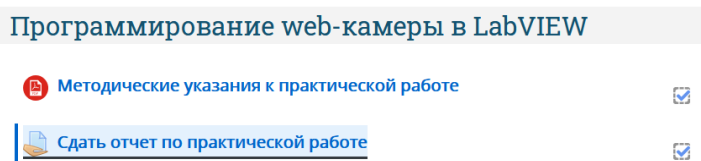


Рисунок 78 – Раздел «Программирование веб-камеры в LabVIEW»

Раздел имеет простую структуру, состоящую из лабораторной работы и элемента для сдачи письменного отчёта о выполнении в электронном формате.

В рамках методических указаний к лабораторной работе студентам предлагается ознакомиться с теоретическими сведениями о веб-камерах, с

информацией о пакете NI Vision Development Module, а также с основными специальными ВП для программирования веб-камеры.

В ходе выполнения работы студенты выполняют установку пакета VDM используя пошаговую инструкцию и выполняют упражнения по сборке виртуальных приборов для захвата изображения (кадра) с камеры (рисунок 79, 80), а также захвата потока кадров (рисунок 81, 82).

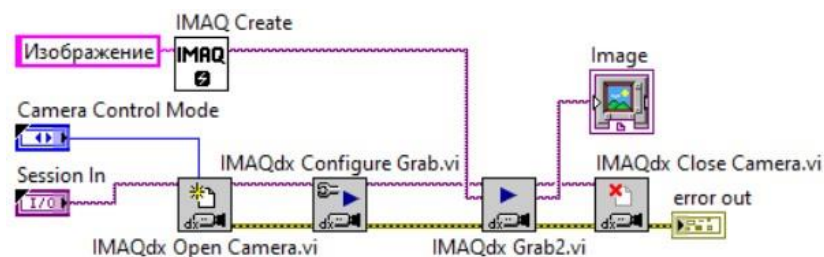


Рисунок 79 – Блок диаграмма ВП для захвата единичного кадра

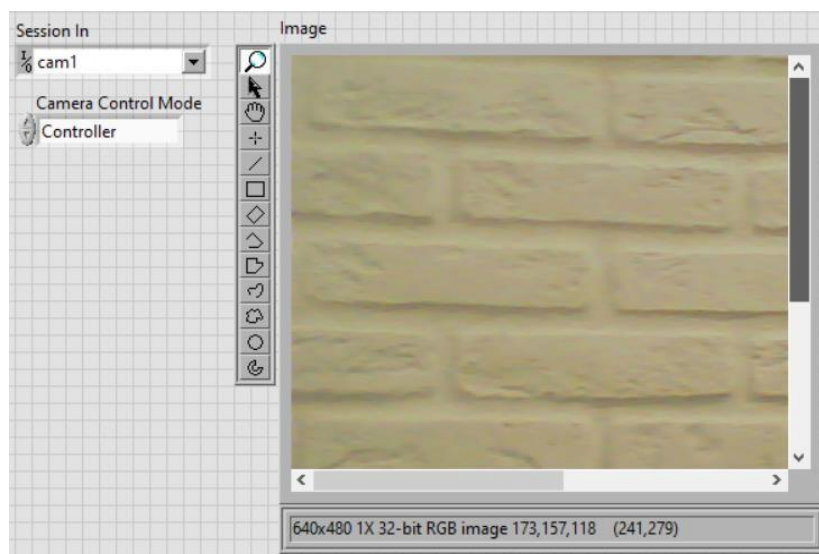


Рисунок 80 – Лицевая панель ВП для захвата единичного кадра

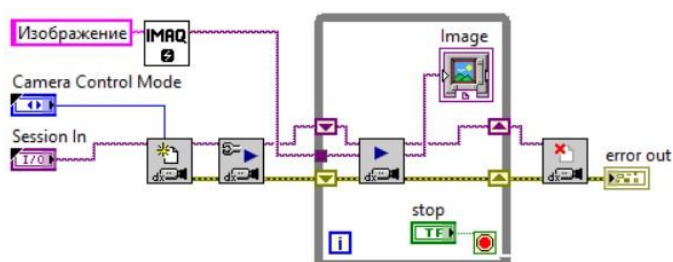


Рисунок 81 – Блок-диаграмма ВП для захвата серии кадров

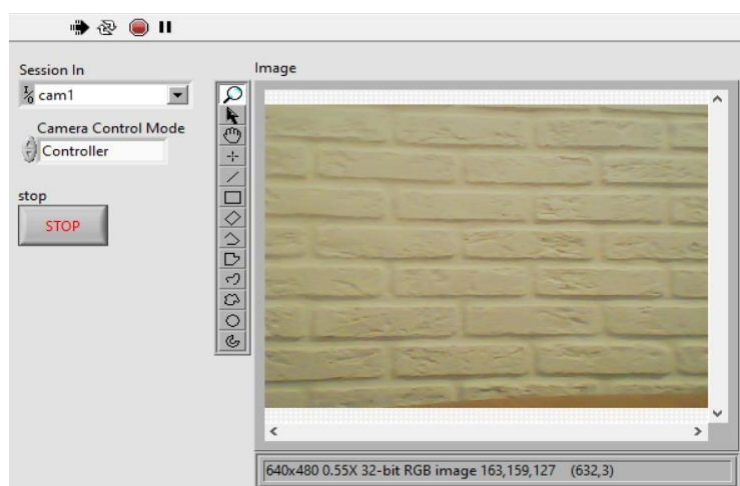


Рисунок 82 – Лицевая панель ВП для захвата серии кадров

Сборка ВП сопровождается подробными комментариями по специфичным функциям с целью дать студентам как можно более полное понимание моментов касающихся их работы.

Во втором разделе приводится общая информация (рисунок 83). В виде методических материалов студентам предлагается к изучению сведения о том, что такое цифровое изображение, особенности его цифрового представления, вводятся понятия анализа и обработки изображений, мотивировка применений методов работы с изображениями.

Обработка изображений в LabVIEW

О цифровых изображениях

Прочтение данного материала ознакомит читателя с основными понятиями: что такое изображение и в чём состоят особенности его цифрового представления

Обработка и анализ изображений

В данном материале рассказываются основные моменты, касающиеся анализа и обработки изображений

Рисунок 83 – Раздел «Обработка изображений в LabVIEW»

Третий и последующие разделы посвящены отдельным рассматриваемым нами методам работы с изображениями.

Конкретно третий раздел посвящён гистограммной обработке (рисунок 84).

Гистограммная обработка изображений

О гистограммной обработке

В данном методическом материале мы кратко знакомим читателя с основными понятиями, касающимися гистограммной обработки цифровых изображений. Рассматривается инструментарий, доступный в среде LabVIEW.

Образцы изображений для гистограммной обработки

Практическая работа №1

В данной работе будет выполняться создание ВП для построения гистограммы изображений

Отчет по практической работе №1

0 submitted

Практическая работа №2

В данной работе будет выполняться создание ВП для реализации гистограммной обработки изображения

Отчет по практической работе №2

0 submitted

Рисунок 84 – Раздел «Гистограммная обработка изображений» электронного курса

В разделе содержится методический материал, в котором студентам рассказываются основные сведения о работе с гистограммами – что такое гистограмма, как её можно преобразовать и как это скажется на изображении.

Так же в разделе содержатся методические указания к практическим работам, всего их две. В первой работе студентам предлагается выполнить три простых упражнения. В первом задании потребуется создать ВП, выполняющий построение гистограмм полутоновых изображений. Во втором предлагается изменить его, для получения возможности построить гистограмму выделенной области (рисунок 85, 86, 87). Третье упражнение дополнительное, в нём предлагается добавить функцию построения гистограммы изображения, получаемого с камеры.

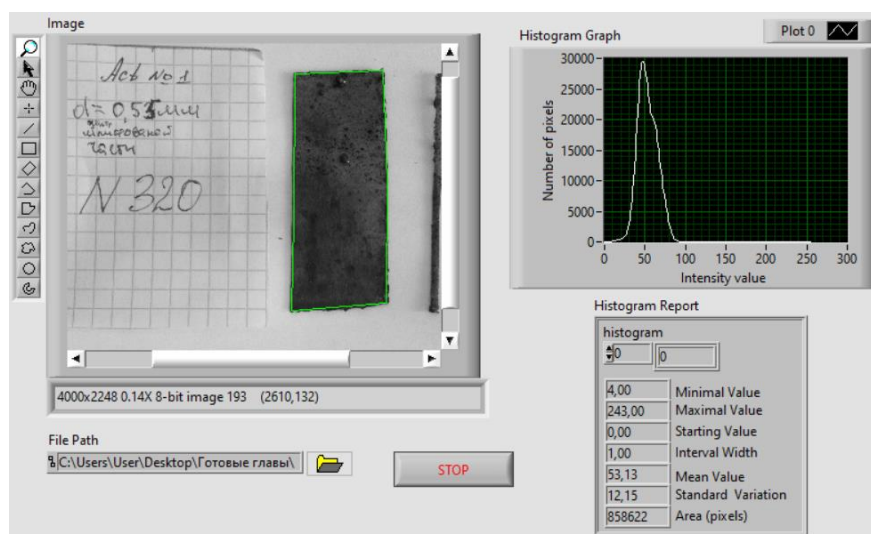


Рисунок 85 – Лицевая панель ВП, лабораторная работа №1

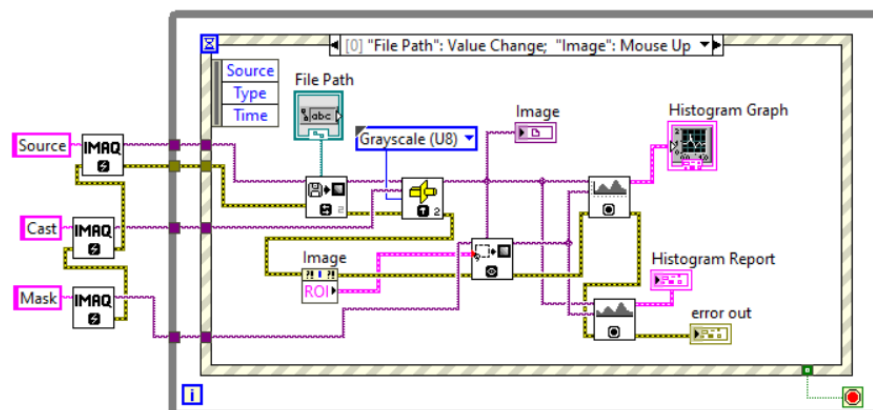


Рисунок 86 – Блок-диаграмма ВП, лабораторная работа №1

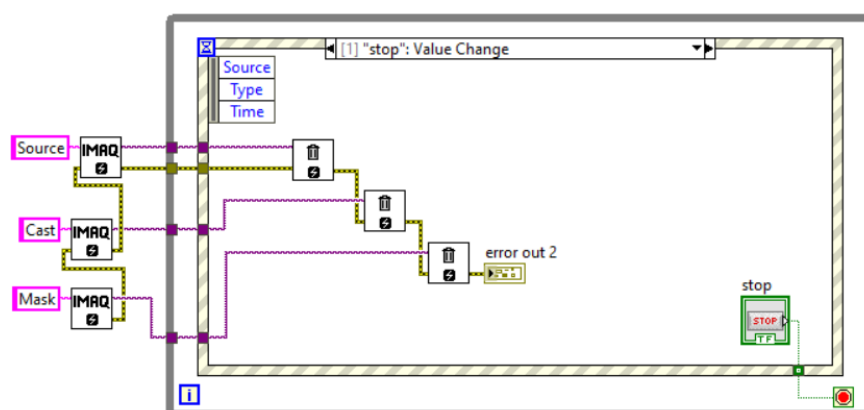


Рисунок 87 – Блок-диаграмма ВП, лабораторная работа №1

После сборки ВП предлагается выполнить их тестирование на изображениях предложенных к обработке, находящихся в папке «Образцы изображений для гистограммной обработки» данного раздела курса.

В рамках лабораторной работы «Практическая работа №2» студентам предлагается к выполнению три упражнения. В первом упражнении предполагается создание по заданным инструкциям виртуального прибора, реализующего растяжку гистограммы изображения (рисунок 88, 89, 90). ВП позволяет произвести линейное растяжение яркостного диапазона изображения, границы которого задаются пользователем.

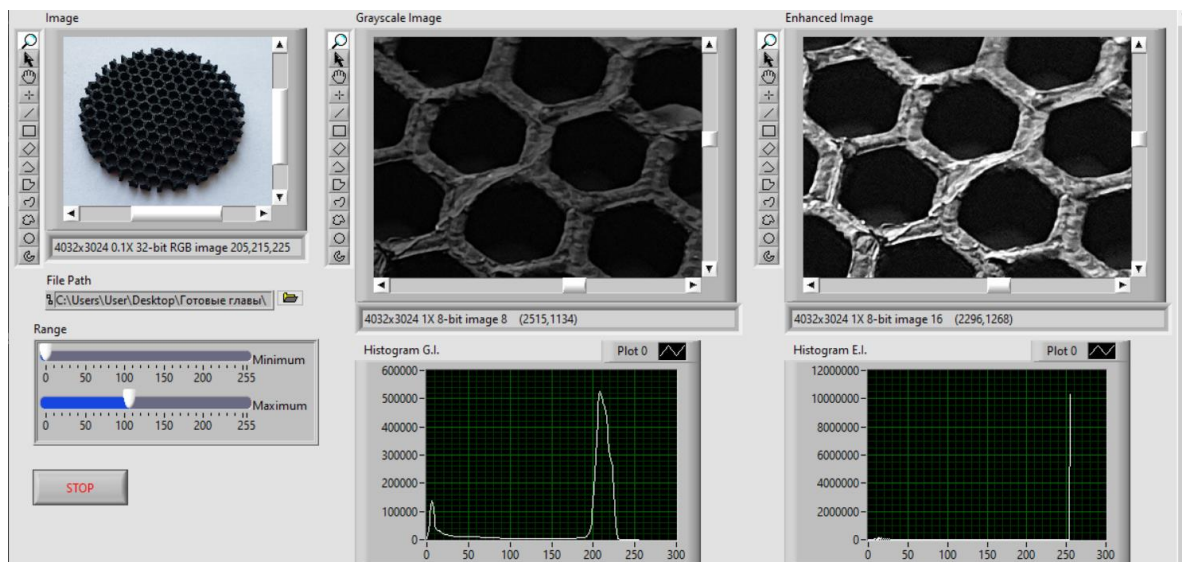


Рисунок 88 – Лицевая панель ВП, лабораторная работа №2, упражнение №1

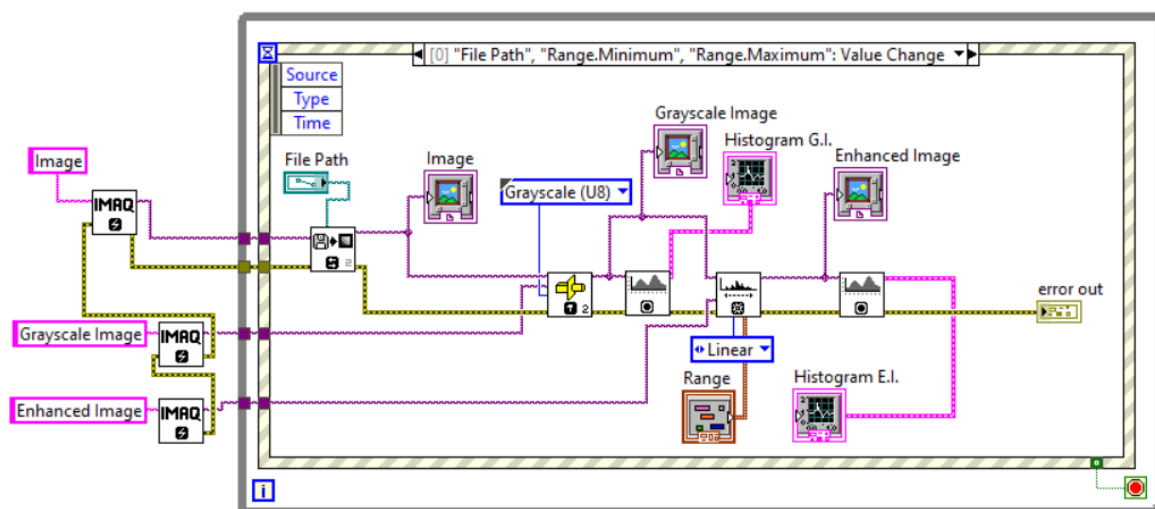


Рисунок 89 – Блок-диаграмма ВП, лабораторная работа №2, упражнение №1

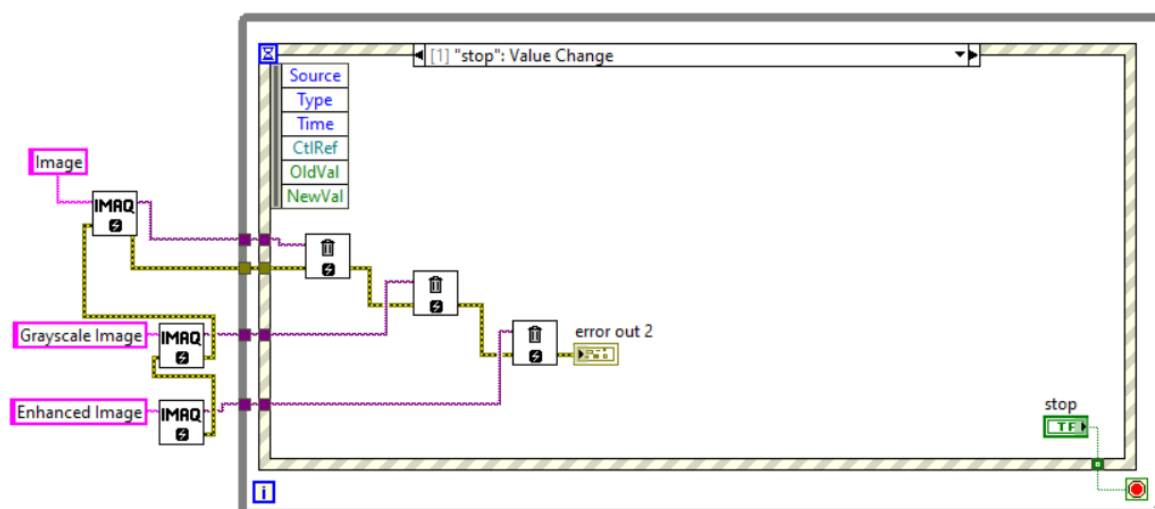


Рисунок 90 – Блок-диаграмма ВП, лабораторная работа №2, упражнение №1

После сборки предлагается протестировать ВП, реализуя непосредственно линейную растяжку гистограммы, используя для примера изображения, расположенные в папке «Образцы изображений для гистограммной обработки» в разделе «Гистограммная обработка изображений» курса (рисунок 84).

Во втором упражнении предлагается, создать ВП выполняющий эквализацию гистограммы изображения (рисунок 91, 92, 93). Для тестирования ВП изображения выбираются из той же папки.

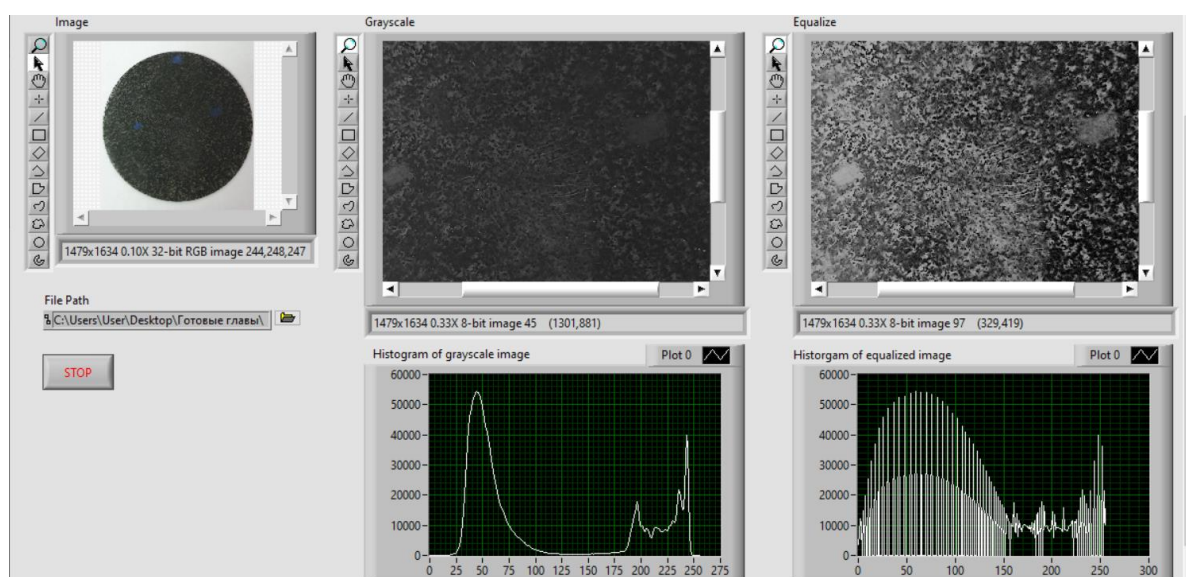


Рисунок 91 – Лицевая панель ВП, лабораторная работа №2, упражнение №2

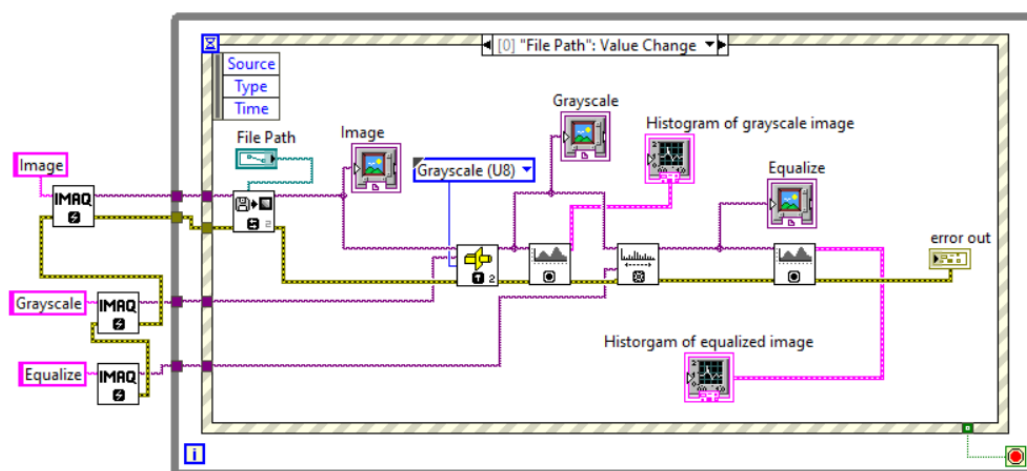


Рисунок 92 – Блок-диаграмма ВП, лабораторная работа №2, упражнение №2

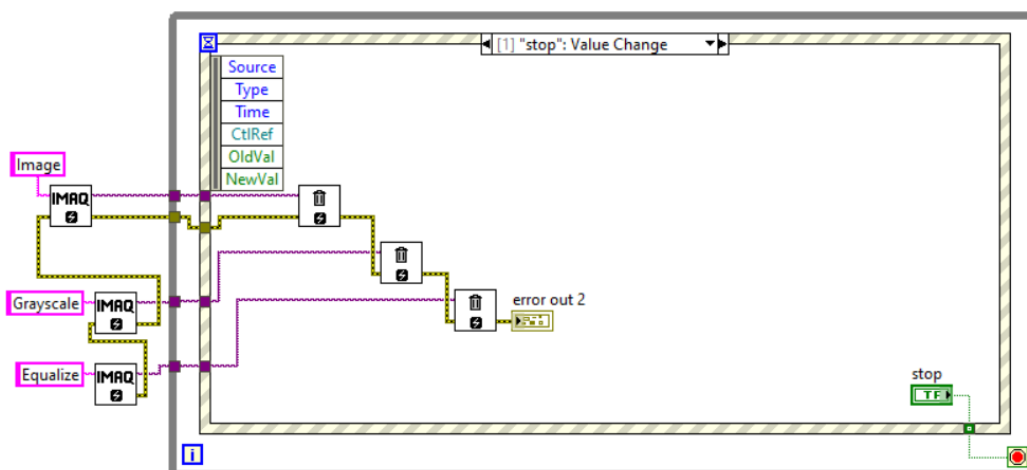


Рисунок 93 – Блок-диаграмма ВП, лабораторная работа №2, упражнение №2

Третье упражнение является дополнительным. В нём предлагается создать ВП, выполняющий нелинейную гистограммную обработку изображения. Для этого студентам предлагается модифицировать ВП, созданные в ходе выполнения предыдущих упражнений – использовать функцию IMAQ MathLookup, выполняющую преобразование. После этого, предлагается выполнить обработку гистограмм предложенных изображений с учётом LUT, формируемой математической функцией.

После выполнения предполагается составление письменного отчёта в электронном виде. Отчёт должен содержать результаты работы, в числе которых: лицевая панель и блок-диаграмма ВП, результаты тестирования с иллюстрациями (скриншотами) и короткими сопроводительными комментариями. Для дополнительного упражнения необходимо коротко пояснить наблюдаемые изменения. Отчёт предлагается к отправке в специальном элементе «Отчёт по практической работе №2» курса. Кроме отчёта также следует прикрепить ВП созданный в ходе выполнения первого упражнения.

Оценка работ производится по десятибалльной шкале. 8 баллов присваивается за правильное выполнение основной части работы, и 2 балла добавляется за выполнение дополнительного задания.

Четвёртый раздел посвящён бинаризации полутоновых изображений (рисунок 94).

Бинаризация изображений

О бинаризации изображений

В данном методическом материале мы кратко знакомим читателя с основными понятиями, касающихся бинаризации полутоновых и цветных изображений. Рассматривается инструментарий, доступный в среде LabVIEW.

Образцы изображений для бинаризации

Практическая работа №3

В данной работе будет выполняться создание ВП для выполнения бинаризации изображения

Отчет по практической работе №3

 0 submitted

Рисунок 94 – Раздел «Бинаризация изображений»

В данном разделе, аналогично, содержится методический материал, в котором рассказывается об основных способах бинаризации изображений, а также методические указания к лабораторной работе.

В рамках лабораторной работы «Практическая работа №3» студентам предлагается к выполнению два простых упражнения.

В первом упражнении предполагается создание по заданным инструкциям виртуального прибора, реализующего бинаризацию полутонового изображения по глобальному порогу (рисунок 95, 96, 97). ВП позволяет пользователю границы порогового значения

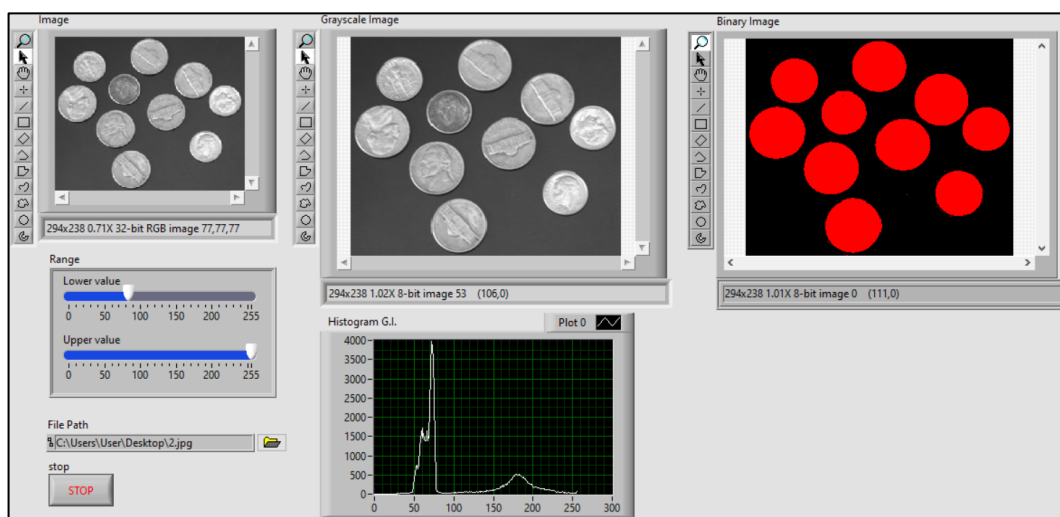


Рисунок 95 – Лицевая панель ВП, лабораторная работа №3, упражнение №1

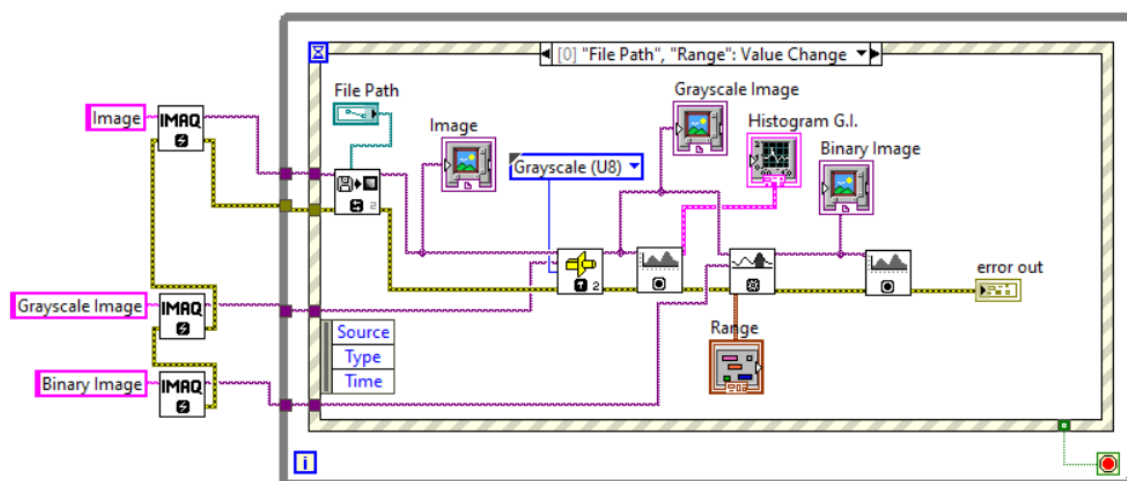


Рисунок 96 – Блок диаграмма ВП, лабораторная работа №3, упражнение №1, структура Event Case, первый сценарий

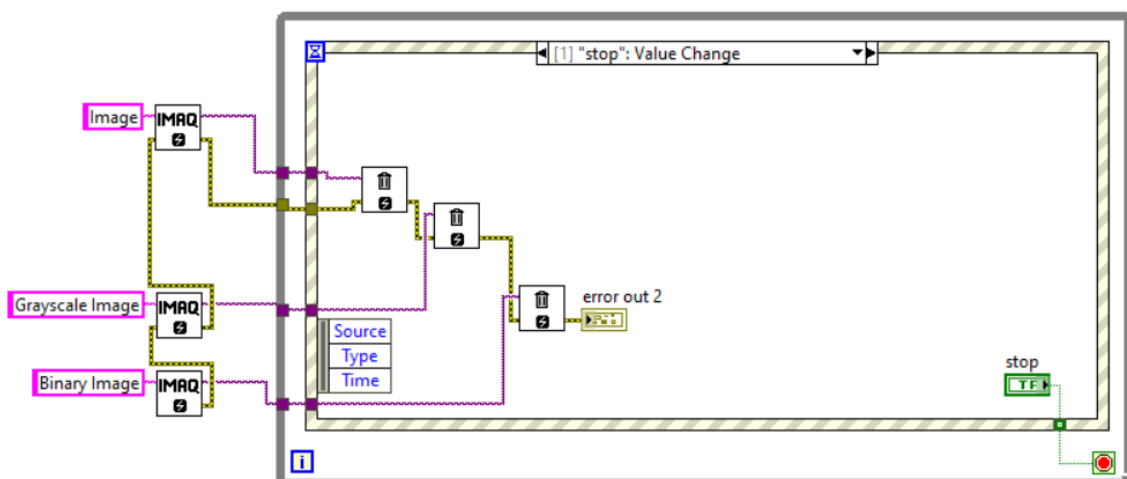


Рисунок 97 – Блок диаграмма ВП, лабораторная работа №3, упражнение №1, структура Event Case, второй сценарий

После сборки предлагается протестировать ВП, произведя бинаризацию изображения из папки «Образцы изображений для бинаризации» в разделе «Бинаризация изображений» курса.

Во втором упражнении предлагается создать ВП реализующий бинаризацию с автоматическим определением оптимального порога (рисунки 98 – 100).

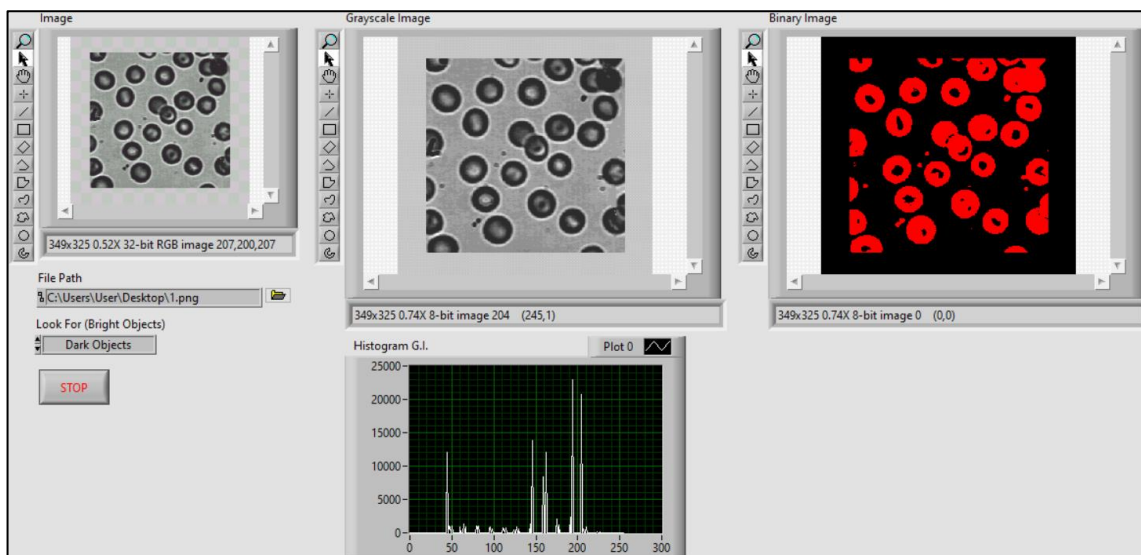


Рисунок 98 – Лицевая панель ВП, лабораторная работа №3, упражнение №2

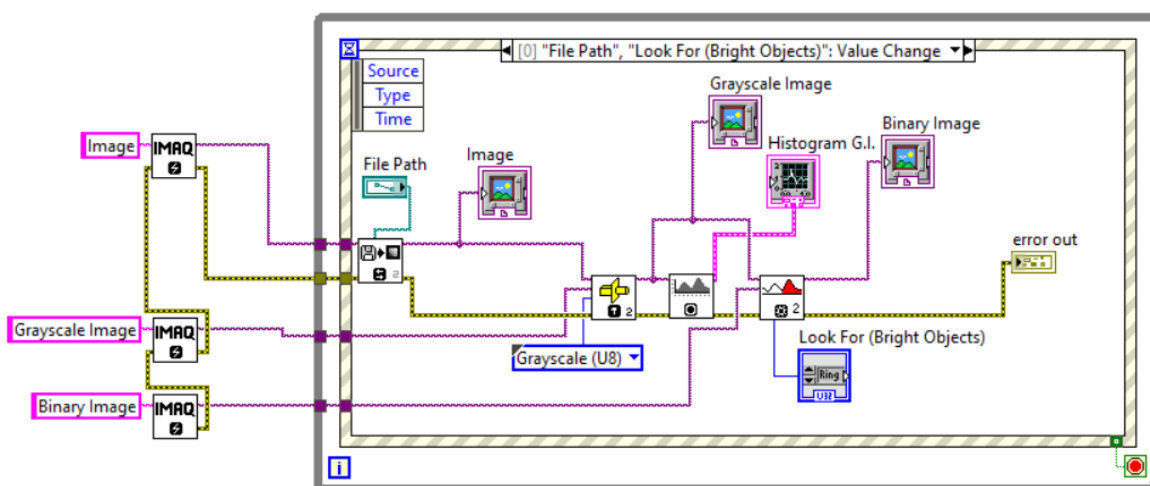


Рисунок 99 – Блок диаграмма ВП, лабораторная работа №3, упражнение №2, структура Event Case, первый сценарий

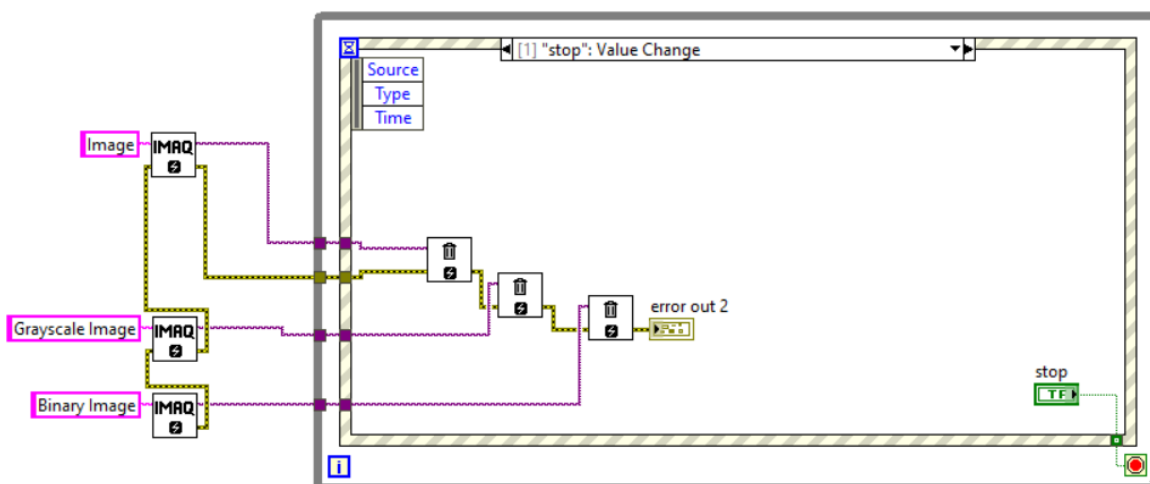


Рисунок 100 – Блок диаграмма ВП, лабораторная работа №3, упражнение №2, структура Event Case, второй сценарий

После создания ВП предлагается провести его тестирование, выполнив бинаризацию изображений из папки «Образцы изображений для бинаризации» в разделе «Бинаризация изображений» курса.

После выполнения упражнений требуется составить письменный отчёт в электронном виде. Процесс сдачи аналогичны предыдущей работе. Оценка упрощена – при правильной работе ВП оценка 10 баллов.

Пятый раздел посвящён фильтрации изображений (рисунок 101).

В данном разделе также приводятся методические материалы в которых изложен минимум теории по фильтрации изображений. Студентам предлагается выполнить три лабораторные работы.

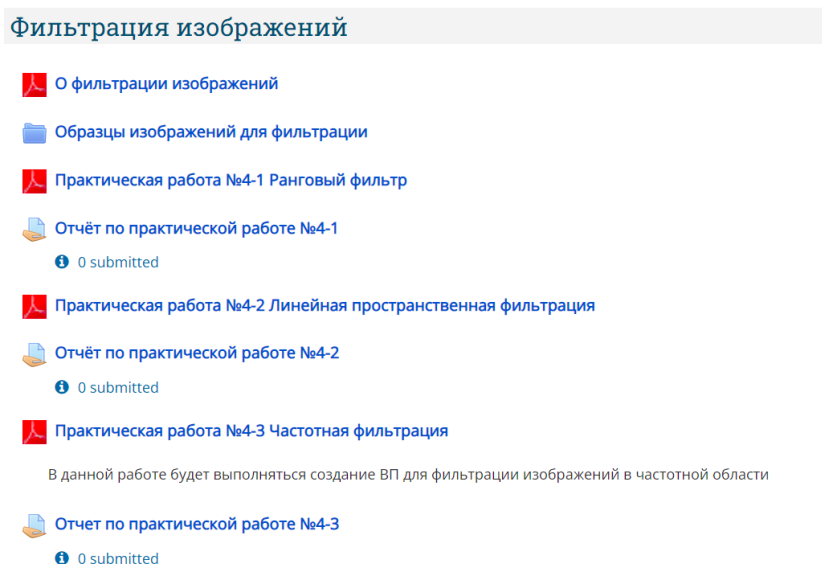


Рисунок 101 – Раздел «Фильтрация изображений»

Первые две лабораторные работы посвящены реализации двух наиболее употребительных методов фильтрации – ранговой фильтрации и линейной пространственной фильтрации в LabVIEW.

В рамках лабораторной работы «Практическая работа №4-1 Ранговый фильтр» студентам предлагается к выполнению три упражнения. В первом упражнении предполагается создание по заданным инструкциям виртуального прибора, реализующего ранговый фильтр изображений (рисунок 102, 103, 104). ВП позволяет произвести фильтрацию с рангом и размером окна фильтрации выбираемыми пользователем вручную.

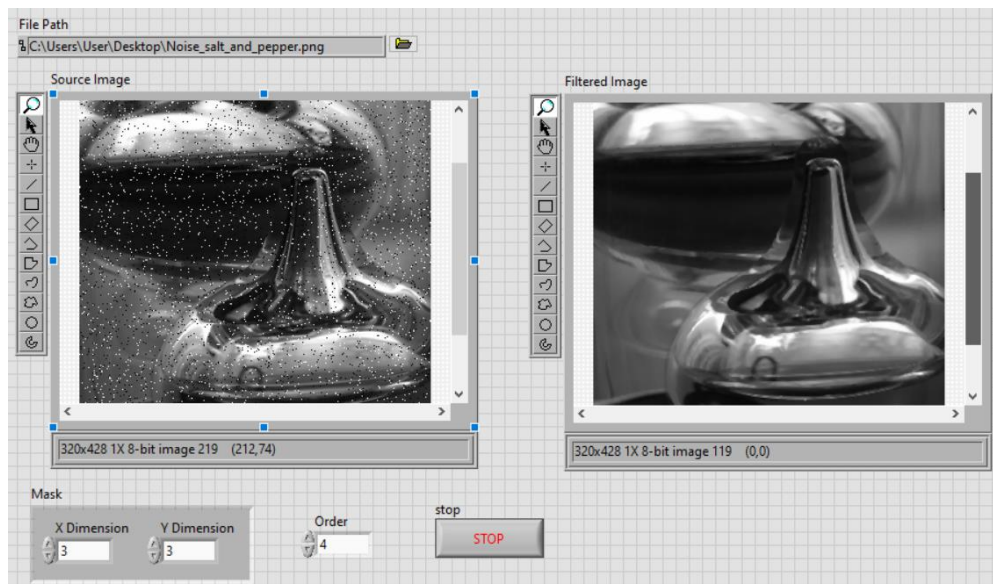


Рисунок 102 – Лицевая панель ВП, лабораторная работа №4-1, упражнение №1.

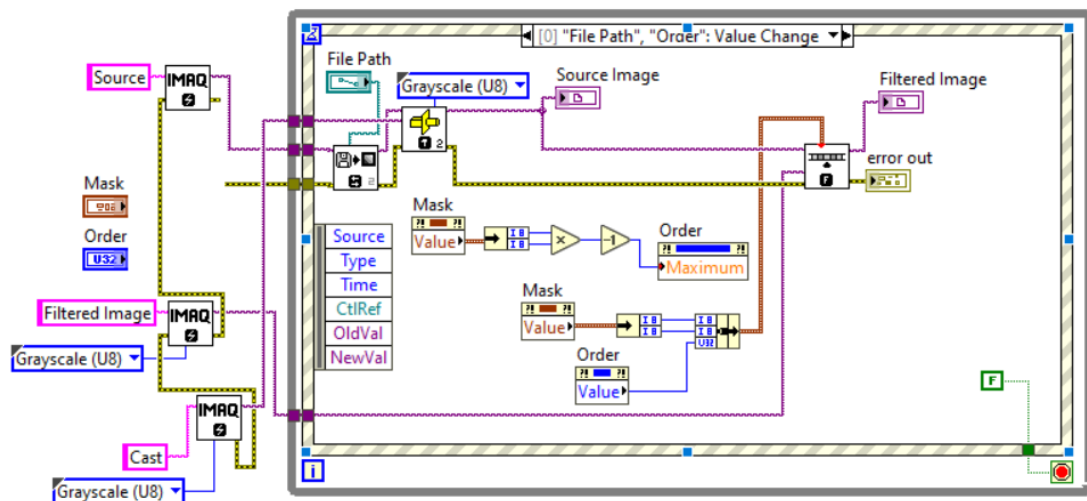


Рисунок 103 – Блок-диаграмма ВП, лабораторная работа №4-1, упражнение №1.

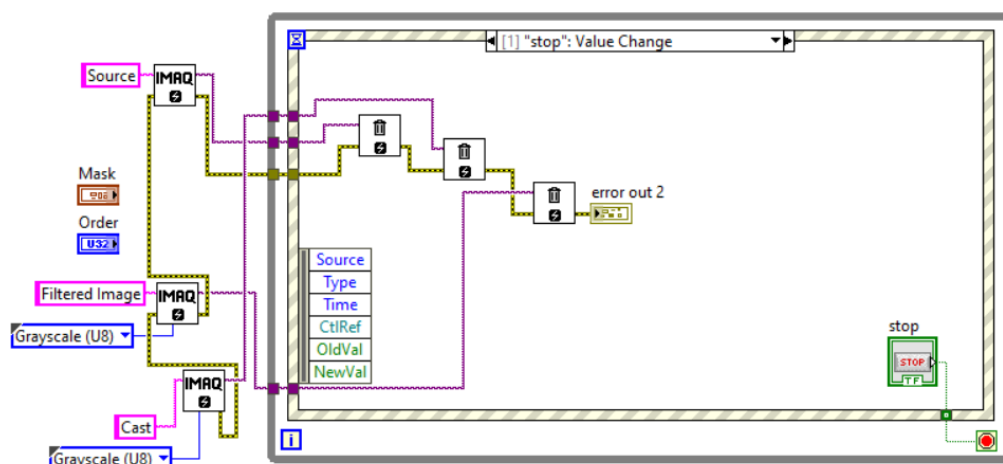


Рисунок 104 – Блок-диаграмма ВП, лабораторная работа №4-1, упражнение №1.

После сборки предлагается протестировать ВП, реализуя ранговую фильтрацию со средним рангом (медианный фильтр) и используя для примера изображения, расположенные в подпапке «Примеры» папки «Образцы изображений для фильтрации» в разделе «Фильтрация изображений» курса (рисунок 105).

Образцы изображений для фильтрации

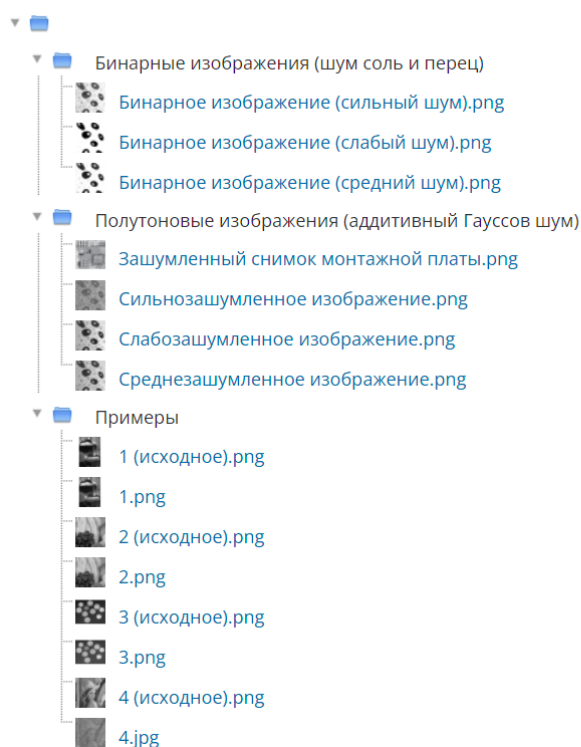


Рисунок 105 – Содержимое папки «Образцы изображений для фильтрации» и вложенных подпапок

Во втором упражнении предлагается, с использованием созданного ВП, осуществить медианную фильтрацию бинарных изображений зашумлённых по модели «шум и перец», а также произвести фильтрацию полутонных изображений зашумленных по модели аддитивного Гауссова шума. Данные изображения предлагается найти в подпапках «Бинарные изображения (шум соль и перец)» и «Полутонные изображения (аддитивный Гауссов шум)» (рисунок 105).

При выполнении фильтрации использовать маски различного размера и использовать средний ранг (медианная фильтрация). Отслеживая изменения на отфильтрованных изображениях дать краткое пояснение к наблюдаемым эффектам (общее снижение зашумленности, сохранение контуров объектов, их целостности).

Третье упражнение является дополнительным. В нём предлагается провести эксперимент – отфильтровать сильно зашумленное полутоновое изображение из подпапки «Примеры» папки «Образцы изображений для фильтрации» в разделе «Фильтрация изображений» курса (рисунок 105).

При фильтрации можно использовать фильтрацию разными рангами, размерами масок и выполнять фильтрацию в 2 или 3 прохода. Также предлагается воспользоваться идеей минимаксной фильтрации, кратко описанной в методических материалах «О фильтрации изображений» в разделе курса (рисунок 105).

После выполнения предполагается составление письменного отчёта в электронном виде. Отчёт должен содержать результаты работы, в числе которых: лицевая панель и блок-диаграмма ВП, результаты тестирования с короткими сопроводительными комментариями, результаты выполнения конкретных заданий должны содержать подробные комментарии с иллюстративным материалом (скриншоты). Отчёт предлагается к отправке в специальном элементе «Отчёт по практической работе №4-1» курса (рисунок 101). Кроме отчёта также следует прикрепить ВП созданный в ходе выполнения первого упражнения.

Оценка работы производится по десятибалльной шкале. 8 баллов присваивается за правильное выполнение основной части работы, и 2 балла добавляется за выполнение дополнительного задания.

В рамках следующей лабораторной работы «Практическая работа №4-2 Линейная пространственная фильтрация» студентам предлагается к выполнению три упражнения.

В первом упражнении предполагается создание по заданным инструкциям виртуального прибора, реализующего фильтрацию изображения с фильтром, матрица которого вручную задаётся пользователем (рисунок 106, 107, 108). ВП позволяет задать маску и выбрать её размерность из возможных вариантов: 3×3 , 5×5 , 7×7 .

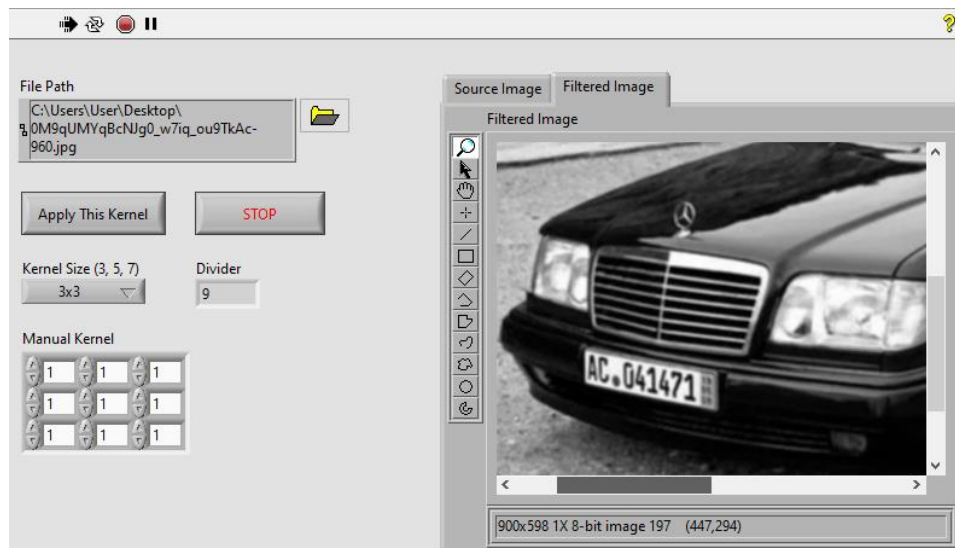


Рисунок 106 – Лицевая панель ВП, лабораторная работа №4-2, упражнение №1.

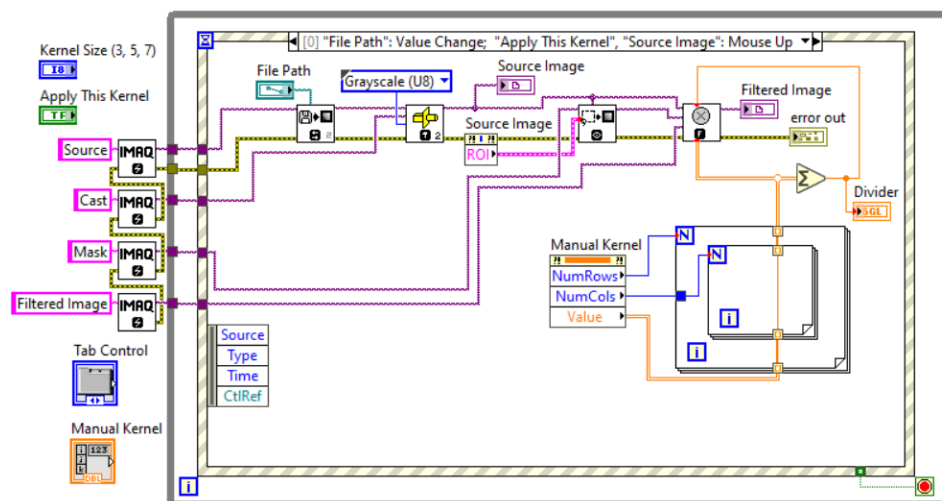


Рисунок 107 – Блок-диаграмма ВП, лабораторная работа №4-2, упражнение №1.

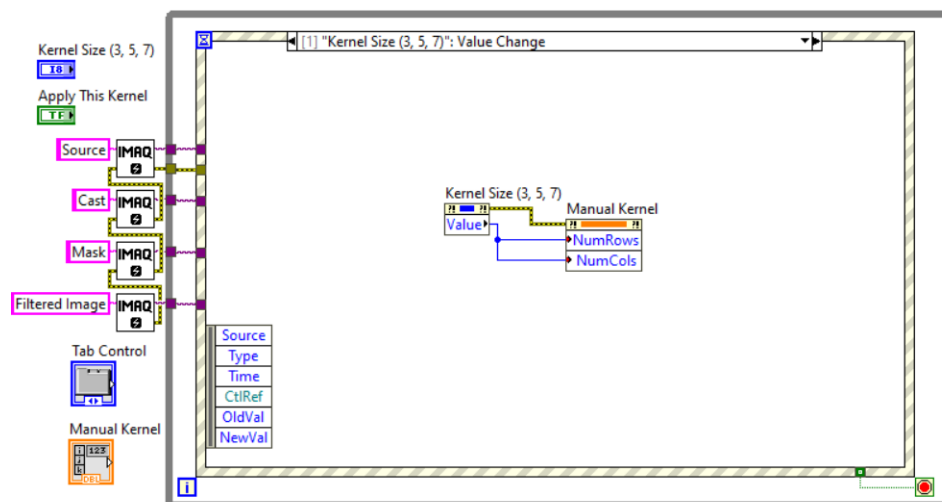


Рисунок 108 – Блок-диаграмма ВП, лабораторная работа №4-2, упражнение №1.

После сборки предлагается протестировать ВП, произведя фильтрацию изображения с маской фильтра скользящего среднего или фильтра Гаусса (данные макси были рассмотрены в методических материалах «О фильтрации изображений»). В качестве примера можно взять изображения с пометкой «исходное» в названии файлов, расположенные в подпапке «Примеры» папки «Образцы изображений для фильтрации» в разделе «Фильтрация изображений» курса (рисунок 105).

Во втором упражнении предлагается создать ВП реализующий фильтрацию изображения с фильтром, маска которого задаётся специальным ВП IMAQ GetKernel (рисунки 109 – 111).

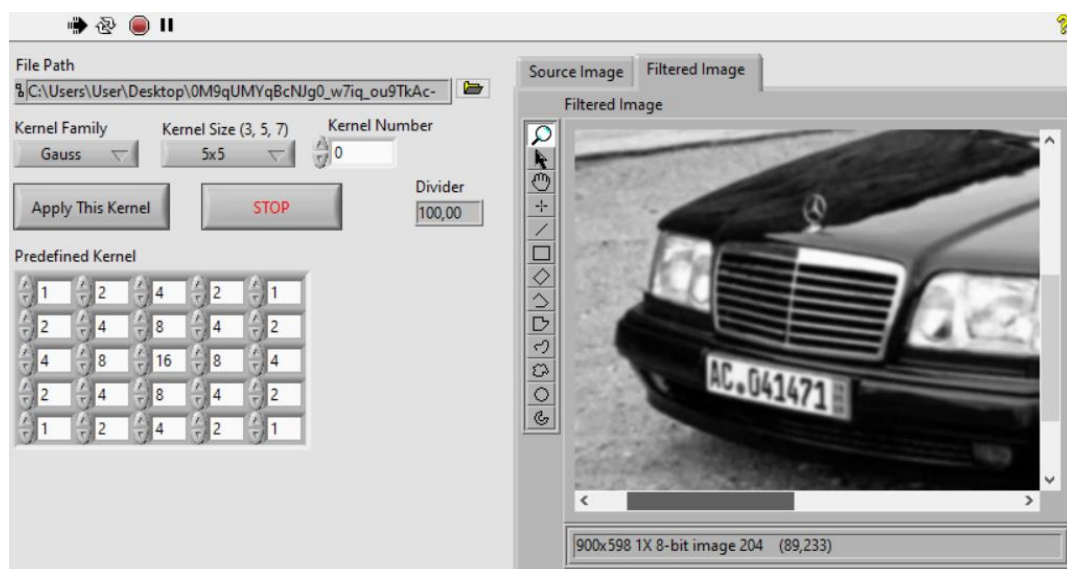


Рисунок 109 – Лицевая панель ВП, лабораторная работа №4-2, упражнение №2.

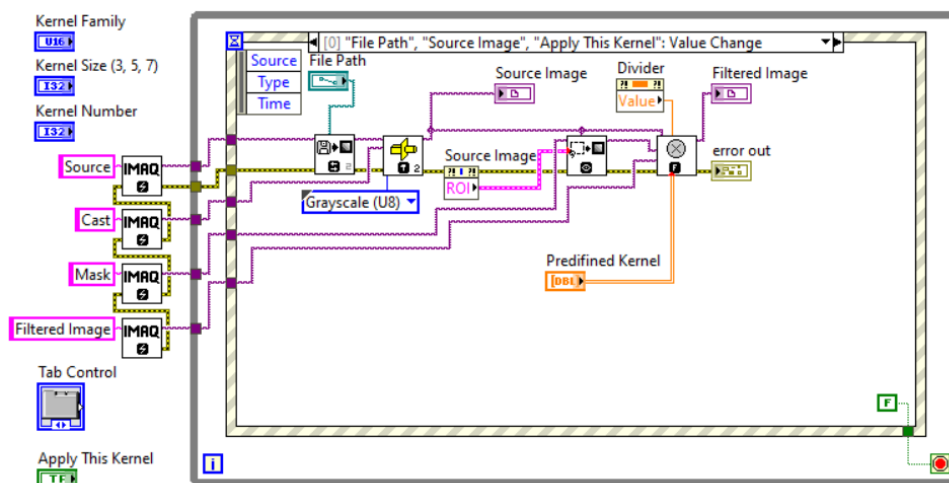


Рисунок 110 – Блок-диаграмма ВП, лабораторная работа №4-2, упражнение №2.

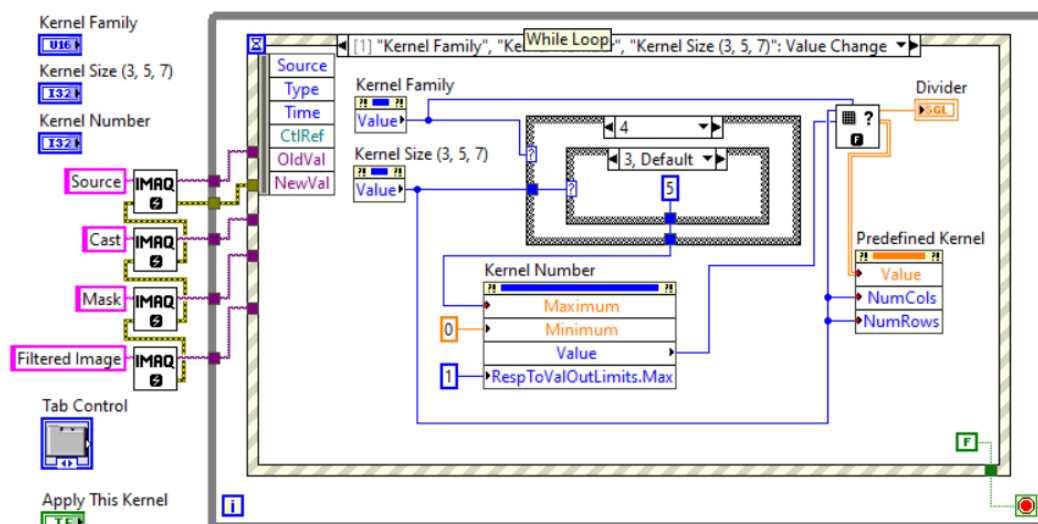


Рисунок 111 – Блок-диаграмма ВП, лабораторная работа №4-2, упражнение №2.

После создания ВП предлагается провести его тестирование, выполнив фильтрацию изображений с пометкой «исходное» в названии файлов, расположенные в подпапке «Примеры» папки «Образцы изображений для фильтрации» в разделе «Фильтрация изображений» курса (рисунок 101). При этом необходимо использовать разные маски, сравнить результаты и описать наблюдения в отчёте.

Третье упражнение является дополнительным. В нём студентам предлагается провести фильтрацию изображений зашумленных аддитивным Гауссовым шумом используя ВП из упражнения №2 с помощью фильтров с масками разных размерностей и разных семейств. Необходимо выявить фильтр, который лучше всего справился с задачей и сравнить результаты фильтрации с теми, что были получены для медианного фильтра в предыдущей практической работе.

После выполнения упражнений требуется составить письменный отчёт в электронном виде. Процесс сдачи и требования аналогичны предыдущей работе.

В рамках следующей лабораторной работы «Практическая работа №4-3 Частотная фильтрация» студентам предлагается к выполнению упражнение по созданию ВП, реализующего фильтрацию изображения в частотной области (рисунок 112, 113).

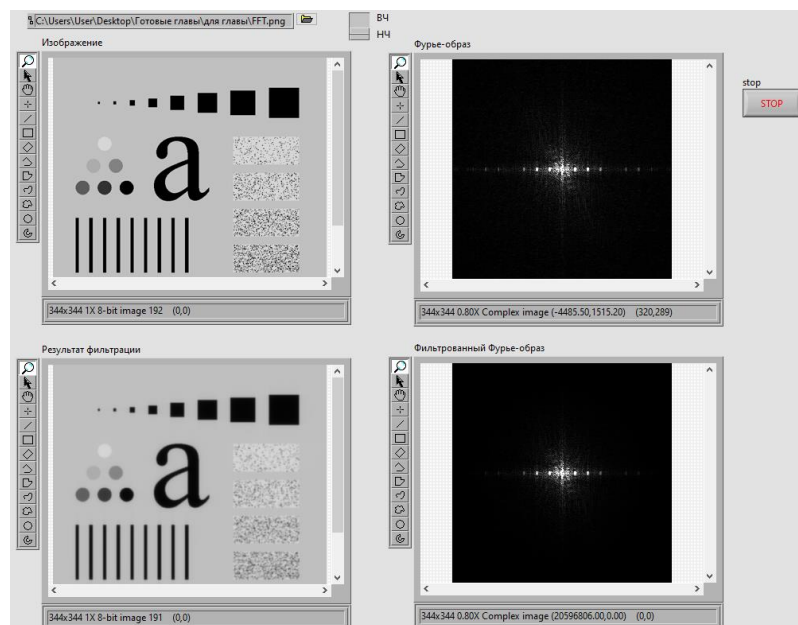


Рисунок 112 – Лицевая панель ВП, лабораторная работа №4-3

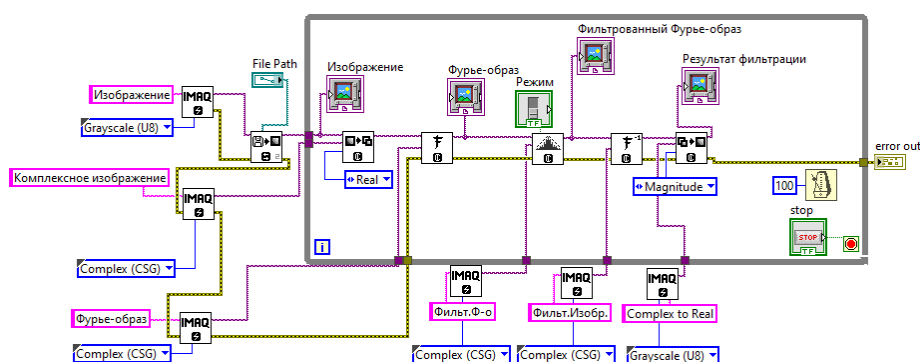


Рисунок 113 – Блок-диаграмма ВП, лабораторная работа №4-3

Пятый раздел создан для проведения практической работы по созданию ВП с конкретным применением – считывание QR и Bar кодов (рисунок 114).

Считывание QR и Bar кодов

Практическая работа №5

В данной работе выполняется создание ВП реализующие считывание QR и Bar кодов различных видов с использованием специальных подВП функций машинного зрения в LabVIEW.

Отчет по практической работе №5

0 submitted

Рисунок 114 – Раздел «Считывание QR и Bar кодов»

В лабораторной работе №5 студентам предлагается собрать два виртуальных прибора, использующих специальные ВП IMAQ Vision для реализации функций машинного зрения.

Пример ВП для считывания QR-кодов, создаваемого в рамках практической работы №5 (рисунки 115, 116):



Рисунок 115 – Лицевая панель ВП

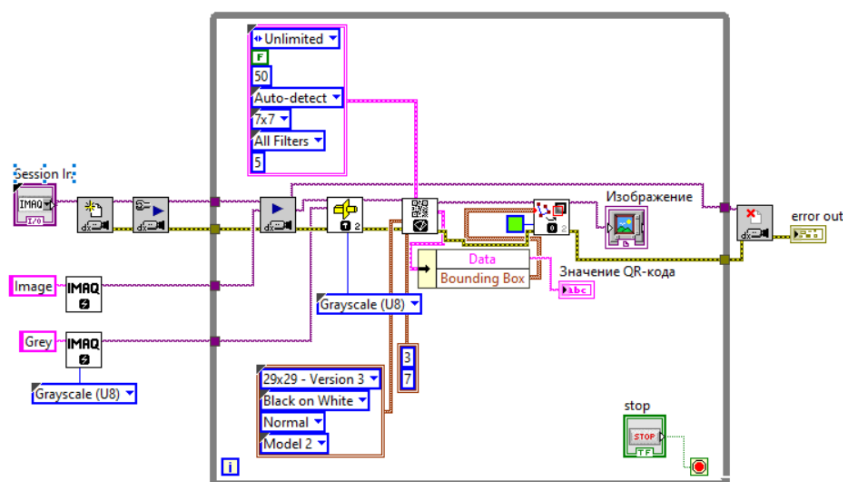


Рисунок 116 – Блок-диаграмма ВП,

Пример ВП для считывания Bar кодов (рисунки 117, 118):

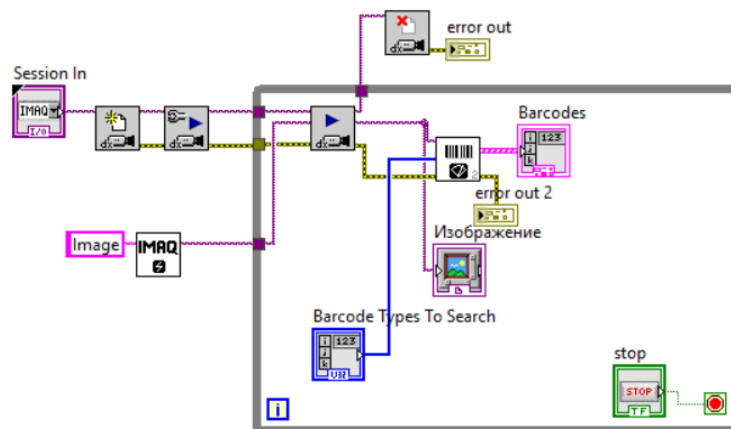


Рисунок 117 – Блок-диаграмма ВП

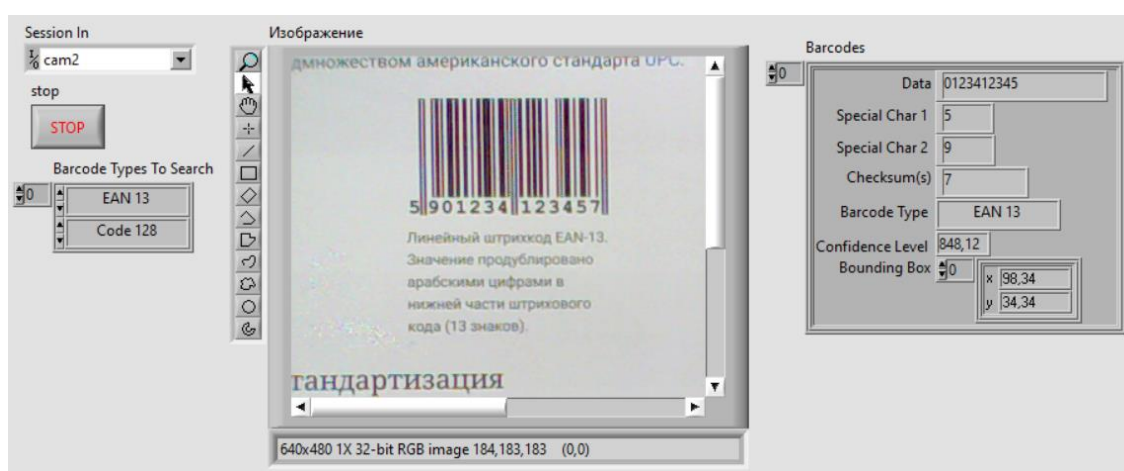


Рисунок 118 – Лицевая панель ВП

Также курс был дополнен седьмым разделом, в рамках которого обучающимся объясняется, как организовать удалённый доступ к виртуальным приборам, используя стандартный функционал среды LabVIEW.

Раздел имеет простую структуру, состоящую из короткого методического материала в виде презентации и короткой практической работы.

Организация удалённого доступа

Об удалённом доступе к ВП

Основные краткие сведения по данной теме

Практическая работа №6

В данной работе реализуется удалённый доступ к ВП

Отчет по практической работе №6

Рисунок 119 – Раздел курса «Организация удалённого доступа»

В рамках данной работы студентам предлагается организовать удалённый доступ к лицевой панели ВП через веб-браузер в разных режимах (управление, мониторинг, единичный снимок) для какого-либо из ранее созданных ВП.

В конце, стоит отметить, что все методические указания к практическим работам содержат достаточно подробные пояснения по сборке ВП с описанием специфичных ВП реализующих тот или иной метод обработки изображений.

После выполнения каждой работы предполагается сдача письменного отчёта в электронном виде и прикрепление созданных ВП для проверки на предмет правильности выполнения задания.

Выполнение предложенных работ позволит студентам освоить методы обработки изображений в среде LabVIEW.

10 Обеспечение охраны труда

Руководствуясь Трудовым кодексом РФ (далее – ТК РФ), в процессе трудовой деятельности работнику должна быть обеспечена система охраны жизни и здоровья.

Охрана труда обеспечивается путем выполнения анализа рабочего места (РМ). РМ, согласно ст. 209 ТК РФ является местом, на котором работник должен быть, ведя свою профессиональную деятельность и которое находится под наблюдением и контролем работодателя, последний, в свою очередь, обязан обеспечить соблюдение санитарно-эпидемиологических правил и норм (СанПиН) [20].

Дипломная работа выполнялась в домашних условиях. РМ находится в комнате общей площадью 16 кв. м. В комнате имеется одно окно, выходящее на восточную сторону, 1 настольная лампа и 2 потолочные лампы.

РМ представлено столом, с расположенным на нем ноутбуком, проводной мышью и стулом.

СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы» определяет санитарные требования к рабочему месту и является главным нормативно-правовым документом [21]. Данный документ регламентирует санитарно-эпидемиологические требования к различным показателям на рабочем месте, их методы измерения, а также различные мероприятия по профилактике воздействия на здоровье работников и допустимые уровни физических факторов, не вызывающих изменений в состоянии здоровья работников.

Руководствуясь вышеприведенным СанПиН, проанализированы следующие физические показатели:

- микроклимат рабочего места;
- качественные и количественные характеристики освещения;
- уровень шума и вибрации на рабочем месте;
- эргономичность рабочего места.

Согласно Приложению 1 СанПиН 2.2.4.3359-16 [22], выполняемая работа относится к категории Ia, поскольку уровень энергозатрат не превышает 139 Вт.

Микроклимат на РМ должен быть установлен в соответствии с СанПиНом. В таблице приведены оптимальные и измеренные значения микроклимата РМ.

Таблица 1.1 – Оптимальные и измеренные значения микроклимата РМ

Период года	Категория работ по уровням энергозатрат	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Оптимальные условия микроклимата					
Холодный	Ia	22-24	21-25	60-40	0,1
Измеренные условия микроклимата рабочего места					
Холодный	Ia	23	Стол: 23 Ноутбук: 24 Потолок: 21 Стены: 22 Пол: 21	52	0

Температура воздуха и поверхностей в комнате были измерены при помощи комнатных часов со встроенным термометром, а также бесконтактного (инфракрасного) термометра. Влажность воздуха была измерена при помощи комнатных часов со встроенным гигрометром. В ходе исследования параметров определено, что измеренные показатели соответствуют необходимым условиям, прописанным выше в таблице 1.1.

Опираясь на требования СанПиН 2.2.2.542-96, уровень шума в помещении не должен превышать 65дБ [23]. Поскольку шум является вредным фактором и может неблагоприятно воздействовать на организм человека, а также может плохо повлиять на работу и отдых следующим этапом стало его измерение на РМ при помощи мобильного приложения «Шумомер» компании «melon soft».

Значения шума составило 54,4 дБ (рисунок 120), что соответствует нормативному значению. Данное значение шума на РМ не является вредным и не влияет на состояние здоровья. Источником шума на РМ являются: система охлаждения ноутбука, устройство ввода, то есть компьютерная мышь и клавиатура, холодильник, чайник и микроволновая печь.



Рисунок 120 – Уровень шума на РМ

Также были выполнены замеры показателей освещенности РМ. Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 помещение, в котором работник проводит более 50% рабочего времени, должно иметь совместное освещение – присутствие как естественного освещения, так и искусственного с освещенностью в интервале 300-500 лк [24]. Если освещение будет недостаточным, то оно может неблагоприятно воздействовать на зрение, психику и эмоциональное состояние человека, а также может привести к травматизму.

Освещенность рабочего места была измерена при помощи мобильного приложения «Lux Light Meter Pro» компании «Doggo Apps». Результат измерений представлен на рисунке 121.

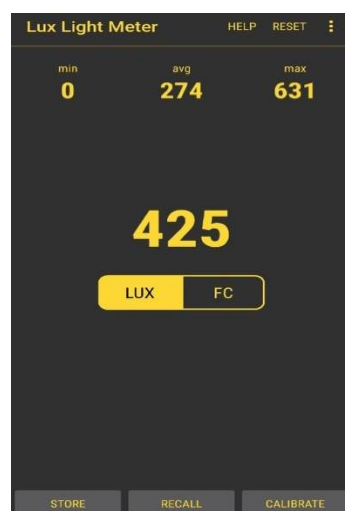


Рисунок 121 – Показание освещенности на РМ в приложении

Руководствуясь СанПиН 2.2.3670-20 были выполнены замеры используемого рабочего места на соответствие требованиям [25]. Замерялись рабочий стол и рабочий стул.

Рабочий стол должен соответствовать нормативным показателям, представленным в СанПиН. В таблице 1.2 представлено сравнение нормативных и фактических значений используемого рабочего стола при выполнении дипломной работы.

Таблица 1.2 – Нормативные и фактические значения используемого рабочего стола

Параметр	Нормативный показатель, мм	Фактический показатель, мм
Высота поверхности стола от пола	680-800	795
Ширина поверхности стола	800-1400	1000
Глубина поверхности стола	800-1000	1000
Высота пространства для ног	не менее 600	900
Ширина пространства для ног	не менее 500	800
Глубина пространства для ног (на уровне колен)	не менее 450	1000
Глубина пространства ног (на уровне вытянутых ног)	не менее 650	1000

В результате измерения и сравнения показателей стола на рабочем месте, можно увидеть, что стол соответствует заданным нормативным показателям.

Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления.

Рабочий стул (кресло) должен быть подъемно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего

края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надежную фиксацию.

Поверхность сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) должна быть полумягкой, с нескользящим, слабо электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим легкую очистку от загрязнений.

В таблице 1.3 представлено сравнение нормативных показателей и фактических измеряемых показателей рабочего кресла.

Таблица 1.3 – Сравнение показателей рабочего кресла

Параметр	Нормативный показатель	Фактический показатель
Тип	подъемно-поворотный	подъемно-поворотный
Угол наклона вперед	до 15°	15°
Угол наклона назад	до 5°	5°
Угол наклона спинки в вертикальной плоскости	в пределах $\pm 30^\circ$	$\pm 30^\circ$
Регулировка по высоте сиденья	да	да
Высота сиденья стула, мм	400-550	500
Ширина сиденья стула, мм	не менее 400	460
Глубина сиденья стула, мм	не менее 400	460
Высота спинки стула, мм	не менее 300	550
Ширина спинки стула, мм	не менее 380	460
Поверхность спинки, сиденья и др. элементов	полумягкая	полумягкая
Тип подлокотников	съемные/стационарные	стационарные
Длина подлокотников, мм	не менее 250	365
Ширина подлокотников, мм	50-70	50

В ходе измерения и сравнения показателей рабочего кресла, можно увидеть, что измеренные показатели соответствуют нормативным, которые заданы требованиями СанПиН.

В результате анализа и проведения измерений фактических показателей рабочего места можно сделать вывод, что рабочее место соответствует санитарно-гигиеническим правилам и нормам:

Таким образом, при выполнении работы были соблюдены:

- микроклиматические условия;
- освещенность рабочего места;
- уровень шума на рабочем месте;
- эргономика рабочего места.

Также при выполнении работы учитывались меры безопасности при работе за компьютером. В первую очередь перед началом работы на РМ проверялась исправность электропитающих устройств ноутбука и его работоспособность.

В свою очередь, в соответствии с СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 во время работы с ноутбуком соблюдались следующие правила:

- не класть на клавиатуру и корпус посторонние предметы, не работать мокрыми руками и не производить чистку элементов во время работы устройства;
- в случае обнаружения неисправности выключить ноутбук;
- производить эксплуатацию ноутбука в соответствии с требованиями, указанными производителем;
- минимизировать случаи включения и выключения устройства во время работы.

В целях сохранения здоровья соблюдались следующие правила:

- высота стула должна быть такой, чтобы была возможность опираться на пол полной ступней;
- избегать скрещивания конечностей, чтобы избежать затруднения кровообращения;
- выдерживать расстояние от глаз до монитора равным не менее 45 сантиметров;
- использовать антибликовые экраны, либо очки для работы за компьютером, чтобы избежать нагрузки на глаза.

По окончании работы с ноутбуком питание выключалось в соответствии с инструкцией завода изготовителя и поверхность ноутбука обрабатывалась влажной салфеткой.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 в целях сохранения здоровья при продолжительности работы за компьютером равной 8-ми часам, устраивались перерывы длительностью от 50 до 90 минут, а при 12-ти часовом рабочем дне перерывы были равными 80 или 140 минутам. При этом учитывалось, что рабочий день не должен продлеваться за счет такого отдыха.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения работы:

- был разработан электронный учебный ресурс для проведения практических занятий по курсу «Работа с изображениями в LabVIEW»;
- проведен обзор литературы на предмет использования среды LabVIEW для реализации программирования веб-камеры, алгоритмов анализа и обработки цифровых изображений;
- изучены основные методы программирования веб-камер, анализа и обработки изображений в LabVIEW;
- созданы виртуальные приборы реализующие указанные методы в LabVIEW;
- сформированы соответствующие теоретические разделы, написаны методические указания к практическим работам.

Созданный ресурс позволит дать студентам базовые знания об обработке изображений в среде LabVIEW.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Компьютерное зрение: технологии, рынок, перспективы [Электронный ресурс] – URL:https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Компьютерное_зрение:_технологии,_рынок,_перспективы (дата обращения: 28.10.2021)
- 2 Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEW : учебное пособие / Ю. В. Визильтер, С. Ю. Желтков, В. А. Князь, А. Н. Ходарев. – М.: ДМК Пресс, 2009. – С. 17–18.
- 3 Machine vision – Wikipedia [Электронный ресурс] – URL: https://en.m.wikipedia.org/wiki/Machine_vision (дата обращения 02.12.2021)
- 4 Системы технического зрения - Фруктонад Групп [Электронный ресурс] – URL: <https://sixdof.ru/products/sistemy-tehnicheskogo-zreniya> (дата обращения 02.12.2021)
- 5 Как работает ПО на базе машинного зрения для контроля качества продукта и техпроцессов [Электронный ресурс] – URL: https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Как_работает_ПО_на_базе_машинного_зрения_для_контроля_качества_продукта_и_техпроцессов (дата обращения 02.12.2021)
- 6 Развитие рынка передовых производственных технологий в сфере искусственного интеллекта в промышленности: экспертно-аналитический доклад / Инфраструктурный центр «Технет» – Москва, 2020. – 64 с. – URL: https://assets.fea.ru/uploads/fea/news/2020/12_december/30/otchety/2012_1230_doklad_ppt.pdf (дата обращения 28.10.2020) – Режим доступа: свободный.
- 7 Компьютерное зрение – Википедия [Электронный ресурс] – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Компьютерное_зрение (дата обращения 02.12.2021)
- 8 Изосимова Т.А. Программное обеспечение для автоматизированной системы калибровки стрелочных приборов / Изосимова Т.А., Максимова М.В. // Динамика нелинейных дискретных электротехнических и электронных систем (ДНДС-2017) : материалы XII Всерос. науч.-техн. конф., Чебоксары, 2 июня 2017 г. – Чебоксары, 2017. – С.318–319.
- 9 Изосимова Т.А. Разработка методики калибровки стрелочных приборов с использованием системы технического зрения / Изосимова Т.А., Максимова М.В. // Информационные технологии в электротехнике и электроэнергетике (ИТЭЭ-2018)

: материалы XI Всерос. науч.-техн. конф., Чебоксары, 8 июня 2018 г. – Чебоксары, 2018. – С.238–239.

10 Изосимова Т.А. Разработка автоматизированной системы управления диагностикой печатных плат на основе машинного зрения / Изосимова Т.А., Максимова М.В., Михайлова О.В. // Вестник НГИЭИ: научный журнал – Нижегородский государственный инженерно-экономический университет, 2018. – №1. – С.7–18.

11 Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2018662776. Программный комплекс автоматизированной системы диагностики печатных плат на основе распознавания образов / Изосимова Т.А., Максимова М.В., Алешев Н.А. – Заявка №2018613552. Дата поступления 29 марта 2018 г. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 15 октября 2018 г.

12 Алгоритм выявления латентных технологических дефектов фотошаблонов и печатных плат методом оптического допускового контроля / Кочегаров И.И., Ханин И.В., Юрков Н.К., Григорьев А.В. // Труды международного симпозиума «Надежность и качество»: научный журнал – Пензенский государственный университет, 2013. – Т.2. – С.54–57.

13 Измерение деформаций тонкого паянного шва с помощью средств обработки изображений пакета LabVIEW и бесконтактной измерительной системы VIC-2D / Абашев Д.Р., Апетьян В.Э., Астрединов В.М., Владимиров С.А. [и др.] // Космонавтика и ракетостроение: научный журнал – Центральный научно-исследовательский институт машиностроения, 2013. – №3. – С.101.

14 Пилипец А.Т. Исследование возможностей цифровой обработки снимков дистанционного зондирования на основе LabVIEW // Устойчивое развитие земельно-имущественного комплекса муниципального образования: землеустроительное, кадастровое и геодезическое сопровождение: сб. материалов I Национальной науч.-практ. конференции, Омск, 15 окт. 2020 г. – Омск, 2020. – С.157–167.

15 Биткина А.А. Разработка структуры автоматического сортировщика продукции / Биткина А.А., Копытов С.М. // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: материалы II Всерос.

национальной науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 8-12 апр. 2019 г. – Комсомольск-на-Амуре, 2019. – С.260–263.

16 Солодовник А.А., Демьяненко А.В., Алёшин Д.В. О возможности применения среды программирования LabVIEW для обработки изображения полей серебристых облаков / Солодовник А.А., Демьяненко А.В., Алёшин Д.В. // Вестник Алматинского университета энергетики и связи: научно-технический журнал – Алма-Ата: некоммерческое акционерное общество «Алматинский Университет Энергетики и Связи имени Гумарбека Даукеева», 2019. – №47, Ч.4. – С. 117–122.

17 Сысоев В.С., Булатов М.У., Сухаревский Д.И., Наумова М.Ю., Андреев М.И., Макальский Л.М., Пищелин А.Г., Сысоев М.В. Комплекс для определения размеров частиц микронного диапазона в аэрозольном потоке лазерным малоугловым методом / Сысоев В.С., Булатов М.У., Сухаревский Д.И., Наумова М.Ю., Андреев М.И., Макальский Л.М., Пищелин А.Г.// Перспективные материалы: журнал – Москва: общество с ограниченной ответственностью «Интерконтакт Наука», 2010 – №8 – С. 178–182

18 Жуков А.А. Организация электронного обучения на радиофизическом факультете / А.А. Жуков // Лучшие практики электронного обучения. Материалы II методической конференции. Томск: ТГУ. 2016. С. 29-35.

19 Доценко О.А. Информационные технологии в проведении практических и лабораторных занятий по дисциплине «Радиоматериалы и радиокомпоненты» в условиях внедрения ФГОС третьего поколения /О.А. Доценко, А.А. Павлова // Изв. вузов. Физика. 2012. Т.55. № 8/3. С. 229-230.

20 Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 №197-ФЗ. Статья 209. Основные понятия. [Электронный ресурс.] – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34683/78f36e7afa535cf23e1e865a0f38cd3d230eecf0/ (Дата обращения: 13.01.2022).

21 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/901865498> (Дата обращения: 14.01.2022).

22 СанПиН 2.2.4.3359-16 Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах. [Электронный ресурс.] – Режим доступа: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71362000/> (Дата обращения: 14.01.2022).

23 СанПиН 2.2.2.542-96 Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам, персональным электронно-вычислительным машинам и организации работ. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gostrf.com/normadata/1/4294851/4294851476.pdf> (Дата обращения: 13.01.2022).

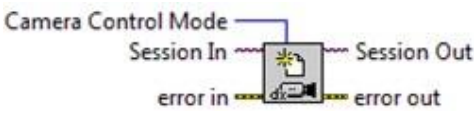
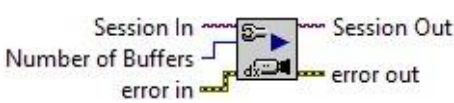
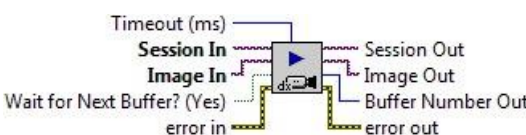
24 СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://meganorm.ru/Data2/1/4294817/4294817617.pdf> (Дата обращения: 13.01.2022).

25 СанПиН 2.2.3670-20 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям труда». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_372741/ (Дата обращения: 14.01.2022).

Приложение А (справочное)

Необходимые для программирования веб-камеры ВП

Таблица А.1 – Необходимые для программирования веб-камеры ВП

 Camera Control Mode Session In error in Session Out error out	IMAQdx Open Camera VI отвечает за инициализацию сеанса работы с камерой, а также за определение её функциональных возможностей, создания конфигурационного файла и уникальной ссылки в рамках создаваемого ВП
 Border Size Image Name error in (no error) Image Type New Image error out	IMAQ Create создаёт буфер (резервирует область памяти) для помещения кадров, полученных с помощью IMAQdx Grab2 VI
 Session In Number of Buffers error in Session Out error out	IMAQdx Configure Grab VI конфигурирует и запускает процесс захвата кадров с камеры во <u>внутренний</u> программный буфер
 Timeout (ms) Session In Image In Wait for Next Buffer? (Yes) error in Session Out Image Out Buffer Number Out error out	IMAQdx Grab2 VI извлекает последний полученный кадр из внутреннего буфера и помещает его в <u>пользовательский</u> буфер изображений LabVIEW (создаётся функцией подготовки буфера IMAQ Create)
 Session In error in error out	IMAQdx Close Camera VI останавливает процессы захвата и извлечения кадра, освобождает связанные с этим ресурсы, а также закрывает инициализированный сеанс работы с камерой
 Image In	IMAQ Image Display – индикатор окна отображения изображения

Введите текст:

...или загрузите файл:

Файл не выбран...

Выбрать файл...

Укажите год публикации: 2022

Выберите коллекции

- | | | |
|---|--|--|
| ☒ Все | ☒ Википедия | ☒ Российские журналы |
| ☒ Рефераты | ☒ Российские конференции | ☒ Энциклопедии |
| ☒ Авторефераты | ☒ Иностранные журналы | ☒ Англоязычная википедия |
| ☒ Иностранные конференции | | |
| ☒ PubMed | | |

Анализировать

Проверить по расширенному списку коллекций системы Руконтекст

Обработан файл:
Бочаров_07608.pdf.

Год публикации: 2022.

Оценка оригинальности документа - 97.59%

Процент условно корректных заимствований - 0.0%

Процент некорректных заимствований - 2.41%

Просмотр заимствований в документе

Время выполнения: 33 с.

Документы из базы



Источники заимствования

В списке литературы

Источники
Заимствования

1. Курсовая работа: Машинное зрение

Год публикации: 2016. Тип публикации: реферат.
<http://www.bestreferat.ru/files/87/bestreferat-206787.docx>
Показать заимствования (5)

1.5%

2. Методы обработки медицинских изображений для выявления патологий черепно-лицевой области

Авторы: ШКУРАТ О.С., СОЛОМИН А.В.
Год публикации: 2015. Тип публикации: статья научного журнала.
<http://cyberleninka.ru/article/n/metody-obrabotki-meditsinskih-izobrazheniy-dlya-vyyavleniya-patologii-cherepno-litsevoy-oblasti>
Показать заимствования (7)

0.91%

Дополнительно

Значимые оригинальные фрагменты

Библиографические ссылки

Искать в Интернете

Научный руководитель Аноф Жуков А.А.