

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Факультет компьютерных систем и сетей

Кафедра электронных вычислительных машин

И. И. Фролов, М. М. Лукашевич, А. Л. Яночкин

СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

*Рекомендовано УМО по образованию в области информатики
и радиоэлектроники в качестве учебно-методического пособия
для специальности 1-40 02 01 «Вычислительные машины, системы и сети»*

Минск БГУИР 2016

УДК 004.932(076)
ББК 32.973.26-018.2я73
Ф91

Рецензенты:

кафедра информационных систем и технологий Белорусского национального
технического университета (протокол №3 от 09.11.2015);

заместитель начальника кафедры информационно-вычислительных систем
учреждения образования «Военная академия Республики Беларусь»,
кандидат технических наук А. В. Шарамет

Фролов, И. И.

Ф91 Системы технического зрения : учеб.-метод. пособие / И. И. Фролов,
М. М. Лукашевич, А. Л. Яночкин. – Минск : БГУИР, 2016. – 70 с. : ил.
ISBN 978-985-543-236-5.

Содержит теоретические сведения о принципах построения систем технического зрения, их алгоритмическом обеспечении. Подробно рассмотрены аппаратно-программные средства построения систем технического зрения от компании National Instruments. Приведены задания для выполнения лабораторных работ по учебной дисциплине «Цифровая обработка сигналов и изображений».

УДК 004.932(076)
ББК 32.973.26-018.2я73

ISBN 978-985-543-236-5

© Фролов И. И., Лукашевич М. М., Яночкин А. Л., 2016
© УО «Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники», 2016

Введение

Системы машинного зрения в современном мире находят повсеместное применение, что связано в первую очередь с развитием технологий и повышением доступной высокопроизводительной вычислительной техники, а также усовершенствованием устройств получения цифровой фото и видеоинформации. На сегодняшний день не существует идеальных алгоритмов и в целом систем машинного зрения, которые предназначены для решения универсальных задач. Зачастую в каждом конкретном случае разрабатывается проект, подходящий для решения поставленной задачи с использованием как известных методов и алгоритмов, так и разработанных новых.

Высокий уровень автоматизации различных сфер человеческой деятельности требует от компьютерных систем не только быстро и точно выполнять, но также эффективно распознавать визуальную информацию и на основе её анализа решать сложные задачи управления и контроля. В общем виде системы машинного зрения представляют собой взаимосвязанную технологическую последовательность, включающую следующие звенья (рисунок 1):

- получение изображения от видеокамеры;
- обработка (оцифровка) изображения;
- анализ цифрового изображения и выделение нужной информации;
- перемещение камеры или изображения в пространстве.

При этом видеокамера, программные средства и устройства обработки изображений являются главными составляющими системы машинного зрения, объединяясь в термин *«техническое зрение»*.



Рисунок 1 – Элементы технологии машинного зрения

Данное учебно-методическое пособие предназначено для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Цифровая обработка сигналов и изображений» в рамках раздела «Цифровая обработка изображений». Главной задачей при этом является ознакомление студентов с технологиями, применяемыми при построении систем технического зрения. Лабораторные работы выполняются на

лабораторном стенде компании National Instruments, предназначенном для изучения основ систем технического зрения. Основой стенда является интеллектуальная камера NI Smart Camera, которая дает возможность студентам в интерактивном режиме осуществлять сбор видеоизображений и их обработку.

Перечень элементов лабораторного комплекса «Лаборатория технического зрения» (рисунок 2):

- интеллектуальная камера NI Smart Camera;
- набор элементов для анализа;
- программное обеспечение для сбора и обработки изображений;
- персональный компьютер.



а



б



в



г

а – интеллектуальная камера; б – набор элементов для анализа;
в – программное обеспечение; г – персональный компьютер

Рисунок 2 – Лабораторный комплекс «Лаборатория технического зрения»

1 Проблематика машинного зрения

Цифровая обработка и анализ изображений находят все большее применение в различных областях науки и техники, таких как интеллектуальные робототехнические комплексы, системы промышленного контроля, системы управления движущимися аппаратами, обработка данных дистанционного зондирования, биомедицинские исследования, новые технологии обработки документов и множество других.

Машинное зрение следует рассматривать как комплексную, технологическую область научных и инженерных знаний, охватывающую все проблемы разработки практических систем.

Наряду с терминами «машинное зрение» (machine vision) и «техническое зрение» (technical vision) в литературе часто употребляются такие понятия, как «компьютерное зрение» (computer vision), «обработка изображений» (image processing), «понимание изображений» (image understanding).

Термин «*компьютерное зрение*» обозначает научную дисциплину, изучающую теорию и базовые алгоритмы анализа изображений и сцен.

Понятие «*обработка изображений*» часто употребляется как указатель исключительно на предметную, а не научную область. Иногда под этим понимают обработку нижнего уровня, когда результатом обработки снова является изображение.

Термин «*понимание изображений*» употребляется для обозначения обработки верхнего уровня, часто в контексте применения методов искусственного интеллекта и машинного обучения.

Машинное зрение тесно связано с целым рядом смежных дисциплин: компьютерное зрение, искусственный интеллект, а также распознавание образов (pattern recognition) и цифровая фотограмметрия (digital photogrammetry).

Можно выделить три типа основных требований к алгоритмам машинного обучения:

- робастность – устойчивость алгоритмов к значительным искажениям и меняющимся факторам (помехи и «шум», сложный текстурированный фон, искажающие оптические эффекты, несинхронная регистрация и обработка данных и др.);

- точность – на примере обнаружения объектов это означает, что необходимо не просто выделить объект, но и точно указать в системе координат изображения его положение и размеры в каком-либо смысле;

- вычислительная реализуемость, так как, несмотря на существенное развитие вычислительной техники, особенно в промышленных приложениях реального времени, характеристики вычислительной техники и их свойства далеки от желаемых и реализация процедуры поиска объекта связана с угрозой лавинообразного роста числа вычислений.

До сих пор не существует единого математического аппарата и единой общепринятой методики разработки алгоритмов в области машинного зрения. При

решении реальных задач обработки изображений, как правило, недостаточно одного метода. Требуется последовательное, а нередко итерационное применение нескольких методов. Тогда возникает проблема выбора этих методов и их конкретных параметров. Разработка систем анализа и обработки цифровых изображений 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 проверка их эффективности;
- окончательная программная реализация алгоритмов.

Многие разработчики рано или поздно сталкиваются с выбором: разрабатывать что-то самому или использовать готовые коды (библиотеки).

Некоторые плюсы использования готовых кодов:

- быстрая разработка проекта;
- код протестирован многими пользователями;
- программист концентрируется на основной задаче, а не на вспомогательных;
- не требует затраты большого количества человеко-часов, в отличие от разработки собственной библиотеки.

Некоторые минусы использования готовых кодов:

- стоимость лицензии может превысить стоимость разработки;
- сложная общая архитектура, тяжело разобраться в возникающих ошибках;
- одна библиотека может не содержать все необходимые для проекта функции;
- задача не решается оптимальным способом при использовании только готовых библиотек.

В использовании собственной разработки тоже есть свои плюсы:

- члены команды знают, как работают программы;
- максимально производительное решение;
- возможность развития библиотеки в нужном вам направлении.

Минусы разработки собственной библиотеки:

- требуется высококвалифицированный разработчик;
- длительная разработка и тестирование;
- содержит значительное число ошибок, особенно на стадии внедрения.

Для начинающих использование и анализ готовых решений позволяют быстрее повышать квалификацию и создавать несложные проекты. Среди существующих средств подобного рода необходимо выделить пакет прикладных программ для решения технических вычислений Matlab, открытую библиотеку компьютерного зрения OpenCV, программные средства фирмы National Instruments – среда визуального программирования LabVIEW – и настраиваемое программное обеспечение для систем машинного зрения Vision Builder for Automated Inspection.

В настоящем учебно-методическом пособии все излагаемые теоретические положения и методы машинного зрения приведены в контексте реализации систем технического зрения на базе программно-аппаратных средств фирмы National Instruments.

Библиотека БГУИР

2 Описание лабораторного комплекса от NI

2.1 Описание аппаратной платформы

Основой лабораторного комплекса от NI является интеллектуальная камера NI 1742, которая объединяет датчик изображения, процессор и цифровой ввод-вывод в прочном компактном корпусе. В таблице 1 представлены свойства NI 1742.

Таблица 1 – Интеллектуальная камера NI 1742

| Модель | Процессор | Датчик | Контроллер непосредственного управления источником света | Интерфейс квадратурного энкодера |
|---------|-----------|---|--|----------------------------------|
| NI 1742 | 533 МГц | 1/3 дюйма ПЗС, монохромный 640 × 480 пикселей (VGA) | Да | Да |

В интеллектуальной камере NI 1742 имеется разъем RS-232 и два разъема Ethernet 1000, используются стандартные C-оправы объектива, предусмотрена поддержка контроллера, непосредственно управляющего источником света и квадратурного энкодера. Интегрированный в камеру контроллер непосредственного управления источником света напрямую питает регулируемые током разнообразные источники света.

В NI 1742 имеются также пять светодиодных индикаторов для информирования о состоянии системы, четыре DIP-переключателя для настройки опций начальной загрузки, по два изолированных входа и выхода для подключения внешних устройств. Кроме того, есть выходы стробирования для управления светом – один 5 V ТТЛ и один 24 V (рисунок 3).

VGA-датчик

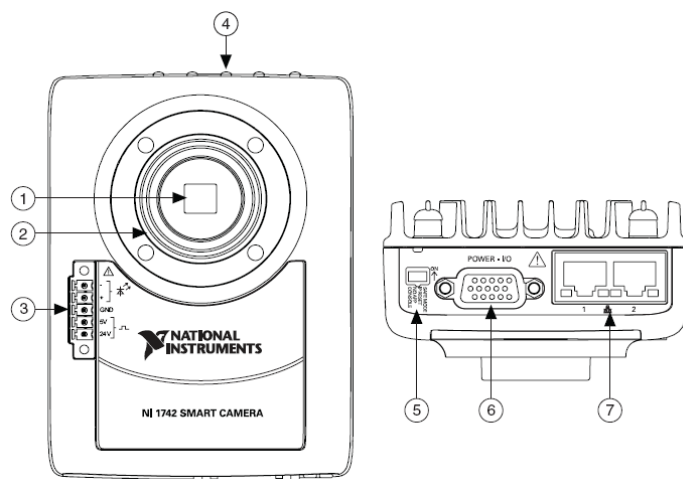
В камерах NI 1742 используется монохромная ПЗС-матрица Sony ICX424AL с форматом оптики 1/3 дюйма, 640 × 480 пикселей. Пиксель равен 7,4 × 7,4 мкм. Размеры светочувствительной части датчика составляют 4,736 мм в горизонтальном направлении и 3,552 мм в вертикальном направлении.

Поле зрения

Для расчета горизонтального и вертикального полей зрения (FOV), необходимых для оптической системы ввода изображений, применяют формулу (1).

$$FOV = SD \cdot WD / FL, \quad (1)$$

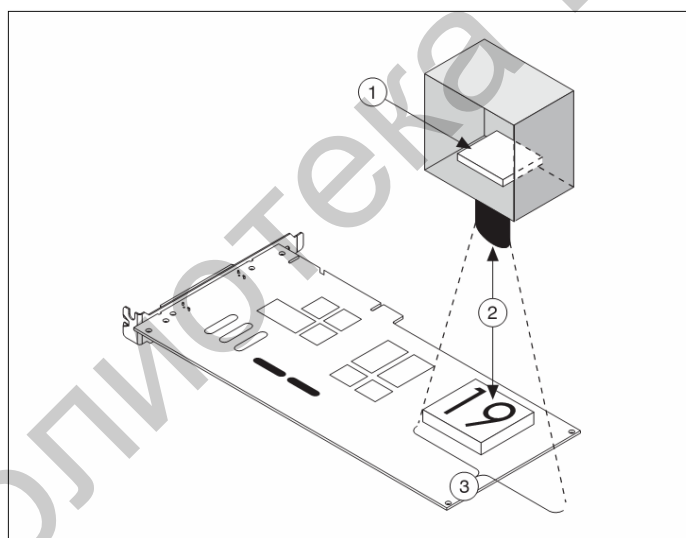
где FOV – поле зрения; SD – размер датчика; WD – рабочее расстояние; FL – фокусное расстояние линз.



1 – датчик изображения; 2 – стандартная С-оправа объектива;
 3 – разъем для источника света; 4 – светодиоды; 5 – DIP-переключатели;
 6 – разъем питания POWER-I/O; 7 – разъем Ethernet

Рисунок 3 – Интеллектуальная камера NI 1742

На рисунке 4 показаны поле зрения по горизонтали и рабочее расстояние.



1 – датчик изображения; 2 – рабочее расстояние;
 3 – поле зрения по горизонтали

Рисунок 4 – Параметры оптической системы

Поле зрения – это область, доступная интеллектуальной камере для обследования. Горизонтальные и вертикальные размеры области обследования определяют поле зрения. При работе необходимо убедиться, что объект исследования располагается в поле зрения. Например, если рабочее расстояние составляет

100 мм, а фокусное расстояние линзы – 8 мм, тогда поле зрения в горизонтальном направлении равно

$$FOV_{горизонт} = 4,736 \cdot 100/8 = 59,2 \text{ мм.}$$

Аналогично вычисляется поле зрения в вертикальном направлении:

$$FOV_{верт} = 3,552 \cdot 100/8 = 44,4 \text{ мм.}$$

При настройке системы необходимо изменять различные параметры из формулы (1) до тех пор, пока не будет найдена комбинация, удовлетворяющая требованиям исследования.

Пояснение индикации светодиодов

На рисунке 5 показано расположение светодиодов NI 1742.

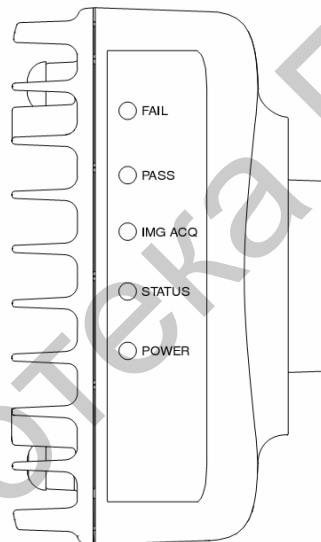


Рисунок 5 – Светодиоды NI 1742

Светодиод POWER (Питание). Указывает, достаточно ли питание подается на камеру. При правильном питании камеры горит зеленым светом. Если питание к камере не подключено, не горит. При первой подаче питания на NI 1742 мигает красным светом в течение одной секунды, пока внутренние устройства входят в рабочий режим. Если светодиод POWER горит красным светом дольше одной секунды, это указывает на то, что напряжение питания выходит за пределы допустимого.

Светодиод STATUS (Статус). Горит зеленым светом при нормальном функционировании камеры. Интеллектуальная камера указывает на наличие особых состояний миганием светодиода STATUS (таблица 2).

Таблица 2 – Индикация светодиода STATUS

| Режим светодиода | Цвет светодиода | Индикация |
|------------------|-----------------|--|
| 1 | 2 | 3 |
| Непрерывный | Зеленый | Инициализация прошла успешно и камера готова к использованию |
| Одна вспышка | Зеленый | IP-адрес или программное обеспечение интеллектуальной камеры не настроены. От производителя камера поставляется в неконфигурированном состоянии. Интеллектуальная камера переходит в неконфигурированное состояние, если она настроена на DHCP, а доступного сервера DHCP нет. Используйте MAX или Vision Builder AI для конфигурирования камеры. Обратитесь к руководству Getting Started with the NI 17xx Smart Camera за информацией о конфигурировании интеллектуальной камеры |
| Две вспышки | Зеленый | Интеллектуальная камера обнаружила ошибку в настройках программного обеспечения. Камера автоматически загружается в безопасном режиме, несмотря на положение DIP-переключателя SAFE MODE. Обычно это случается, когда прерывается попытка обновления программного обеспечения или если с интеллектуальной камеры были удалены системные файлы. Переустановите программное обеспечение интеллектуальной камеры. Обратитесь к руководству Getting Started with the NI 17xx Smart Camera для получения информации об установке программного обеспечения интеллектуальной камеры |
| Три вспышки | Зеленый | Интеллектуальная камера находится в безопасном режиме, поскольку DIP-переключатель SAFE MODE установлен в положение «Вкл». Обратитесь к разделу «Конфигурирование DIP-переключателей» для получения информации о DIP-переключателе SAFE MODE |
| Четыре вспышки | Зеленый | Интеллектуальная камера зафиксировала два следующих друг за другом программных исключения. При этом камера автоматически перезагружается. После повторения ситуации камера остается в состоянии исключения, сигнализируя о необходимости решить проблему. Переустановите программное обеспечение. Обратитесь к руководству Getting Started with the NI 17xx Smart Camera для получения информации об установке программного обеспечения интеллектуальной камеры |

| 1 | 2 | 3 |
|--------------|---------|--|
| Пять вспышек | Зеленый | Интеллектуальная камера зафиксировала критическую ошибку. Переустановите программное обеспечение или свяжитесь с National Instruments для получения поддержки. Обратитесь к руководству Getting Started with the NI 17xx Smart Camera для получения информации об установке программного обеспечения интеллектуальной камеры |
| Мигание | Красный | Интеллектуальная камера обнаружила сбой или зависание программного обеспечения. Свяжитесь с National Instruments для получения поддержки |
| Непрерывный | Красный | Интеллектуальная камера зафиксировала критическую ошибку загрузочного ПЗУ. Свяжитесь с National Instruments для получения поддержки |

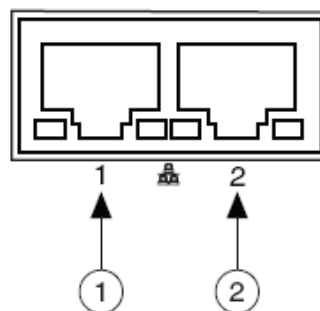
Светодиод *IMG ACQ* (Захват изображения). Кратковременно загорается зеленым светом, когда изображение захвачено и готово для анализа. При высокой частоте кадров свечение светодиода кажется постоянным. Если оба светодиода – *IMG ACQ* и *FAIL* – мигают красным, это указывает на то, что камера NI 1742 отключена из-за превышения в ней максимально допустимой температуры.

Светодиод *PASS*. Это зеленый светодиод, настраиваемый пользователем через узел свойств IMAQ в LabVIEW или на шаге Smart Camera I/O (ввод-вывод интеллектуальной камеры) в Vision Builder AI.

Светодиод *FAIL*. Это красный светодиод, также настраиваемый пользователем через узел свойств IMAQ в LabVIEW или на шаге Smart Camera I/O (ввод-вывод интеллектуальной камеры) в Vision Builder AI.

Порты *Ethernet*

На рисунке 6 показано размещение Ethernet-разъемов NI 1742.



1 – разъем 1; 2 – разъем 2

Рисунок 6 – Ethernet-разъемы NI 1742

Разъем 1 является основным, а разъем 2 – дополнительным. Основной разъем может быть настроен на получение IP-адреса через DHCP-сервер. Дополнительный разъем может быть настроен только на получение статического IP-адреса. Оба порта Ethernet NI 1742 могут быть подключены к 10, 100 или 1000 Мбит/с (1 Гбит/с) Ethernet-сети в режиме полного дуплекса или полудуплекса. Камера NI 1742 автоматически определяет скоростные возможности и режим обмена (полный или полудуплекс) связываемых с камерой устройств и настраивается на более быстрый общий интерфейс, может автоматически выполнять перекрестные подключения (auto-crossover), что позволяет использовать прямой или перекрестный Ethernet-кабель независимо от настройки связи. При использовании экранированных Ethernet-кабелей для обеспечения полной помехозащищенности сигналов убедитесь, что защитные оболочки Ethernet-кабелей и POWER-I/O-кабель не соединены между собой.

2.1 Используемое программное обеспечение

Для разработки приложений на базе NI 17xx требуется один из программных компонентов, указанных на рисунке 7. Процессы установки и настройки каждой среды разработки различны.

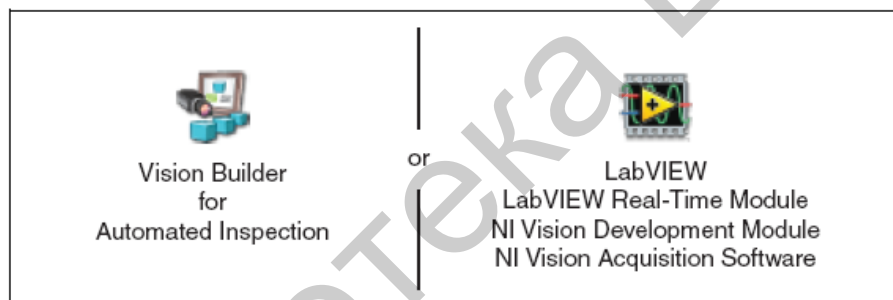


Рисунок 7 – Варианты используемого программного обеспечения

2.2.1 Программное обеспечение NI Vision Builder for Automated Inspection

Vision Builder for Automated Inspection (Vision Builder AI) – настраиваемое программное обеспечение для систем машинного зрения, которое можно использовать для конфигурирования NI 17xx, прототипирования, тестирования и запуска приложений машинного зрения.

Создание приложений в Vision Builder AI не требует написания программ. Vision Builder AI позволяет конфигурировать и тестировать последовательность шагов контроля изображений, а также запускать системы для автоматического контроля изображений. С Vision Builder AI можно решать сложные задачи контроля изображений и принимать решения, основываясь на результатах выполнения отдельных задач. Также есть возможность экспортировать сконфигурированные задачи в LabVIEW для расширения возможностей приложения.

Документация по Vision Builder AI:

- *NI Vision Builder for Automated Inspection: Tutorial* – учебник по конструктору NI Vision Builder предоставляет пошаговые инструкции для автоматизированного решения общих задач машинного зрения (например, контроля, измерения, идентификации деталей, управления и подсчета).

- *NI Vision Builder for Automated Inspection: Configuration Help* – содержит информацию об использовании конструктора NI Vision Builder для конфигурирования интерфейса систем автоматического контроля в приложениях машинного зрения.

- *NI Vision Builder for Automated Inspection: Inspection Help* – содержит информацию о приложениях, разработанных с помощью Vision Builder for Automated Inspection (Vision Builder AI) в Vision Builder AI Interface.

2.2.2 Программное обеспечение LabVIEW

LabVIEW – это графическая среда проектирования для разработки гибких и масштабируемых приложений. Для создания приложений машинного зрения с NI 17xx и LabVIEW необходимы следующие дополнительные модули: LabVIEW Real-Time Module, Vision Development Module и Vision Acquisition Software.

LabVIEW Real-Time Module

Модуль LabVIEW Real-Time (RT) объединяет возможности графической среды проектирования LabVIEW с производительностью оборудования реального времени, позволяя создавать детерминированные системы реального времени и разрабатывая приложение в LabVIEW, в дальнейшем загружать его на целевую систему реального времени, например на интеллектуальную камеру NI 17xx. Целевая система RT выполняет программу, не используя интерфейс пользователя, и поэтому представляет собой надежную платформу для приложений реального времени.

NI Vision Development Module

NI Vision Development Module обеспечивает ввод и обработку изображений, а для анализа использует библиотеку, содержащую сотни функций для решения следующих типовых задач машинного зрения: сравнение с образцом, анализ по точкам, калибровка, измерения (вычисление расстояний), отображение черно-белых, цветных и бинарных изображений и др.

С модулем NI Vision Development можно вводить, отображать и сохранять изображения, а также проводить их обработку и анализ. Используя NI Vision Development Module, новички и эксперты в области работы с изображениями могут разрабатывать простые и сложные приложения, зная логику работы модулей верхнего уровня, не вникая в особенности реализации алгоритмов.

NI Vision Acquisition Software

Компакт-диск NI Vision Acquisition Software содержит программу для конфигурирования средств измерения и автоматизации Measurement & Automation Explorer (MAX), а также драйвер NI-IMAQ.

Для настройки NI 17xx используется MAX. Есть возможность установить IP-адрес, обновить программное обеспечение на интеллектуальной камере, настроить режим запуска и задать характеристики освещения. Для получения информации о MAX можно обратиться к справочной информации Measurement & Automation Explorer Help for NI-IMAQ.

Драйвер NI-IMAQ – это интерфейс между прикладным программным обеспечением и NI 17xx, управляющий вводом-выводом изображений с интеллектуальной камеры NI 17xx и включающий обширную библиотеку виртуальных приборов, запускаемых из LabVIEW. В состав библиотеки входят программы конфигурирования видеооборудования, а также управления запуском. Драйвер NI-IMAQ выполняет все функции (высокого и низкого уровня), необходимые для получения и сохранения изображений, но не предоставляет возможности для их анализа. Примером функции высокого уровня может служить операция получения изображений в однократном или непрерывном режиме. Операции, которые требуют продвинутого знания устройства NI 17xx и процесса ввода изображений, например настройка последовательности изображений, являются примером функций низкого уровня.

Документация по LabVIEW и модулю NI Vision Development:

- *LabVIEW Help* – содержит информацию о среде программирования LabVIEW, пошаговые инструкции по использованию LabVIEW, сведения о виртуальных приборах LabVIEW, функциях, палитрах, меню и инструментах.

- *Getting Started with LabVIEW* – можно использовать данное руководство в качестве учебного пособия при знакомстве со средой графического программирования LabVIEW, а также при изучении базовых функциональных возможностей LabVIEW для создания приложений сбора данных и управления.

- *Getting Started with the LabVIEW Real-Time Module* – можно использовать данное руководство в качестве учебного пособия при знакомстве с модулем LabVIEW Real-Time, а также при изучении основных функциональных возможностей Real-Time Module для создания приложений реального времени.

- *NI Vision Concepts Manual* – содержит основные понятия анализа и обработки изображений, систем машинного зрения. Подробно обсуждаются функции для работы с изображениями.

- *NI Vision for LabVIEW Help* – описывает, как создавать приложения машинного зрения и обработки изображений в LabVIEW, используя Vision Development Module. Справочный документ будет вашим проводником при решении задач, начиная с настройки системы обработки изображений и заканчивая измерениями. В документе также дается информация о том, как создавать приложения реального времени, используя NI Vision и LabVIEW Real-Time Module, содержатся сведения о палитрах и виртуальных приборах (VIs) NI Vision в LabVIEW.

Документация по NI Vision Acquisition Software:

- *NI-IMAQ VI Reference Help* – содержит информацию о виртуальных приборах и свойствах для работы с драйвером NI-IMAQ.

- *Measurement & Automation Explorer Help for NI-IMAQ* – описывает схему настройки драйвера NI-IMAQ, NI фрейм-граббера и интеллектуальных камер NI с помощью Measurement & Automation Explorer.

Библиотека БГУИР

3 Цифровые изображения. Некоторые методы обработки и анализа изображений

3.1 Основные шаги построения приложения системы технического зрения NI

Несмотря на тот факт, что каждая система технического зрения (СТЗ) служит для решения конкретного перечня задач, можно выделить общие принципы их построения. Для NI Vision характерна следующая структурная схема компоновки основных блоков и модулей, входящих в состав системы (рисунок 8).

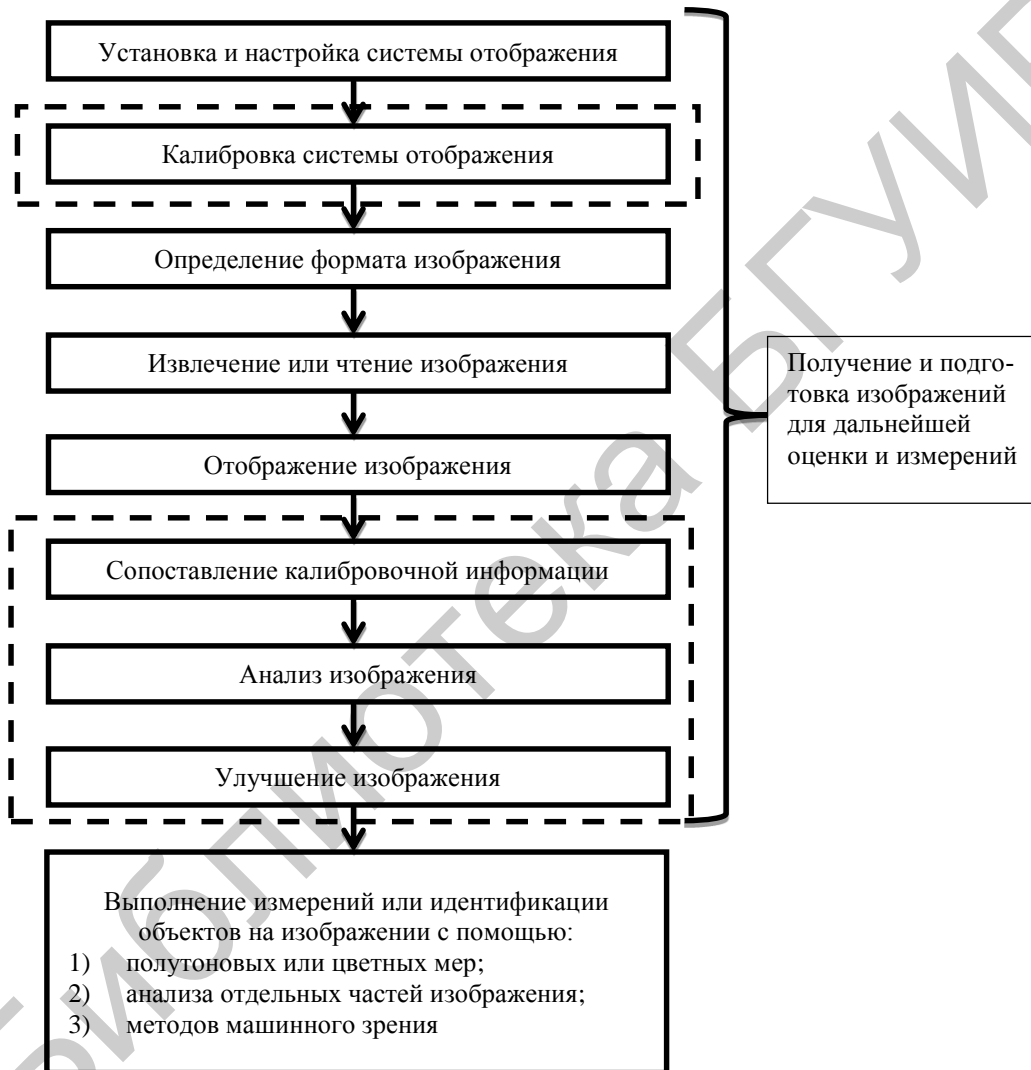


Рисунок 8 – Общие шаги проектирования приложения для обработки изображений в системе NI

Шаги, отмеченные штриховой линией, являются опциональными и применяются пользователем по необходимости.

После установки системы, возможно, будет необходимо выполнить ее калибровку, чтобы задать систему координат, а также компенсировать ошибки перспективы и нелинейные ошибки, присущие системе. Ошибки перспективы возникают в случае отсутствия перпендикулярности оси камеры и плоскости исследуемого объекта. Нелинейные ошибки могут быть обусловлены аберрацией оптической составляющей системы. Перечисленные ошибки не приводят, как правило, к уничтожению обрабатываемой информации, однако могут стать причиной ее частичного искажения, что является нежелательным эффектом в работе СТЗ.

После создания ссылки на источник получения изображения система готова получать информацию для отображения в системе NI. Для реализации данной операции можно выбрать один из трех способов:

- захват изображения через внешнее устройство – фото- или видеокамеру;
- загрузка изображения из файла;
- загрузка 2D-матрицы и ее последующее преобразование в изображение.

3.2 Определение цифрового изображения, основные свойства

Изображение является двумерным массивом значений, определяющих интенсивность света. В данном учебно-методическом пособии термин «изображение» применяется к цифровому изображению, то есть это функция интенсивности света:

$$f(x, y),$$

где f – яркость точки (x, y) ; x и y – пространственные координаты элемента изображения, то есть пикселя.

По умолчанию пиксель с координатами $(0, 0)$ находится в левом верхнем углу изображения (рисунок 9). Обратите внимание, что координата x увеличивается слева направо, а координата y – сверху вниз.

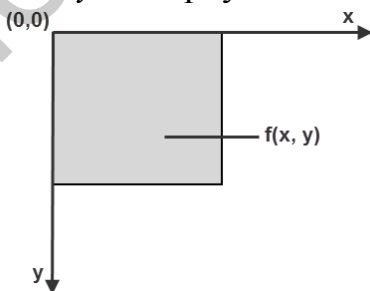


Рисунок 9 – Координаты пикселей изображения

При цифровой обработке изображения сенсор преобразует изображение в группу отдельных пикселей. Он присваивает каждому пикселю цифровые координаты, а также уровень яркости или код цвета, которые определяют яркость или цвет пикселя.

Оцифрованное изображение обладает тремя основными свойствами: разрешением, резкостью и количеством каналов. Разрешение изображения определяется числом строк и столбцов пикселей. Изображение, состоящее из m строк и

n столбцов, обладает разрешением $m \times n$. У такого изображения m пикселей по горизонтальной оси и n – по вертикальной.

Резкость изображения определяет количество различимых оттенков на картинке. Глубина цвета – это количество битов, использованных для кодирования цвета пикселя. Для заданной глубины цвета n резкость изображения равна 2^n , то есть пиксель может иметь 2^n различных цветов. Например, если n равно 8 битам, то пиксель может принимать 256 разных цветов: от 0 до 255. Если n равно 16 битам, пиксель может принимать 65 536 различных значений – от 0 до 65 535 или от минус 32 768 до 32 767.

NI Vision поддерживает изображения в 8-, 10-, 12-, 14-, 16-битной кодировках, кодировку с плавающей точкой и цветную кодировку. Метод кодирования зависит от характеристик устройства захвата изображения, выбранного способа обработки и типа выполняемого анализа. Например, 8-битного кодирования достаточно для получения информации о форме объектов на изображении. Однако для точного измерения интенсивности света всего изображения или его части следует использовать 16-битную кодировку или кодировку с плавающей точкой.

Если работа систем машинного зрения или приложений для цифровой обработки изображений зависит от цветового содержания осматриваемых или анализируемых объектов, нужно использовать цветную кодировку. NI Vision непосредственно не поддерживает иные кодировки, в частности 1-, 2- или 4-битные. Такие изображения при открытии автоматически преобразовываются в 8-битные (минимальная глубина цвета в NI Vision).

С помощью инструментов NI можно вычленил такие первичные параметры – составляющие цветного изображения, как компоненты цветных моделей RGB (Red, Green, and Blue), HSI (Hue, Saturation, and Intensity), HSL (Hue, Saturation, and Luminance) или HSV (Hue, Saturation, and Value). На рисунках 10 и 11 представлены схемы разбиения изображений на первичные компоненты с возможностью преобразования и замены цветовой модели.

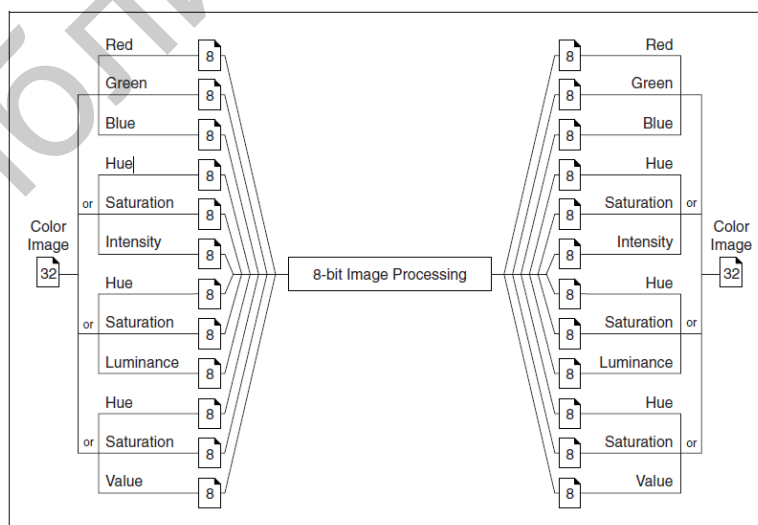


Рисунок 10 – Первичные компоненты 32-битного изображения

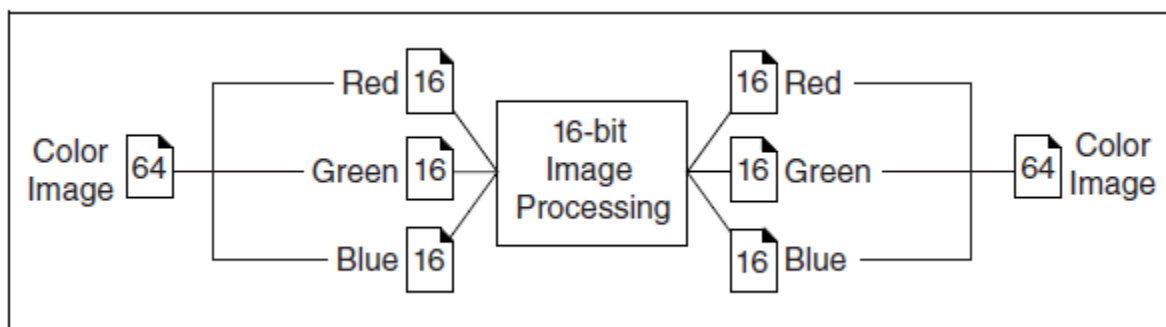


Рисунок 11 – Первичные компоненты 64-битного изображения

Количество каналов в изображении определяет количество массивов пикселей, образующих изображение. Черно-белое или псевдоцветное изображение содержит один канал. Изображение TrueColor состоит из трех каналов: красный, зеленый, синий. В таких изображениях оттенок пикселя кодируется тремя различными значениями. Цветное изображение – это комбинация трех массивов пикселей – красной, синей и зеленой составляющей в RGB-изображении. HSL-изображения определяются значениями оттенка, насыщенности и яркости.

«32-битный цвет» – это пример неправильного употребления термина при описании глубины цвета. Заблуждением является то, что 32-битный цвет позволяет представить $2^{32} = 4\,294\,967\,296$ различных оттенков. В реальности 32-битный цвет является 24-битным (Truecolor) с дополнительным 8-битным каналом, который либо заполнен нулями (не влияет на цвет), либо представляет собой альфа-канал, который задает прозрачность изображения для каждого пикселя. То есть существует 16 777 216 оттенков цветов и 256 градаций прозрачности.

Причиной, по которой используют «пустой» канал, является стремление оптимизировать работу с видеопамятью, которая у большинства современных компьютеров имеет 32-битную адресацию и 32-битную шину данных.

Также 32-битным является представление цвета в системе CMYK (по 8 бит отводится на голубой, пурпурный, желтый и черный цвета).

Соответственно, в обработке цифровых изображений под 64-битным форматом обычно подразумевают 48-битные цветные изображения (Deep Color), дополненные 16-битным альфа-каналом.

В компьютерной графике альфа-композиция (англ. alpha compositing) обозначает процесс комбинирования изображения с фоном с целью создания эффекта частичной прозрачности. Этот метод часто применяется для многопроходной обработки изображения по частям с последующей комбинацией этих частей в единое двухмерное результирующее изображение. Таким образом, альфа-канал представляет собой пустое пространство, или просто прозрачность.

Итак, средства NI позволяют выполнить разложение 32-битного изображения на индивидуальные компоненты, которые в дальнейшем могут быть преобразованы в другую цветовую модель.

Палитры

В то время как черно-белое изображение показывается на экране, NI Vision преобразовывает цвет каждого пикселя в интенсивность красного, синего и зеленого цветов для соответствующего пикселя на экране. При этом используется цветовая таблица, палитра, где цвет соотносится с возможным черно-белым цветом на изображении. NI Vision предоставляет возможность настроить палитру, используемую для отображения 8-битного черно-белого изображения.

Используя палитры можно воспроизводить различные образы на изображении, не изменяя исходные данные. Палитры могут создавать такие эффекты, как негатив или цветная маркировка. В последнем случае палитры удобны при детализации конкретных составляющих изображения, где общее число цветов ограничено.

Отображение в различных палитрах помогает подчеркнуть области с особой интенсивностью, определить плавные или резкие черно-белые переходы, также передать детали, которые трудно воспринимаются на черно-белом изображении. Например, человеческий глаз более чувствителен к небольшим изменениям интенсивности на светлой области, чем на темной. Использование цветной палитры может помочь различить эти небольшие изменения.

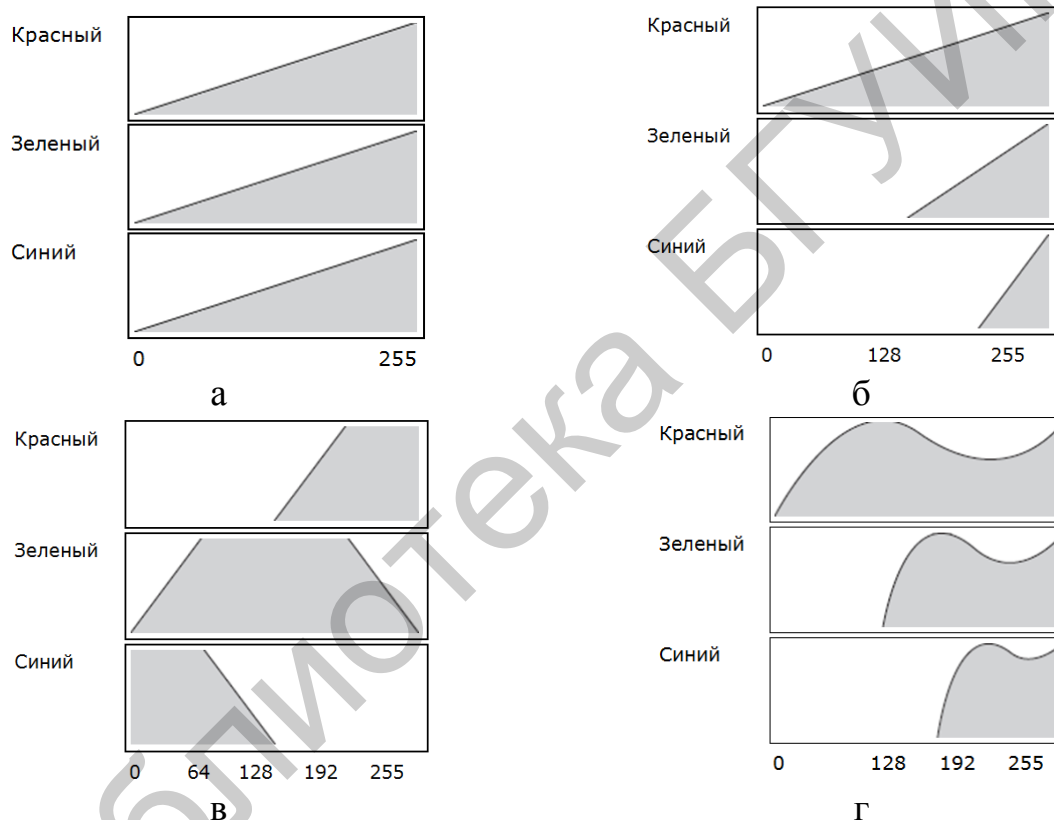
Палитра – это массив RGB-цветов, предопределенный или определенный пользователем. Он определяет для каждого возможного черно-белого цвета соответствующий цвет, устанавливаемый пикселю. Черно-белый цвет пикселя выступает адресом в таблице, указывающим на соответствующие значения интенсивности красного, зеленого и синего цветов (RGB). Этот набор RGB-цветов определяет палитру, в которой различные количества красного, зеленого и синего цветов смешиваются для получения цветового представления диапазона значений.

В 8-битном черно-белом изображении пиксели могут иметь 28 или 256 цветов (от 0 до 255). Цветовая палитра состоит из 256 RGB-элементов. Определенный цвет – это результат применения значения от 0 до 255 для каждого из трех компонентов: красного, зеленого и синего. Если у красного, зеленого и синего компонентов одинаковые значения, то пиксель будет иметь определенный оттенок серого.

Черно-белая палитра связывает различные оттенки серого с каждым цветом, таким образом создавая линейный и непрерывный переход серого от черного к белому. В палитре можно установить черному цвету значение 0, а белому – 255, и наоборот. Другие палитры могут отражать линейные или нелинейные переходы от красного к синему, от светло-коричневого к темно-коричневому и т. д.

В NI Vision есть пять предопределенных цветных палитр. Каждая палитра выделяет различные оттенки серого. Графики в каждом разделе представляют собой цветные таблицы, используемые каждой палитрой. По горизонтали располагаются входные оттенки серого (0, 255), а по вертикали – интенсивность RGB, соответствующая данному оттенку серого.

В *черно-белой палитре* оттенок серого постепенно меняется от черного к белому. Чтобы воспроизвести оттенок серого, красному, зеленому и синему присваивается одинаковое значение (рисунок 12, а). *Температурная палитра* представляет собой переход от светло-коричневого к темно-коричневому. Черный цвет – 0, белый – 255 (рисунок 12, б). *Радужная палитра* характеризуется изменением от синего к красному с заметной областью зеленого в средних значениях. Синий равен 0, красный – 255 (рисунок 12, в). В *градиентной палитре* красный изменяется к белому, присутствует заметная область светло-голубого при больших значениях. Черный – 0, белый – 255 (рисунок 12, г). Цвета 0 и 255 – частные случаи: 0 – это черный цвет, а 255 – белый. Эта циклическая палитра подходит для отображения бинарных и контурных изображений.



а – черно-белая; б – температурная; в – радужная; г – градиентная

Рисунок 12 – Варианты палитры

В *бинарной палитре* присутствуют 17 циклов 15 различных цветов. Таблица 3 иллюстрирует эти цвета, где g – оттенок серого.

Таблица 3 – Таблица цветов для бинарной палитры

| g = | R | G | B | Resulting Color (Конечный цвет) |
|-----|-----|-----|-----|---------------------------------|
| 1 | 255 | 0 | 0 | Красный – Red |
| 2 | 0 | 255 | 0 | Зеленый – Green |
| 3 | 0 | 0 | 255 | Синий – Blue |
| 4 | 255 | 255 | 0 | Желтый – Yellow |
| 5 | 255 | 0 | 255 | Фиолетовый (оттенок) – Purple |
| 6 | 0 | 255 | 255 | Аква – Aqua |
| 7 | 255 | 127 | 0 | Оранжевый |
| 8 | 255 | 0 | 127 | Пурпурный – Magenta |
| 9 | 127 | 255 | 0 | Ярко-зеленый – Bright green |
| 10 | 127 | 0 | 255 | Фиолетовый – Violet |
| 11 | 0 | 127 | 255 | Голубой – Sky blue |
| 12 | 0 | 255 | 127 | Морской зеленый – Sea green |
| 13 | 255 | 127 | 127 | Розовый – Pink |
| 14 | 127 | 255 | 127 | Зеленая весна – Spring green |
| 15 | 127 | 127 | 255 | Барвинок – Periwinkle |

Основываясь на статистической информации изображений (например, средний уровень яркости в области интереса), система может принимать решения в различных задачах инспектирования и контроля качества исследуемых объектов в автоматизированном режиме. К задачам подобного рода относятся обнаружение наличия или отсутствия объекта/компонента в заданной области, обнаружение дефектов исследуемых деталей, определение цвета путем его сравнения с образцом и т. д.

Областью интереса (Region of Interest, далее – ROI) считается регион изображения, выделенный для анализа, исследования и принятия решения. В СТЗ NI доступно три пути выделения ROI:

- интерактивно в диалоговом режиме, по сути – вручную средствами NI;
- программно – определив дескриптор с использованием координат и/или геометрических примитивов, доступных в NI;
- с использованием масок – 8-битных предопределенных изображений-масок шаблонов, пикселями в которых заданы точки, подлежащие обработке. Если соответствующий пиксель маски отличен от 0, то соответствующий пиксель изображения подлежит заданному алгоритму обработки, в противном случае пиксель изображения игнорируется.

К статистическим метрикам полутоновых изображений относятся следующие характеристики: минимальные и максимальные значения интенсивности

ROI, средние значения интенсивности ROI, среднеквадратичное отклонение значений яркости ROI, процент отношения площади ROI к общей площади изображения. В данном случае в качестве ROI может выступать отдельный пиксель, линия, прямоугольник, замкнутая область произвольной формы.

3.3 Анализ изображения: гистограммы

Гистограмма высчитывает и показывает общее число пикселей каждого оттенка серого. Из графика можно сказать, содержит ли изображение области определенного оттенка серого. Гистограмма дает общее представление о параметрах изображения и помогает определить такие компоненты, как фон, объекты и шумы.

Гистограмма – это основной инструмент анализа изображения, который описывает распределение интенсивности пикселей на изображении. Гистограмма используется для определения соответствия уровня интенсивности изображения для данной задачи, можно также использовать для установления наличия определенных областей оттенка серого. С помощью гистограммы можно настраивать условия захвата изображения.

Гистограмма – это функция H , определенная на интервале уровня серого $[0, \dots, k, \dots, 255]$ таким образом, что число пикселей k равно

$$H(k) = n_k,$$

где k – значение уровня серого; n_k – число пикселей изображения с уровнем серого, равным k ; $\sum n_k$ ($k = [0, 255]$) – общее число пикселей изображения.

На основе гистограммы можно определить два важных признака: насыщенность и отсутствие контраста.

Насыщенность. Недостаток освещения окружения приводит к недоэкспонированию сенсора, в то время как обилие света вызывает передержку (насыщение) сенсора. Изображения, полученные при таких условиях, не могут содержать всю информацию о наблюдаемом месте. Важно заметить соответствующие условия визуализации и правильно настроить их. Недоэкспонирование или насыщение можно определить по гистограмме. В недоэкспонированном изображении есть много пикселей с низкими значениями оттенка серого. Они представлены в виде пиков в области теней. В насыщенном изображении присутствует большое число пикселей с высокими значениями оттенка серого.

Отсутствие контраста. Широко используемые типы графических приложений включают в себя просмотр и подсчет значимых частей изображения. Методика разделения объектов и фона зависит от разности их интенсивности, например яркий объект и темный фон. В таком случае при анализе гистограммы видны две и более вполне разделенные совокупности интенсивности. Устанавливать настройки изображения нужно до тех пор, пока в гистограмме полученного изображения не будет требуемой приложением контрастности.

На рисунке 13 гистограмма показывает, какой оттенок серого встречается чаще, а какой – реже.

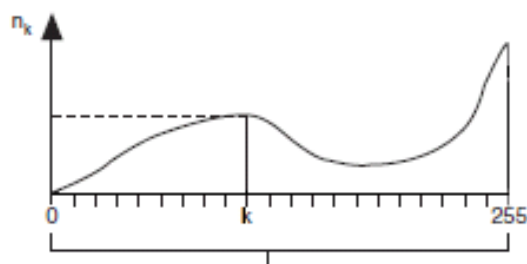


Рисунок 13 – Диапазон уровня серого

Гистограммы бывают двух типов: линейные (рисунок 14) и куммулятивные (рисунок 15). В обоих случаях по оси абсцисс откладывается значение уровня серого (от 0 до 255). Ось ординат линейной гистограммы показывает число пикселей n_k со значением уровня серого k , а ось ординат совокупной гистограммы показывает процентное содержание пикселей с меньшим или равным значением k .

Линейная гистограмма

Функцией плотности распределения называется функция:

$$H_{linear}(k) = n_k,$$

где $H_{linear}(k)$ – число пикселей k .

Функцией вероятности называется функция:

$$P_{linear}(k) = \frac{n_k}{n},$$

где $P_{linear}(k)$ – вероятность того, что пиксель равен k .

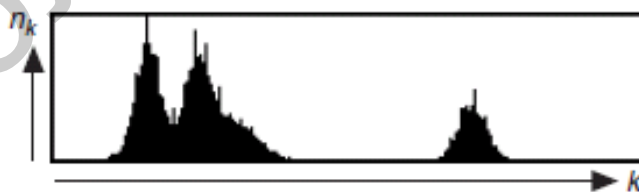


Рисунок 14 – Линейная гистограмма

Куммулятивная гистограмма

Функцией распределения называется функция

$$H_{cumul}(k) = \sum_{i=0}^k n_i,$$

где $H_{cumul}(k)$ – число пикселей меньше или равное k .

Функцией вероятности называется функция

$$P_{cumul}(k) = \sum_{i=0}^k \frac{n_i}{n},$$

где $P_{cumul}(k)$ – вероятность того, что пиксель меньше или равен k .

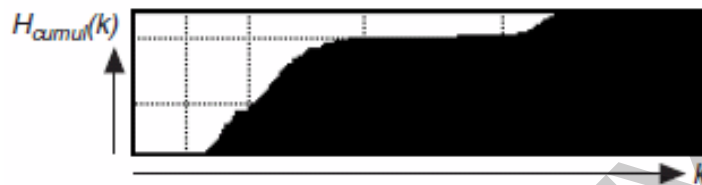


Рисунок 15 – Куммулятивная гистограмма

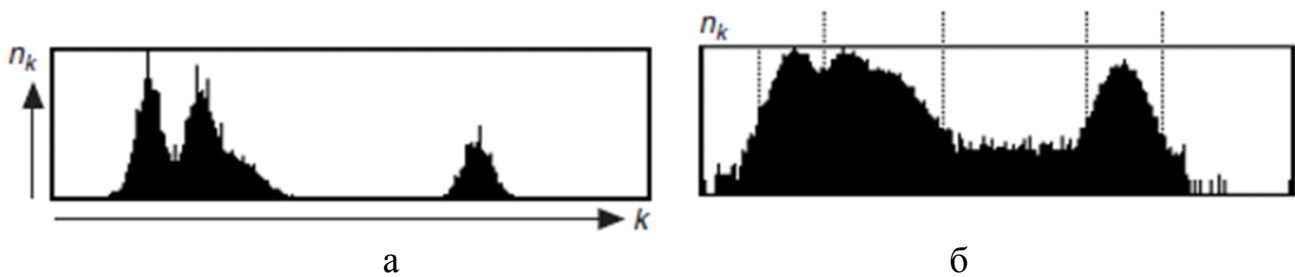
Интервалы уровня серого с концентрированным набором пикселей показывают наличие значимых элементов изображения, а также их относительные интервалы интенсивности.

Линейная гистограмма показывает, что изображение состоит из трех основных компонентов. Совокупная гистограмма того же изображения показывает, что два крайних слева пика составляют примерно 80 % изображения, в то время как остальные 20 % – это третий пик.

Масштаб гистограммы

Ось ординат гистограммы может быть линейного или логарифмического масштаба. Логарифмический масштаб позволяет отобразить значения уровня серого, используемые небольшим числом пикселей. Эти значения могут показаться неиспользуемыми при гистограмме, отображаемой в линейном масштабе. В логарифмическом масштабе по оси ординат откладывается логарифм числа пикселей по основанию значения серого. Использование малых значений уровня серого становится заметнее за счет превалирующих значений. При логарифмическом масштабе выделяются малые значения, которые обычно не заметны при линейном масштабе.

На рисунке 16 показана разница между гистограммами в логарифмическом и линейном масштабах. Здесь три пикселя равны нулю.



а – линейная ось ординат; б – логарифмическая ось ординат

Рисунок 16 – Гистограммы в логарифмическом и линейном масштабах

3.4 Распознавание образов по шаблону

Многие задачи распознавания объектов, решаемые с использованием инструментария Vision NI, могут быть реализованы с применением функционала Pattern Matching – распознавание по шаблону или сопоставление с образцом.

Сопоставление с образцом быстро определяет местоположение областей черно-белого (в градациях серого) изображения, которые соответствуют подходящему образцу, также рассматриваемому в качестве модели или шаблона. Под шаблоном будем подразумевать упрощенное представление совокупности определенных визуальных характеристик на изображении.

При использовании сопоставления с образцом можно создать шаблон, представляющий искомый объект. Приложение машинного зрения ищет экземпляры шаблона в каждом полученном изображении, считая каждое совпадение. Инструментарий «Сопоставление с образцом Vision NI» находит совпадения с шаблоном независимо от изменения освещения, размытия, шума и геометрических преобразований, например сдвиг или поворот.

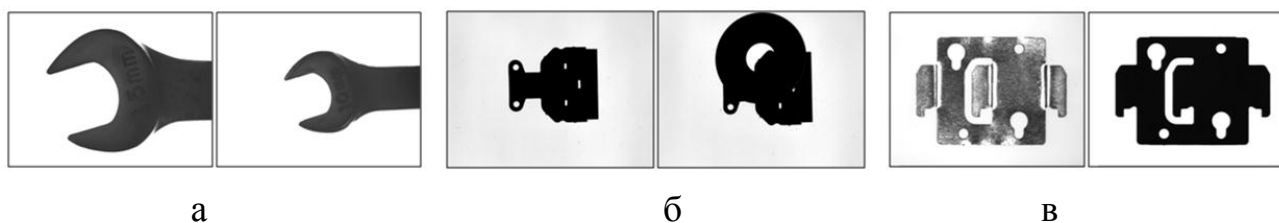
Алгоритмы сопоставления с образцом – одни из самых важных функций в машинном зрении по причине их использования в различных приложениях. Сопоставление с образцом можно использовать в следующих трех общих приложениях:

- выравнивание (Alignment) – определяет положение и ориентацию данного объекта путем нахождения реперных точек (точек выравнивания). Точки выравнивания используются как точки отсчета на объекте (например, угловые точки на изображениях QR-кодов);

- измерение (Gauging) – измеряет длину, диаметр, углы и другие важные метрики. Если результат измерений не попадает в пределы допустимых отклонений, оцениваемый компонент отклоняется. Для нахождения объекта измерения может использоваться «Сопоставление с образцом»;

- осмотр или инспектирование (Inspection) – обнаруживает небольшие недостатки, такие как отсутствие детали или «нечитабельность».

Сопоставление с образцом предоставляет приложению в качестве выходных данных количество экземпляров (совпавших объектов с шаблоном) и коор-



а – объект масштабируется; б – более 10 % изображения закрыто;
в – неравномерное освещение

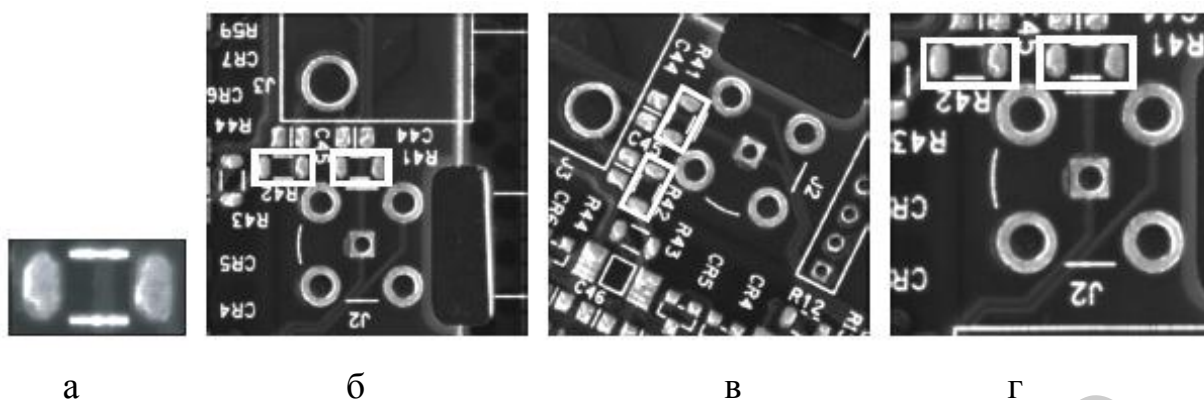
Рисунок 18 – Ограничения по применению распознавания по шаблону

Так как алгоритм сопоставления с образцом – это первый этап во многих приложениях машинного зрения, он должен надежно работать в различных условиях. В приложениях автоматизированного машинного зрения визуальное представление проверяемых материалов или компонентов может измениться по причине различных факторов: ориентация детали, изменение масштаба и изменения света. Инструмент сопоставления с образцом должен находить эталонные образцы несмотря на все эти изменения. На страницах 31–36 описаны наиболее распространенные применяемые алгоритмы, в которых инструмент сопоставления с образцом должен вернуть точные результаты.

Алгоритм сопоставления с образцом должен определить местонахождение эталонного образца на изображении, даже если образец на изображении повернут или изменен в масштабе. В подобной ситуации инструмент сопоставления с образцом может определить на изображении следующее:

- эталон;
- позицию эталона на изображении;
- ориентацию эталона;
- многочисленные экземпляры эталона (если возможно);

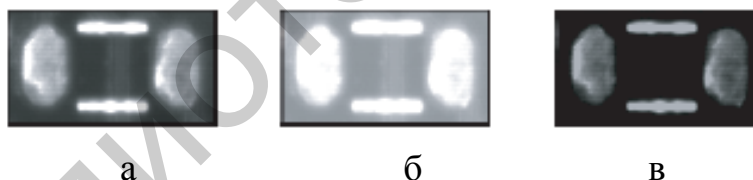
Изображение-шаблон показано на рисунке 19, а. Многочисленные экземпляры шаблона иллюстрирует рисунок 19, б–г : сдвинутое сопоставление с шаблоном изображено на рисунке 19, б; повернутое сопоставление с шаблоном – на рисунке 19, в; масштабируемое сопоставление с шаблоном – на рисунке 19, г.



а – изображение-шаблон; б – сдвинутое сопоставление с шаблоном; в – повернутое сопоставление с шаблоном; г – масштабируемое сопоставление с шаблоном

Рисунок 19 – Пример корректной работы инструмента «Сопоставление с образцом» в условиях масштабирования и поворотов обрабатываемых изображений

Алгоритм сопоставления с образцом должен иметь возможность находить эталонный образец на изображении в условиях равномерных изменений освещения на всем изображении. На рисунке 20 показаны типичные условия, в которых сопоставление с образцом функционирует правильно: при ярком освещении – на рисунке 20, б, при слабом освещении – на рисунке 20, в.

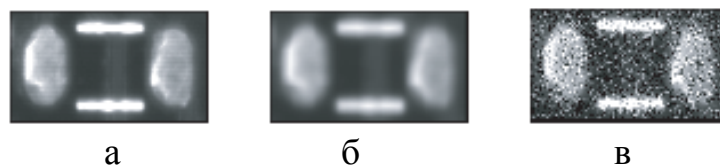


а – исходное изображение шаблона; б – изображение шаблона при ярком освещении; в – изображение шаблона при слабом освещении

Рисунок 20 – Изображение шаблона при разных уровнях освещенности

Алгоритм сопоставления с образцом должен иметь возможность находить образцы, которые подверглись некоторым преобразованиям: размытию и шуму. Обычно размытие происходит из-за неправильной фокусировки или изменений глубины резкости. Обратитесь к настройкам системы и калибровки для получения подробной информации о глубине резкости.

На рисунке 21 показаны типичные условия шума и размытия, в которых сопоставление с образцом функционирует правильно: изменение изображения из-за размытия – на рисунке 21, б, из-за шума – на рисунке 21, в.



а – исходное изображение шаблона; б – изменение изображения из-за размытия; в – изменение изображения из-за шума

Рисунок 21 – Образцы размытия и «зашумления» изображений

В NI Vision применяются два метода распознавания образцов по шаблону – пирамидальное сопоставление и распознавание изображения (небольшое различие образцов). В обоих методах используется нормированная взаимнокорреляционная функция в качестве базовой технологии.

Процесс сопоставления с образцом состоит из двух этапов: обучение и распознавание (сопоставление). Во время этапа обучения извлекается информация о значениях оттенков серого и/или данные о градиентах краев/границ из изображения шаблона. Информация систематизируется и сохраняется таким образом, чтобы ускорить поиск в проверяемом изображении. В NI Vision информация, полученная на этом этапе, сохраняется как часть изображения шаблона.

Во время этапа сопоставления соответственно извлекается информация о значениях оттенков серого и/или данные о градиенте краев из проверяемого изображения (соответствующая информация из шаблона и с применением аналогичных алгоритмов). Затем алгоритм находит наибольшие совпадения путем определения местоположения областей проверяемого изображения, где наблюдается самая высокая взаимная корреляция.

Нормированная взаимная корреляция – наиболее распространенный метод нахождения шаблона на изображении. Процесс корреляции занимает много времени по причине того, что основной механизм вычисления корреляции основан на выполнении серии умножений. Такие технологии, как ММХ-инструкции (Multimedia Extensions – мультимедийные расширения, дополнительный набор инструкций), позволяют реализовать параллельное умножение и уменьшают общее время вычислений. Для увеличения скорости процесса сопоставления можно уменьшить размер изображения и ограничить нужную область. Пирамидальное сопоставление и распознавание изображения – два метода увеличения скорости процесса сопоставления.

Нормированная взаимная корреляция – отличный метод нахождения образцов на изображении, если только они не повернуты или изменены в масштабе. Обычно с помощью взаимной корреляции можно определить образцы одинакового размера, повернутые в пределах от 5 до 10°.

Для инвариантного сопоставления относительно масштабирования необходимо повторить этап масштабирования и изменения размера шаблона и затем

выполнить операцию корреляции. В результате к процессу сопоставления добавляется значительное количество вычислений.

В случае поворота все значительно сложнее. Если по исследуемому изображению можно вычислить угол поворота и понять, насколько повернут объект, то можно просто повернуть шаблон и выполнить корреляцию. В случае если поворот ничего неизвестно, для поиска лучшего соответствия требуется выполнить полный цикл последовательных поворотов шаблона с последующим выполнением вычислений корреляции и сравнения с шаблоном.

Используя подход сопоставления «от грубого к точному» и пирамидальное сопоставление или распознавание изображения, можно избежать значительных вычислений и достичь приемлемого времени поиска и обработки повернутых образцов. Тем не менее сопоставление, инвариантное относительно масштабирования, не всегда поддерживается даже при использовании пирамидального сопоставления или распознавания изображения.

Можно улучшить время вычисления при сопоставлении образцов путем уменьшения размера изображения и шаблона. В *пирамидальном сопоставлении* при помощи гауссовской пирамиды для изображения и шаблона создаются образцы в меньшем разрешении (рисунок 22). В этом методе берется образец каждого пикселя, и затем изображение и шаблон могут быть уменьшены на одну четверть их первоначального размера для каждого последующего уровня пирамиды.

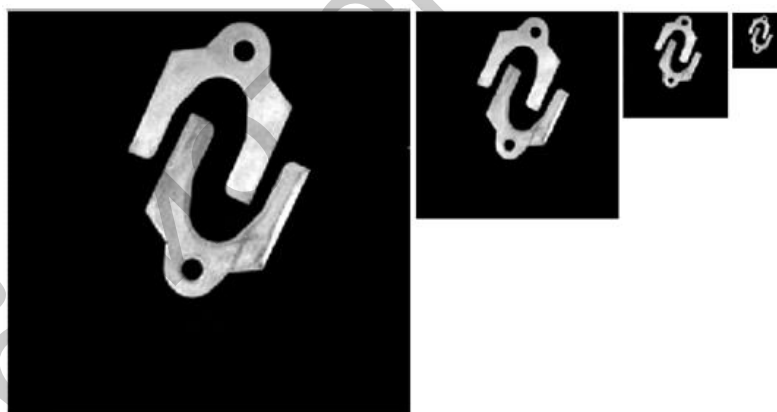


Рисунок 22 – Пирамидальное сопоставление при помощи гауссовской пирамиды

На этапе обучения алгоритм автоматически вычисляет максимальный уровень пирамиды, который можно использовать для данного шаблона, и изучает данные, необходимые для представления шаблона и его повернутых версий для всех уровней пирамиды. Алгоритм стремится найти оптимальный уровень пирамиды (основываясь на анализе данных шаблона), который даст самое быстрое и точное совпадение. Могут быть использованы два вида данных: значения уровня

серого (основанные на интенсивности пикселей) и градиенты (основанные на данных о краях и границах).

Метод значений уровня серого использует нормированные пиксельные значения уровня серого в качестве характеристик. Это гарантирует, что информация не потеряется, что является полезным при отсутствии у шаблона структурированных данных, но при наличии у него сложной текстуры или плотных краев. Тем не менее у этого метода есть недостаток, который проявляется при окклюзии (перекрывание объекта на изображении) и неоднородных изменениях освещения. Несмотря на эти ограничения, метод работает для множества сцен и подходит для общего использования.

Градиентный метод использует отфильтрованные пиксели края в качестве характеристик. Изображение края вычисляется из прилагаемого черно-белого изображения, порог интенсивности градиента вычисляется на основе анализа изображения шаблона. Все векторы края, которые сильнее, чем пороговые, остаются в качестве характеристик. Совпадение лучше основывается на векторе корреляции, чем на нормированной взаимной корреляции (рисунок 23).

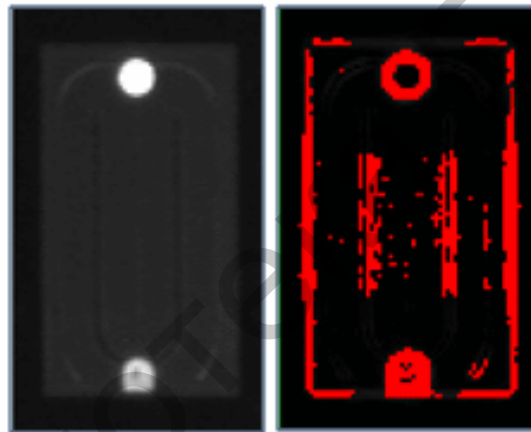


Рисунок 23 – Градиентный метод

Этот метод менее восприимчив к окклюзии и изменениям интенсивности освещения по сравнению с методом значений уровня серого, так как меньше данных должно быть обработано. Но в связи с тем, что при низком разрешении уменьшается плотность и достоверность краев, этот метод требует от пользователя работы с более высокими разрешениями, чем метод значений уровня серого.

На этапе сопоставления используется *грубо-точный подход*, начиная поиск с самого низкого возможного разрешения (что соответствует самому высокому уровню пирамиды). Поскольку размеры обрабатываемого изображения и шаблона были значительно уменьшены, мы можем провести исчерпывающий поиск, основанный на корреляции. Тем не менее в процессе обработки уменьшенных «подобразцов» теряются некоторые детали и места совпадений не вполне точны.

Данная проблема решается путем сохранения списка координат наилучших совпадений с количественной оценкой близости образца и шаблона, а не просто координат с учетом количества близких паттернов. Затем для каждого из более низких уровней пирамиды процесс повторяется для самых подходящих образцов из списка более высокого уровня, уточняя список совпадений на каждом этапе путем его вычисления заново. Этот подход сужает области поиска вокруг наиболее подходящих совпадений, что дает существенное повышение скорости.

При поиске повернутых шаблонов выполнение вычислений для всех возможных поворотов (от 0 до 360°) достаточно трудоемко, даже при низких разрешениях. Следовательно, сперва необходимо найти все ближайшие совпадения на больших шагах угла. Самые близкие совпадения детализируются на более мелких шагах угла. После этого будет выполняться тот же метод, что описан ранее путем уточнения мест совпадений, а также углов в последующих более низких уровнях пирамиды.

Особенность сопоставления с образцом – это отличительный (выделяющийся) образец пикселей, описывающий шаблон. По причине того, что большинство изображений содержит избыточную информацию, использование всей информации для сопоставления образцов является длительным и неточным.

В NI Vision используется *неоднородный метод получения образцов*, который совмещает тщательное распознавание изображения и эффективное описание шаблона. Этот «умный» метод включает в себя сочетание пикселей края и пикселей области, как показано на рисунке 24. Похожий метод применяется, когда пользователь указывает, что образец может быть повернут. Этот метод использует специально выбранные пиксели, чьи значения (или соответствующие изменения значений) отражают поворот образца. Умная подготовка и предобработка образцов уменьшает излишек информации и подчеркивает особенности, чтобы сделать возможным эффективное осуществление взаимной корреляции.

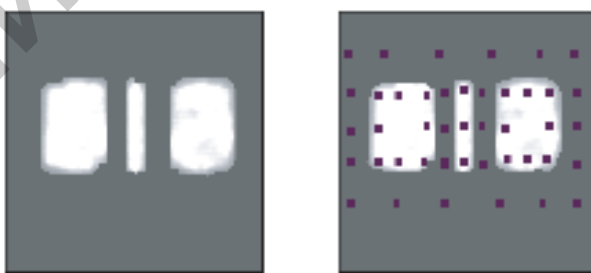


Рисунок 24 – Неоднородный метод получения образцов

Сопоставление с образцом в NI Vision способно определить местонахождение объектов, которые различаются размером ($\pm 5\%$) и ориентацией (от 0 до 360°), а также имеют искажения в визуальном отображении изображения.

Нормированная взаимнокорреляционная функция – это базовый принцип корреляции. Рассмотрим часть изображения $w(x, y)$ размером $K \times L$ в пределах

изображения $f(x, y)$ размером $M \times N$, где $K \leq M$ и $L \leq N$. Корреляция между $w(x, y)$ и $f(x, y)$ в точке (i, j) рассчитывается как

$$C(i, j) = \sum_{x=0}^{L-1} \sum_{y=0}^{K-1} w(x, y) f(x + i, y + j),$$

где $i = 0, 1, \dots, M-1$ и $j = 0, 1, \dots, N-1$,

и суммирование выполняется по всей области, где w и f перекрываются.

На рисунке 25 показана операция корреляции, в которой начало изображения f находится в левом верхнем углу.

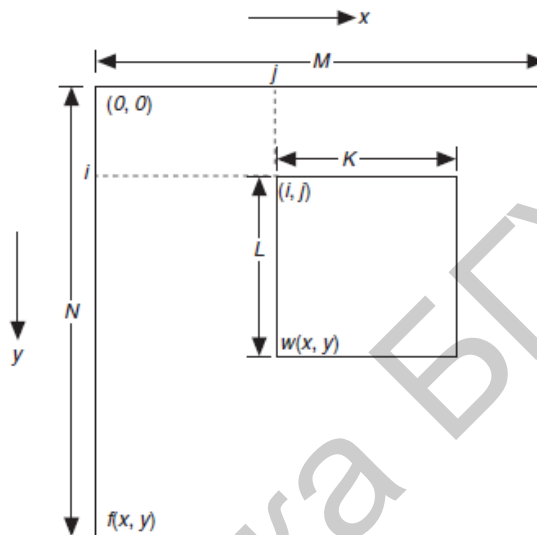


Рисунок 25 – Операция корреляции

Корреляция – это процесс перемещения шаблона или части изображения w по области изображения и вычисления значения C . Включает в себя умножение каждого пикселя шаблона на пиксель изображения, который его перекрывает, затем суммирование результатов для всех пикселей шаблона.

Вычисление нормированной кросс-корреляции и отображение ее поверхности. Пики матрицы кросс-корреляции, которые попали на подызоображение, свидетельствуют о наивысшей корреляции. Максимальное значение C указывает место, где w лучше совпадает с f . Значения корреляции неточны на границах изображения (рисунок 26).

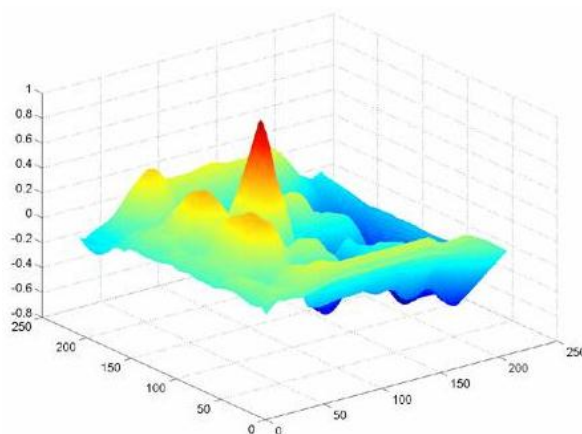


Рисунок 26 – Нормированная кросс-корреляция и поиск координат пиков

3.5 Распознавание Barcode и QR-кодов

С помощью инструментов Vision NI можно также построить прототип системы автоматизированного распознавания штрихкодов, в частности QR- и DataMatrix-кодов.

Штрихкоды в магазинах, рекламных объявлениях, на почте, выставках, в производстве для маркировки продукции стали уже повседневным атрибутом. Тенденции развития штрихкодов состоят в увеличении объемов шифруемой информации с одновременным уменьшением площади, занимаемой самим кодом. Самый распространенный полосковый штрихкод использует одномерную систему кодирования, тогда как двухмерный уже расшифровывается как по горизонтали, так и по вертикали. Перед привычным линейным штрихкодом у двухмерного есть серьезные преимущества: большой объем хранимой информации и возможность ее восстановления до 30 % поврежденной площади.

Самые распространенные стандарты двухмерных кодов – это DataMatrix, изобретенный в 1989 году, и QR-код («QuickResponse», то есть «Быстрый отклик»), разработанный в 1994 году японской компанией Denso Wave Inc (рисунок 27). Ключевое отличие QR от DataMatrix – умение работать с кана-символами японского языка.



а – DataMatrix; б – QR-code

Рисунок 27 – Примеры штрихкодов (на обоих закодировано www.bsuir.by)

Спецификация QR-кода исчерпывающе изложена в стандарте ISO/IEC18004. Три квадрата в углах изображения (рисунок 27, б) и меньшие синхронизирующие квадратики по всему коду позволяют нормализовать размер изображения и его ориентацию, а также угол, под которым сенсор относится к поверхности изображения. Точки переводятся в двоичные числа с проверкой по контрольной сумме (рисунок 28).

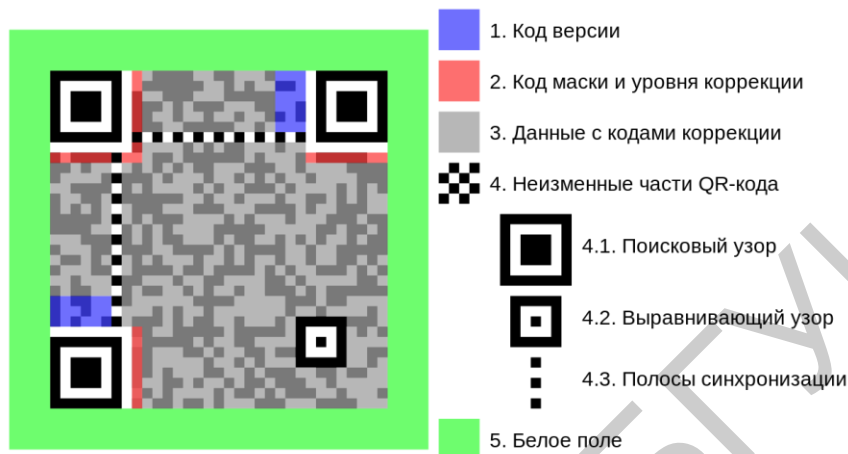


Рисунок 28 – Описание полей QR-кода

Штрихкод DataMatrix на 30–60 % меньше по площади, чем QR, содержащий идентичные данные. DataMatrix – типичный представитель семейства 2D-баркодов, позволяющий закодировать до 3 Кбайт информации. DataMatrix, как и все другие подобные баркоды, содержит сведения для восстановления, которые позволяют восстановить закодированную информацию при частичном повреждении кода.

Каждый код DataMatrix содержит две сплошные пересекающиеся линии в виде буквы *L* для ориентации считывающего устройства (обычно слева и снизу диаграммы), две другие границы кода состоят из перемежающихся черных и белых точек и служат для указания размеров кода считывающему устройству (рисунок 29).

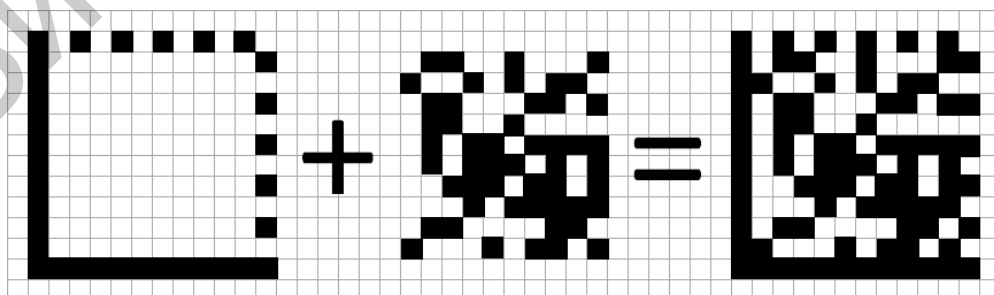


Рисунок 29 – Области границ и полезной информации DataMatrix-кода

Особенности DataMatrix-кода:

- стандартизация (принят международный стандарт ISO/IEC16022, готовится российский стандарт);
- большая информационная емкость (более 2000 букв или 3000 цифр);
- высокая скорость распознавания и декодирования;
- низкие требования к качеству поверхности, на которую наносится метка;
- распознавание не зависит от фона изображения.

У символа допускается две формы – квадрат и прямоугольник. Это облегчает вписывание метки в имеющееся на изделии пространство.

Коды DataMatrix используют коррекцию ошибок стандарта ECC200, ECC 000-140, который в свою очередь использует алгоритм Рида – Соломона (Reed – Solomon) для кодирования/декодирования данных. Это позволяет восстановить в случае повреждения кода до 30 % полезной информации. DataMatrix-коды становятся привычным явлением на конвертах и посылках. Такой код может быть быстро прочитан сканером, что позволяет отслеживать корреспонденцию довольно эффективно. В промышленности DataMatrix применяют для маркировки различных элементов.

3.6 Отслеживание объекта

Трекинг объекта предназначен для отслеживания местоположения объекта в видеопоследовательности (ряде изображений). Этот метод заключается в отслеживании объекта по последовательным кадрам для определения движения данного объекта на изображении относительно других. При использовании инструмента Vision NI «Отслеживание объекта» пользователь должен определить местоположение объекта и установить его. Затем методами «отслеживания объекта» объект отслеживается в каждом кадре, в котором он присутствует.

Отслеживание объекта – это важная функция машинного зрения, получившая широкое применение в следующих областях:

- безопасность и скрытое наблюдение: в сфере скрытого наблюдения могут отслеживаться такие объекты наблюдения, как люди и транспортные средства. Отслеживание объекта может использоваться для обнаружения неразрешенного проникновения или слежения за аномалиями, например несопровождаемый багаж;
- управление трафиком: при анализе транспортного потока могут быть обнаружены столкновения;
- медицина: можно отслеживать клетки на медицинских изображениях;
- промышленность: можно обнаружить и отследить дефектные детали;
- робототехника и навигация: роботы могут следовать траектории объекта, робот-помощник может маневрировать на фабрике (объекты разгрузки);
- человеко-компьютерное взаимодействие: можно отслеживать пользователей в игровой среде;
- объектное моделирование: объект, отслеживаемый с различных точек, может быть использован для создания частичной трехмерной модели;

- биомеханика: отслеживание тела для толкования жестов или движений.

Хорошо сконфигурированное приложение «Отслеживания объекта» отслеживает объекты независимо от их размытия, шума или частичной окклюзии. В NI Vision при отслеживании объектов допустимы постепенные изменения в отслеживаемом объекте, включая геометрические преобразования, такие как сдвиг, поворот или изменение масштаба. Отслеживание объекта в NI Vision может использоваться в черно-белом (U8, U16 и I16) или цветном (RGB32) изображении.

NI Vision использует два алгоритма отслеживания объекта:

- средний сдвиг – простой алгоритм, который отслеживает пользовательские объекты путем итерационного обновления местоположения объекта;

- средний сдвиг на основе EM-алгоритма (средний сдвиг для форм) – расширенная версия алгоритма среднего сдвига, в котором адаптируется кадр за кадром не только местоположение, но и форма объекта, учитывая изменение масштаба.

Чтобы отследить паттерн, целевой объект должен быть охарактеризован через пространство признаков. Гистограмма цвета – достаточно точное представление внешнего вида объекта, поэтому данный вариант выбран в качестве пространства признаков в инструментах Object Tracking Vision NI. Движение объектов описывается с использованием гистограмм. Целевые представления, основанные на гистограмме признаков, упорядочиваются с помощью применения пространственной фильтрации (использование масок и фильтров) и ненаправленного ядра.

Алгоритм среднего сдвига – это простой способ нахождения позиции локального экстремума (локальный максимум) путем оценки на базе ядра функции вероятностной плотности. Трекинг объекта на кадре выполняется сочетанием извлечения гистограммы, вычисления веса и вывода нового местоположения отслеживаемого объекта.

Алгоритм среднего сдвига содержит следующие три этапа:

- целевая модель: выберите целевой объект в данном кадре, представьте целевую модель в данном пространстве признаков (цветовая гистограмма) с ядром;

- сходимость среднего сдвига: в следующем кадре ищите с помощью текущей гистограммы и пространственных данных лучшее совпадение по целевой функции, максимизируя функцию подобия, так как в алгоритме среднего сдвига центр объекта перемещается с текущей позиции на новую, ядро сдвигается до достижения сходимости функции подобия, затем местоположение объекта обновляется (рисунок 30);

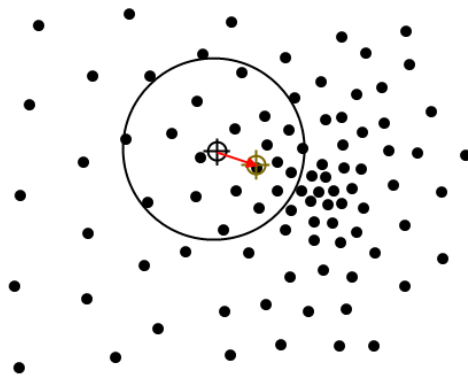


Рисунок 30 – Поиск сходимости среднего сдвига

- обновление местоположения и модели: обновляется целевая модель и местоположение целевого объекта, основываясь на параметрах совмещения/стыковки (рисунок 31).

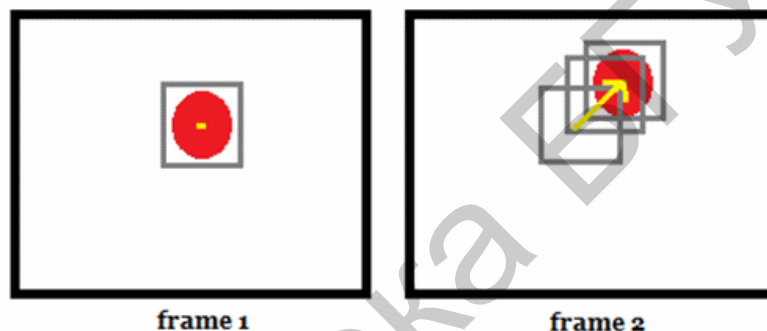


Рисунок 31 – Обновление местоположения и модели

Исходный алгоритм среднего сдвига не инвариантен относительно масштабирования или сдвига. Для отслеживания объекта, размер или форма которого может измениться, требуется алгоритм среднего сдвига на основе EM-алгоритма.

Алгоритм среднего сдвига на основе EM-алгоритма (или средний сдвиг для форм) – это, как уже было указано, расширение стандартного алгоритма. Последовательно оценивает позицию локального фильтра и матрицы ковариаций, которая описывает аппроксимированную форму локального фильтра. Матрица ковариаций, устанавливающая форму и масштабирование области, обновляет каждый кадр для изменения формы и масштаба объекта на этом кадре.

Три этапа данного алгоритма:

- целевая модель: выберите целевой объект в данном кадре, представьте целевую модель в данном пространстве признаков (цветовая гистограмма) с ядром;

- сходимость среднего сдвига: в следующем кадре ищите с помощью текущей гистограммы и пространственной фильтрации лучшее совпадение, максимизируя функцию подобия, так как в алгоритме среднего сдвига центр объекта

(по существу, центр масс) перемещается с текущей позиции на новую (расстояние и направление движения представлены вектором среднего сдвига), ядро сдвигается до достижения сходимости функции подобия, затем местоположение объекта обновляется совместно с ковариацией ядра;

- обновление местоположения и модели: обновляется целевая модель и местоположение целевого объекта, основываясь на параметрах совмещения/стыковки, а также предельно допустимых изменениях масштаба и формы (рисунок 32).

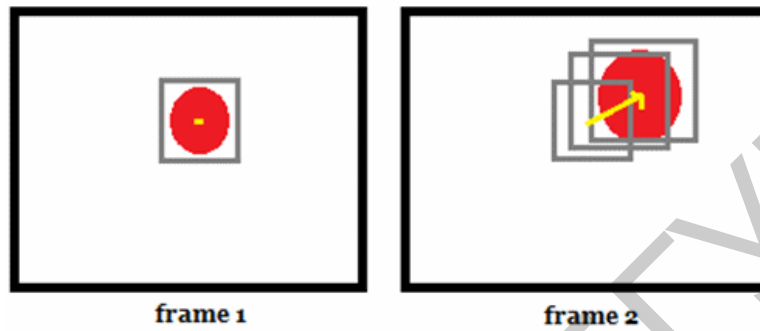


Рисунок 32 – Обновление местоположения и модели с учетом масштабирования

4 Лабораторные работы

Для выполнения всех лабораторных работ необходимы: интеллектуальная камера NI Smart Camera, программное обеспечение Vision Builder AI.

Порядок выполнения и защиты лабораторных работ

Общие цели каждой лабораторной работы:

- создание общего теоретического фундамента в области анализа изображений, знакомство с базовыми математическими методами и алгоритмическими процедурами, выработка навыка самостоятельной работы;
- ознакомление с возможностями интеллектуальной камеры NI Smart Camera, программного обеспечения Vision Builder AI в области обработки изображения, основными средствами и областью их применения.

Объектом изучения при проведении лабораторных занятий настоящей дисциплины является моделирование в программно-аппаратных средствах отдельных элементов систем технического зрения и систем обработки изображения в целом.

Лабораторные работы выполняются студентами согласно установленного в начале семестра расписания. Лабораторная работа выполняется исследовательской группой, не превышающей 2 человека.

В процессе подготовки и выполнения лабораторных работ студенты должны:

- понять смысл, содержание и значимость целей каждой предлагаемой для выполнения лабораторной работы;
- усвоить и понимать положения теории, относящиеся к особенностям изучения объекта исследования;
- понять особенности методов (моделей) применяемых для наблюдения, контроля, измерений и вычислений в ходе выполнения лабораторной работы;
- понять обоснованность применения в лабораторной работе конкретных средств наблюдения, измерения, контроля и моделей.

Лабораторная работа считается выполненной после соответствующего оформления, обсуждения и защиты работы с обоснованием полученных результатов лабораторных исследований.

Отчет по лабораторной работе должен включать в себя:

1. Титульный лист.
2. Краткое теоретическое рассмотрение решаемой задачи.
3. Описание решения задачи. В данном разделе, относящемся к постановке эксперимента, необходимо дать подробное описание используемых методов, последовательности операций, способов и приемов, которые характеризуют технологию решения задачи. Необходимо привести алгоритм и программный код.
4. Анализ полученных результатов. Основной акцент дается на главный результат. Указывается область варьируемых параметров эксперимента, в

которых полученный результат устойчив. Проводится сравнение полученных результатов с теоретическими выводами, обсуждаются их расхождения, и делается попытка их объяснения.

5. Выводы и заключение. Отмечается суть выполненной работы, делаются выводы.

4.1 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1

Основы работы с интеллектуальной камерой National Instruments. Решение простейших прикладных задач

Задание:

1. Выполнить упражнения:

Упражнение 1. Исследование фиксирующего кольца.

Упражнение 2. Исследование этикетки.

Упражнение 3. Исследование коннектора.

2. Определить основные этапы решения задач.

3. Изучить алгоритмы обработки и анализа изображений, используемые при решении указанных задач.

4. Указать, какие инструменты Vision Builder AI были использованы.

УПРАЖНЕНИЕ 1. Исследование фиксирующего кольца

Это упражнение демонстрирует простейшие варианты использования инструментов для проведения измерений, доступных в Vision Builder AI. В этом упражнении вы будете исследовать фиксирующие кольца и научитесь измерять их радиус. Вы будете искать два отверстия для фиксации на кольце и проверять их размеры. Вы также будете использовать светодиоды PASS/FAIL на умной камере, чтобы отображать статус исследования.

Создание нового исследования

Следуйте приведенным ниже инструкциям, чтобы создать новое исследование.

1. Выберите **Пуск » Программы » National Instruments » Vision Builder AI**, чтобы запустить Vision Builder AI. Если Vision Builder AI уже запущен, закройте все открытые исследования.

2. На экране приветствия Vision Builder AI выберите NI Smart Camera в списке целей.

3. Кликните **New Inspection**, чтобы запустить конфигурационный интерфейс. Рисунок 33 показывает основные компоненты конфигурационного интерфейса.

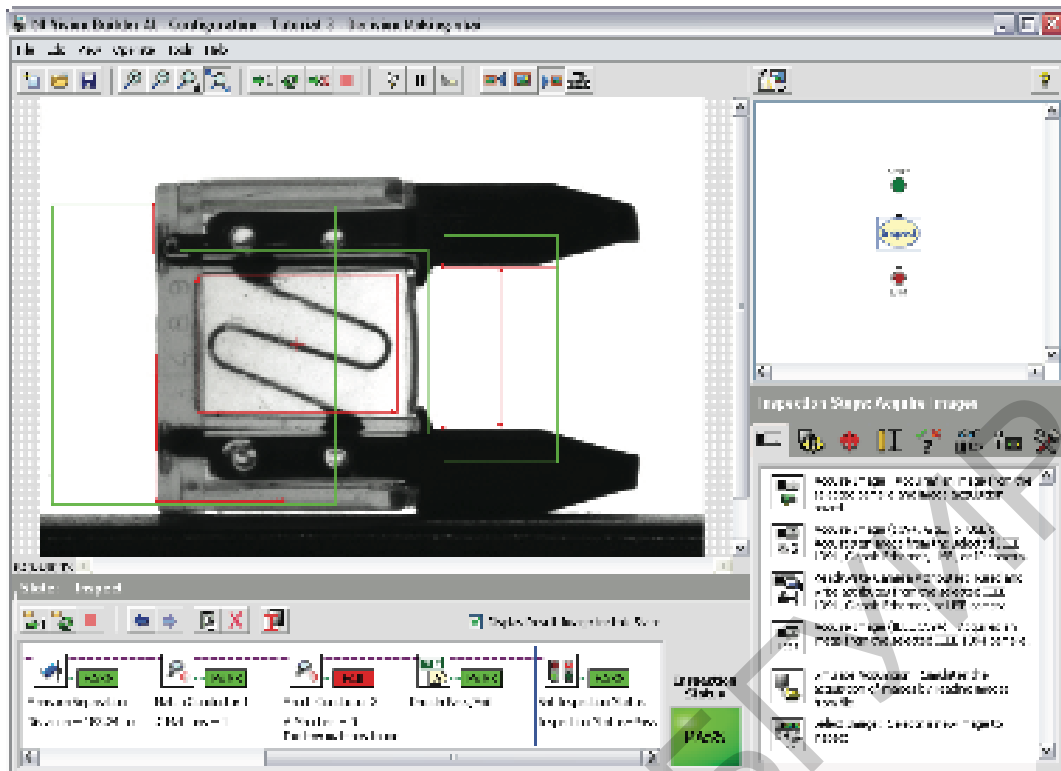



Рисунок 33 – Интерфейс

Получение изображений для исследования

Умная камера должна стробировать кольцо света и снимать изображение каждый раз, когда она получает сигнал по линии ISO Input 0.

Следуйте приведенным ниже инструкциям, чтобы настроить получение изображения для исследования.

1. Установите диск с фиксирующим кольцом на вращающуюся платформу. Убедитесь, что он твердо закреплен на платформе.
2. В палитре Inspection Steps перейдите на вкладку **Acquire Images**.
3. Щелкните на **Acquire Image (Smart Camera)**. 

Откроется окно свойств.

4. В поле **Step Name** введите Acquire Image.
5. Установите **Exposure Time (ms)** в значение 0.504.
6. Установите **Gain** в значение 170.
7. Перейдите на вкладку **Lighting**. Щелкните на **Configure Light**, чтобы открыть соответствующее диалоговое окно. Так как источник света, используемый в этом примере, является предустановленным по умолчанию, вы можете выбрать его из списка предустановленных источников света.
8. Выберите **National Instruments » RL1424-660 (Ring Light, Red)** и нажмите **OK**. RL1424 – это предустановленный источник света.
9. Убедитесь, что вы выбрали корректный источник света диалоговом окне Confirm Light Selection. Нажмите **Yes**.


Предупреждение! Выбор неправильного источника света в пунктах 7 и 9 может повредить электрические схемы камеры и сам источник света. Убедитесь, что вы выбрали правильный источник света.

10. Активируйте флажок **Enable Direct Drive Lighting**. Это включит светодиодное кольцо света, подключенное к умной камере.

11. Установите **Direct Drive Lighting Mode** в режим **Strobed**.

12. Установите **Desired Current Level (mA)** в значение 1000.

13. Во вкладке **Trigger** активируйте флажок **Triggered Acquisition** и установите **Trigger Polarity** в **Falling Edge**.

14. Вращайте исследуемый диск и нажмите кнопку **Grab** , чтобы протестировать конфигурацию. Обратите внимание, что получение изображения срабатывает в тот момент, когда кольцо проходит под умной камерой. Изображение должно быть подобно представленному на рисунке 34.

15. Нажмите ОК, чтобы завершить настройку получения изображения.



Рисунок 34 – Полученное изображение стопорного кольца

Измерение диаметра фиксирующего кольца

Деталь считается бракованной, если диаметр фиксирующего кольца не находится в диапазоне между 210 и 240 пикселями.

Следуйте приведенным ниже инструкциям, чтобы измерить диаметр фиксирующего кольца.

1. В палитре **Inspection Steps** перейдите на вкладку **Locate Features**.
2. Щелкните на **Find Circular Edge**  . Откроется окно свойств.
3. В поле **Step Name** введите **Measure Diameter**.
4. Щелкните в центре фиксирующего кольца и перетащите курсор за пределы кольца, чтобы нарисовать регион интереса (Region of Interest, ROI). Измените центр, внутренний радиус и внешний радиус ROI, как показано на рисунке 35.

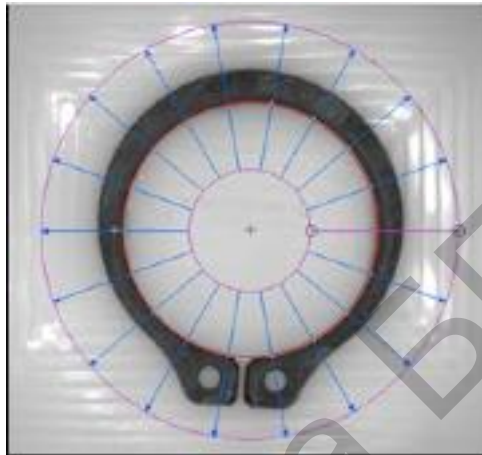



Рисунок 35 – Нарисованный регион интереса для кольца

5. Во вкладке **Limits** активируйте флажок **Minimum Diameter (pix)** и установите значение 210.00.
6. Активируйте флажок **Maximum Diameter (pix)** и установите значение 240.00.
7. Нажмите **ОК**, чтобы добавить шаг в исследование.

Обнаружение отверстий для фиксации на кольце

Необходимо убедиться, что в фиксирующем кольце есть два отверстия для фиксации и что отверстия имеют площадь между 250 и 350 квадратными пикселями.

Следуйте приведенным ниже инструкциям.

1. В палитре **Inspection Steps** перейдите на вкладку **Check for Presence**.
2. Щелкните на **Detect Objects**  . Откроется окно свойств.
3. В поле **Step Name** введите **Check Retainer Holes**.
4. Во вкладке **Threshold** в поле **Method** выберите **Local Threshold: Niblack**.
5. Нарисуйте прямоугольный ROI таким образом, чтобы оба отверстия для фиксации находились у него внутри, как показано на рисунке 36.

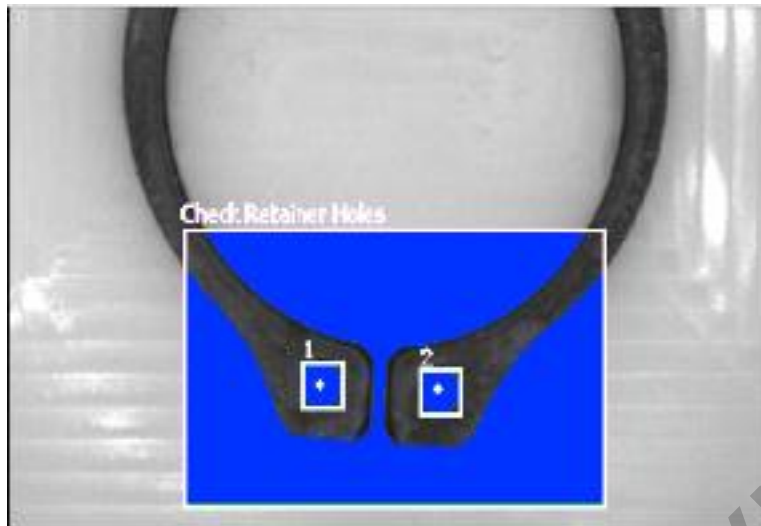


Рисунок 36 – Прямоугольный ROI

6. Во вкладке **Settings** активируйте флажок **Minimum Object Size** и установите значение 250.00.
7. Активируйте флажок **Maximum Object Size** и установите значение 350.00.
8. Во вкладке **Limits** активируйте флажок **Minimum Number of Objects** и установите значение 2.
9. Активируйте флажок **Maximum Number of Objects** и установите значение 2. Шаг выполнится успешно, только если есть два отверстия площадью 250–350 квадратных пикселей внутри ROI.
10. Нажмите **ОК**, чтобы добавить шаг в исследование.

Установка статуса исследования



После того как вы определите, прошла ли деталь проверку на брак, вы должны установить переменную **Inspection Status** соответствующим образом.

Следуйте приведенным ниже инструкциям, чтобы установить **Inspection Status** на основании результатов, полученных на шаге **Check Retainer Holes**.

1. В палитре **Inspection Interface** перейдите на вкладку **Use Additional Tools**.
2. Щелкните на **Set Inspection Status** . Откроется окно свойств.
3. В поле **Inspection Status** выберите **Set to FAIL if any previous step fails**.
4. Нажмите **ОК**, чтобы добавить шаг в исследование.

Создание пользовательского индикатора


Следуйте приведенным ниже инструкциям, чтобы отобразить булев индикатор, показывающий, является ли деталь бракованной, на изображении.

1. Во вкладке **Custom Overlay** щелкните на **Indicator Tool**  и рисуйте прямоугольник в центре фиксирующего кольца.
2. В поле **Value** выберите **System Variable – Inspection Status**.
3. В поле **True Text** введите PASS.
4. В поле **False Text** введите FAIL.
5. Нажмите **ОК**, чтобы добавить шаг в исследование.

Светодиоды PASS/FAIL


Светодиоды PASS и FAIL расположены на умной камере NI 17xx. Используя эти светодиоды, умная камера может сообщать, является ли деталь бракованной.

Следуйте приведенным ниже инструкциям, чтобы активировать светодиоды PASS и FAIL.


1. В палитре Inspection Steps перейдите на вкладку **Communicate**.
2. Щелкните на **Read/Write I/O** . Откроется окно свойств.
3. В поле **Step Name** введите Smart Camera I/O.
4. В таблице **Digital Output Lines** активируйте флажок **Pass LED**.
5. Установите **Value** в значение **System Variable – Inspection Status** и **Polarity** в значение **Drive High if Pass**.
6. В таблице **Digital Output Lines** активируйте флажок **Fail LED**.
7. Установите **Value** в значение **System Variable – Inspection Status** и **Polarity** в значение **Drive High if Fail**.
8. Нажмите **ОК**, чтобы добавить шаг в исследование.

Сохранение и запуск исследования

Следуйте приведенным ниже инструкциям, чтобы сохранить исследование и запустить его в режиме интерфейса исследования.

1. Выберите **File** → **Save** или нажмите кнопку **Save** на панели инструментов.
2. Введите Ring Inspection в поле **Inspection Name**.
3. Щелкните на **Save** , чтобы сохранить исследование.

Подсказка. Выберите **File** → **Inspection Properties**, чтобы добавить краткое описание или комментарии об исследовании.

4. Щелкните **File** → **Switch to Inspection Interface**. На короткое время окно закроется и снова откроется в режиме интерфейса исследования.
5. Нажмите кнопку **Start Inspection**  и вращайте диск.
6. Обратите внимание, как моргают светодиоды PASS и FAIL по мере вращения деталей под умной камерой.

Заметка. Если вы будете вращать диск слишком быстро, кадры могут пропускаться.

7. Нажмите кнопку **Stop Inspection** ,  чтобы остановить исследование деталей.

8. Выберите **Inspection** → **Switch to Configuration Interface**, чтобы вернуться в интерфейс настройки.

УПРАЖНЕНИЕ 2. Исследование этикетки

Это упражнение показывает, как использовать Vision Builder AI вместе с умной камерой. Необходимо исследовать этикетку на упаковке фармацевтического продукта, прочитать и проверить 2D-код, размещенный на ней. Если качество штрихкода плохое, то упаковка считается бракованной и будет отброшена с использованием линий ввода-вывода на умной камере.

Создание нового исследования

Следуйте приведенным ниже инструкциям, чтобы создать новое исследование.

1. Выберите **Пуск** → **Программы** → **National Instruments** → **Vision Builder AI**, чтобы запустить Vision Builder AI. Если Vision Builder AI уже запущен, закройте все открытые исследования.

2. На экране приветствия Vision Builder AI выберите NI Smart Camera в списке целей.

3. Щелкните на **New Inspection**, чтобы запустить конфигурационный интерфейс. Рисунок 33, размещенный в упражнении 1, показывает основные компоненты конфигурационного интерфейса.


Получение изображений для исследования

Smart Camera Demo Kit имеет манипулятор NI 17xx, направленный на вращающийся диск, расположенный строго под ним. С дальнего конца базы устройства внизу под диском расположен датчик приближения, который посылает сигнал умной камере по линии ISO Input 0 в тот момент, когда деталь попадает точно под умную камеру. Для данного упражнения установите диск с фармацевтической этикеткой на вращающуюся платформу. Убедитесь, что он твердо закреплен на платформе. Умная камера должна стробировать кольцо света и снимать изображение каждый раз, когда она получает сигнал по линии ISO Input 0.

Следуйте приведенным ниже инструкциям, чтобы настроить получение изображения для исследования.

1 Установите диск с упаковкой фармацевтического продукта на вращающуюся платформу. Убедитесь, что он твердо закреплен на платформе.

2В палитре Inspection Steps перейдите на вкладку **Acquire Images**.

1. Щелкните на **Acquire Image (Smart Camera)** . Откроется окно свойств.

2. В поле **Step Name** введите `Acquire Image`.

3. Установите **Exposure Time (ms)** в значение `0.504`.

4. Установите **Gain** в значение `170`.

5. Перейдите на вкладку **Lighting**. Щелкните на **Configure Light**, чтобы открыть соответствующее диалоговое окно. Так как источник света, используемый в этом примере, является предустановленным по умолчанию, вы можете выбрать его из списка предустановленных источников света.

6. Выберите опцию **Select Light**, затем выберите **National Instruments** → **RL1424-660 (Ring Light, Red)** и нажмите **ОК**. RL1424 – это предустановленный источник света.

7. Убедитесь, что вы выбрали корректный источник света в диалоговом окне **Confirm Light Selection**, и нажмите **Yes**.


Предупреждение! Выбор неправильного источника света в пунктах 7 и 9 может повредить электрические схемы камеры и сам источник света. Убедитесь, что вы выбрали правильный источник света.

8. Активируйте флажок **Enable Direct Drive Lighting**. Это включит светодиодное кольцо света, подключенное к умной камере.

9. Установите **Direct Drive Lighting Mode** в режим **Strobed**.

10. Установите **Desired Current Level (mA)** в значение `1000`.

11. Во вкладке **Trigger** активируйте флажок **Triggered Acquisition** и установите **Trigger Polarity** в **Falling Edge**.

12. Вращайте исследуемый диск и нажмите кнопку **Grab** , чтобы протестировать конфигурацию. Обратите внимание, что получение изображения срабатывает в тот момент, когда этикетка проходит под умной камерой. Изображение должно быть подобно представленному на рисунке 37.

15. Нажмите **ОК**, чтобы завершить настройку получения изображения.

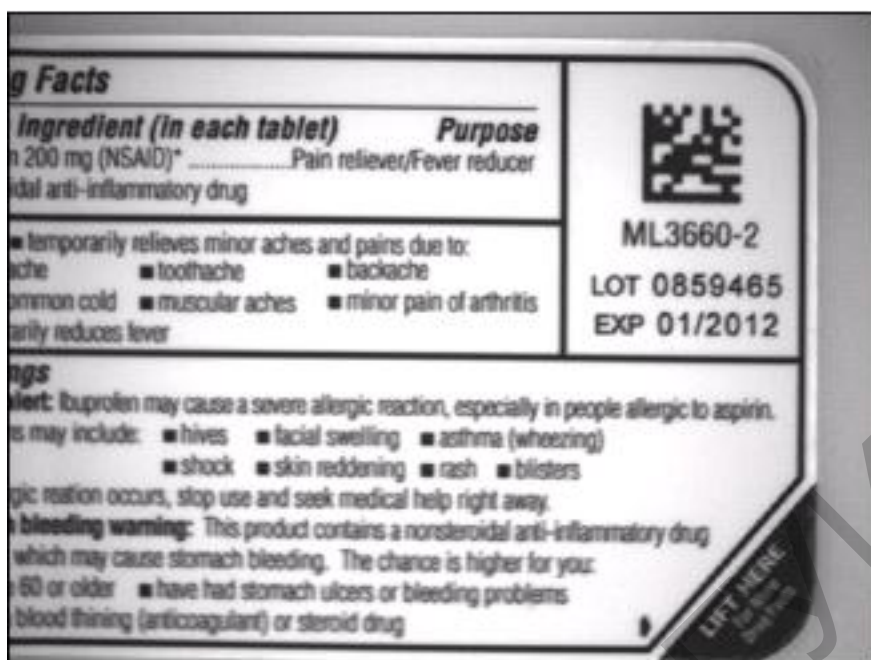


Рисунок 37 – Полученное изображение с этикеткой

Чтение матрицы данных

Обратите внимание: каждая этикетка имеет 2D штрихкод в правом верхнем углу.

Следуйте приведенным ниже инструкциям, чтобы прочитать штрихкод.

1. В палитре Inspection Steps перейдите на вкладку **Identify Parts**.
2. Щелкните на **Read Data Matrix Code**  . Откроется окно свойств.
3. В поле **Step Name** введите Read Data Matrix.
4. Нарисуйте ROI вокруг матрицы данных на изображении, как показано на рисунке 38.

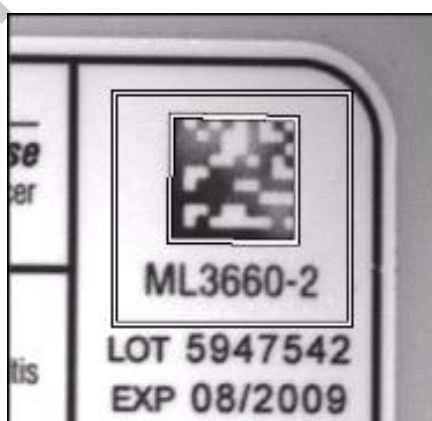


Рисунок 38 – ROI вокруг матрицы данных на изображении

5. Во вкладке **Basic** активируйте флажок **Return Grading Results**.
6. Во вкладке **Limits** активируйте флажок **Minimum Overall Grade** и установите значение **B**.
7. Нажмите **ОК**, чтобы добавить шаг в исследование.


Установка статуса исследования

После того как вы определите, прошла ли деталь проверку на брак, вы должны установить переменную **Inspection Status** соответствующим образом. Следуйте приведенным ниже инструкциям, чтобы установить **Inspection Status** на основании результатов, полученных на шаге **Read Data Matrix**.

1. В палитре **Inspection Interface** перейдите на вкладку **Use Additional Tools**. 
2. Щелкните на **Set Inspection Status**. Откроется окно свойств.
3. В поле **Inspection Status** выберите **Set to measurement value** и установите значение **Read Data Matrix – Step Status**.
4. Нажмите **ОК**, чтобы добавить шаг в исследование.

Конфигурирование линий ввода-вывода

При слежении за производственными линиями вам необходимо отбрасывать бракованные детали. Это часто делается с помощью отправки сигнала на внешнее устройство, которое выталкивает деталь с линии. Следуйте приведенным ниже инструкциям, чтобы настроить слежение таким образом, чтобы умная камера посылала сигнал по линии **ISO Output 0**, если деталь хорошая, и по линии **ISO Output 1**, если деталь бракованная.

1. В палитре **Inspection Interface** перейдите на вкладку **Communicate**.
2. Щелкните на **Generate Pulse** .
3. В поле **Step Name** введите **Smart Camera I/O Pulse**.
4. В таблице **Pulse Settings** выберите **ISO Out 0**.
5. В поле **Pulse Properties** выберите **Generate Single Pulse**.
6. Установите **Delay** в значение **0.001** и **Width** в **50.000**, что задаст ширину импульса равной 50 мс.
7. В поле **Single Pulse Settings** выберите опцию **Pulse when this step runs AND**.
8. Установите **Measurement** в значение **System Variable – Inspection Status is Pass**.
9. Выберите **ISO Out 1** в таблице **Pulse Settings**.
10. В разделе **Pulse Properties** выберите опцию **Generate Single Pulse**.
11. Установите **Delay** в значение **0.001** и **Width** – в **50.000**.
12. В поле **Single Pulse Settings** выберите опцию **Pulse when this step runs AND**.

13. Установите **Measurement** в значение **System Variable – Inspection Status is Fail**.

14. Таблица Pulse Settings должна выглядеть, как показано на рисунке 39.

15. Нажмите **ОК**, чтобы добавить шаг в исследование.

| Time | Action | Policy | Delay | Width | Input Source |
|----------|--------------|------------|----------|-------|-------------------------------------|
| 150.0.10 | Single Pulse | On or High | 0.000 ms | 50 ms | system variable - inspection status |
| 150.0.11 | Single Pulse | On or High | 0.000 ms | 50 ms | system variable - inspection status |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

Рисунок 39 – Pulse Settings

Создание пользовательского интерфейса

Следуйте приведенным ниже инструкциям для настройки пользовательского интерфейса таким образом, чтобы он соответствовал требованиям вашего исследования.

1. Выберите **Tools → Inspection Interface Configuration**. Это запустит диалоговое окно конфигурирования интерфейса исследования.

2. Во вкладке **Inspection Interface** выберите **Create New Custom Interface form**.

3. Выберите **Template Inspection Interface**.

4. Выберите **One Image Display Indicator and Pass Fail Indicator**.

5. Нажмите **ОК**, чтобы закрыть диалоговое окно конфигурирования интерфейса исследования.

Отображение статуса исследования в пользовательском интерфейсе

Теперь, когда вы настроили пользовательский интерфейс, вы можете отображать статус исследования.

Следуйте приведенным ниже инструкциям.

1. В окне State Configuration выберите **Smart Camera I/O Pulse**.

2. В палитре Inspection Steps перейдите на вкладку 

Use Additional Tools.

3. Щелкните на **Update Inspection UI**. Откроется окно свойств.

4. В таблице Inspection Interface Indicators and Controls выберите **# Fail**.

Установите Operation в Set to Measurement.

5. В поле **Measurements** выберите **Variables → System Variable → # Fail**.

6. Установите другие индикаторы в таблице Inspection Interface Indicators в значения, показанные на рисунке 40.


7. Нажмите **ОК**, чтобы добавить шаг в исследование. Получение изображений для исследования

| Label | Value |
|-------------------|--|
| Full | Set to variables - System Variable - Full |
| Parts Inspected | Set to variables - System Variable - Parts Inspected |
| Pass | Set to variables - System Variable - Pass |
| Image | Set to Current Image |
| Inspection Status | Set to variables - System Variable - Inspection Status |
| Text | |


Рисунок 40 – Таблица Inspection Interface Indicators

Сохранение и запуск исследования


Следуйте приведенным ниже инструкциям, чтобы сохранить исследование и запустить его в режиме интерфейса исследования.

1. Выберите **File** → **Save** или нажмите кнопку **Save** на панели инструментов.
2. Введите Label Inspection в поле Inspection Name.
3. Щелкните на **Save**  , чтобы сохранить исследование.

Подсказка. Выберите **File** → **Inspection Properties**, чтобы добавить краткое описание или комментарии об исследовании.

4. Щелкните на **File** → **Switch to Inspection Interface**. На короткое время окно закроется и снова откроется в режиме интерфейса исследования.
5. Нажмите кнопку **Start Inspection**  и вращайте диск.
6. Обратите внимание, как моргают светодиоды PASS и FAIL по мере вращения деталей под умной камерой.

Заметка. Если вы будете вращать диск слишком быстро, кадры могут пропускаться.

7. Нажмите кнопку **Stop Inspection**  , чтобы остановить исследование деталей.
8. Выберите **Inspection** → **Switch to Configuration Interface**, чтобы вернуться в интерфейс настройки.

УПРАЖНЕНИЕ 3. Исследование коннектора

Это упражнение знакомит с диаграммой состояний и веб-сервером, встроенными в Vision Builder AI. Необходимо научиться считать количество проводов, входящих в коннектор. Если провода не хватает, деталь будет отброшена. В дополнение к переключению линий ISO обязательно использовать светодиоды PASS и FAIL на умной камере.

Создание нового исследования

Следуйте приведенным ниже инструкциям, чтобы создать новое исследование.

1. Выберите **Пуск** → **Программы** → **National Instruments** → **Vision Builder AI**, чтобы запустить Vision Builder AI. Если Vision Builder AI уже запущен, закройте все открытые исследования.

2. На экране приветствия Vision Builder AI выберите NI Smart Camera в списке целей.

3. Щелкните на **New Inspection**, чтобы запустить конфигурационный интерфейс. Рисунок 33, размещенный в упражнении 1, показывает основные компоненты конфигурационного интерфейса.


Получение изображений для исследования

Для текущего упражнения установите диск с коннектором на вращающуюся платформу. Убедитесь, что он твердо закреплен на платформе. Умная камера должна стробировать кольцо света и снимать изображение каждый раз, когда она получает сигнал по линии ISO Input 0.

Следуйте приведенным ниже инструкциям, чтобы настроить получение изображения для исследования.

1. Установите диск с коннектором на вращающуюся платформу. Убедитесь, что он твердо закреплен на платформе.

2. В палитре Inspection Steps перейдите на вкладку **Acquire Images**.

3. Щелкните на **Acquire Image (Smart Camera)** . Откроется окно свойств.

4. В поле **Step Name** введите Acquire Image.

5. Установите **Exposure Time (ms)** в значение 0.504.

6. Установите **Gain** в значение 170.

7. Перейдите на вкладку **Lighting**. Щелкните на **Configure Light**, чтобы открыть соответствующее диалоговое окно. Так как источник света, используемый в этом примере, является предустановленным по умолчанию, вы можете выбрать его из списка предустановленных источников света.

1. Выберите опцию **Select Light**, затем выберите **National Instruments** → **RL1424-660 (Ring Light, Red)** и нажмите **OK**. RL1424 – это предустановленный источник света.

2. В диалоговом окне **Confirm Light Selection** убедитесь, что вы выбрали корректный источник света, и щелкните **Yes**.


Предупреждение! Выбор неправильного источника света в пунктах 7 и 9 может повредить электрические схемы камеры и сам источник света. Убедитесь, что вы выбрали правильный источник света.

3. Активируйте флажок **Enable Direct Drive Lighting**. Это включит светодиодное кольцо света, подключенное к умной камере.

4. Установите **Direct Drive Lighting Mode** в режим **Strobed**.

5. Установите **Desired Current Level (mA)** в значение 1000.

6. Во вкладке **Trigger** активируйте флажок **Triggered Acquisition** и установите **Trigger Polarity** в **Falling Edge**.

7. Вращайте исследуемый диск и нажмите кнопку **Grab**  чтобы протестировать конфигурацию. Обратите внимание, что получение изображения срабатывает в тот момент, когда коннектор проходит под умной камерой. Изображение должно быть подобно представленному на рисунке 41.

8. Нажмите **OK**, чтобы завершить настройку получения изображения.




Рисунок 41 – Коннектор

Подсчет проводов

Если количество проводов, входящих в коннектор, не равно пяти, деталь считается бракованной.

Следуйте приведенным ниже инструкциям, чтобы подсчитать количество проводов, входящих в коннектор, с использованием инструмента простого поиска углов.

1. В палитре **Inspection Steps** перейдите на вкладку **Locate Features**.
2. Щелкните на **Find Edges**  . Откроется окно свойств.
3. В поле **Step Name** введите **Count Wires**.
4. Нарисуйте горизонтальную линию ROI прямо под коннектором, в месте, где провода соединяются с ним, как показано на рисунке 42.

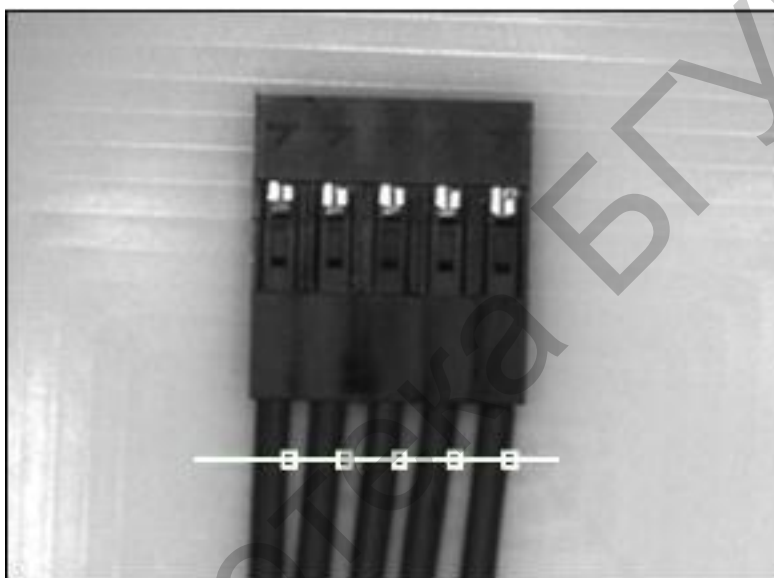


Рисунок 42 – Линия ROI


5. Во вкладке **Settings** установите **Edge Polarity** в значение **Dark to Bright Only**. Ваше изображение должно быть похоже на рисунок 42.
6. Во вкладке **Limits** активируйте флажки **Minimum Number of Edges** и **Maximum Number of Edges** и установите число 5 в качестве обоих значений.
7. Нажмите **ОК**, чтобы добавить шаг в исследование.

Установка статуса исследования

После того как вы определите, прошла ли деталь проверку на брак, вы должны установить переменную **Inspection Status** соответствующим образом.

Следуйте приведенным ниже инструкциям, чтобы установить **Inspection Status** на основании результатов, полученных на шаге **Find Edges**.


1. В палитре **Inspection Interface** перейдите на вкладку **Use Additional Tools**.

2. Щелкните на **Set Inspection Status**  . Откроется окно свойств.
3. В поле **Inspection Status** выберите **Set to measurement value** и установите значение **Count Wires – Step Status**.
4. Нажмите **ОК**, чтобы добавить шаг в исследование.

Конфигурирование линий ввода-вывода

При слежении за производственными линиями вам необходимо отбрасывать бракованные детали. Это часто делается с помощью отправки сигнала на внешнее устройство, которое выталкивает деталь с линии.

Следуйте приведенным ниже инструкциям, чтобы настроить слежение таким образом, чтобы умная камера посылала сигнал по линии ISO Output 0, если деталь хорошая, и по линии ISO Output 1, если деталь бракованная.



1. В палитре Inspection Interface перейдите на вкладку **Communicate**.
2. Щелкните на **Generate Pulse**  .
3. В поле **Step Name** введите Smart Camera I/O Pulse.
4. В таблице **Pulse Settings** выберите **ISO Out 0**.
5. В поле **Pulse Properties** выберите **Generate Single Pulse**.
6. Установите **Delay** в значение 0.001 и **Width** – в 50.000, что задаст ширину импульса равной 50 мс.
7. В поле **Single Pulse Settings** выберите опцию **Pulse when this step runs AND**.
8. Установите **Measurement** в значение **System Variable – Inspection Status is Pass**.
9. Выберите **ISO Out 1** в таблице Pulse Settings.
10. В разделе Pulse Properties выберите опцию **Generate Single Pulse**.
11. Установите **Delay** в значение 0.001 и **Width** – в 50.000.
12. В поле **Single Pulse Settings** выберите опцию **Pulse when this step runs AND**.
13. Установите **Measurement** в значение **System Variable – Inspection Status is Fail**.
14. Таблица Pulse Settings должна выглядеть, как показано на рисунке 43.
15. Нажмите **ОК**, чтобы добавить шаг в исследование.

| Line | Name | Polarity | Delay | Width | Input Source |
|-----------|--------------|------------|----------|-------|-------------------------------------|
| ISO Out 0 | Single Pulse | On-to-high | 0.001 ms | 50 ms | system variable - inspection status |
| ISO Out 1 | Single Pulse | On-to-high | 0.001 ms | 50 ms | system variable - inspection status |
| | | | | | |
| | | | | | |

Рисунок 43 – Таблица Pulse Settings

Создание пользовательского индикатора

Следуйте приведенным ниже инструкциям, чтобы отобразить булев индикатор, показывающий, является ли деталь бракованной, на изображении.

1. В палитре Inspection Steps перейдите на вкладку **Use Additional Tools**.
2. Щелкните на **Custom Overlay** . Откроется окно свойств.
3. В поле **Step Name** введите Display Result.
4. На вкладке **Custom Overlay** щелкните на **Indicator Tool**  и нарисуйте небольшой прямоугольник над коннектором.
5. Установите **Value** в значение **System Variable – Inspection Status**.
6. В поле **True Text** введите PASS.
7. В поле **False Text** введите FAIL.
8. Изображение на экране должно быть похоже на рисунок 44.
9. Нажмите ОК, чтобы добавить шаг в исследование.

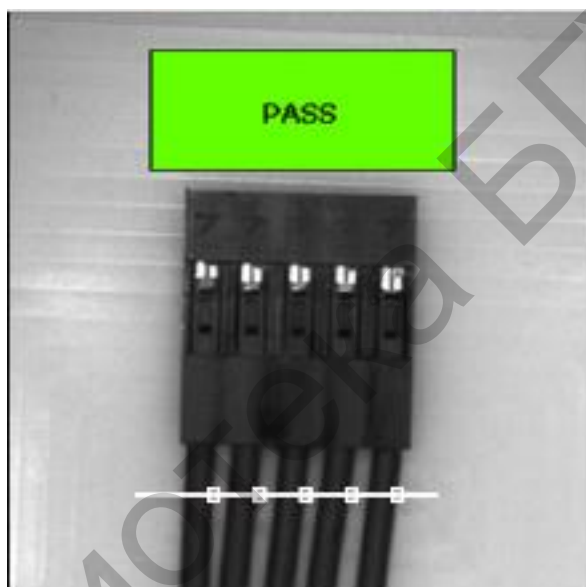


Рисунок 44 – Пример получаемого изображения

Создание пользовательского интерфейса

Следуйте приведенным ниже инструкциям для настройки пользовательского интерфейса таким образом, чтобы он соответствовал требованиям вашего исследования.


1. Выберите **Tools** → **Inspection Interface Configuration**. Это запустит диалоговое окно конфигурирования интерфейса исследования.
2. Во вкладке **Inspection Interface** выберите **Create New Custom Interface form**.
3. Выберите **Template Inspection Interface**.
4. Выберите **Two Image Display Indicators**.

5. Нажмите **ОК**, чтобы закрыть диалоговое окно конфигурирования интерфейса исследования.

Обновление изображений PASS/FAIL

Так как интерфейс исследования содержит две области для вывода изображений, вы можете выводить разные изображения в каждую область.

Следуйте приведенным ниже инструкциям, чтобы выводить хорошие детали в левую область окна программы и бракованные – в правую.

1. Щелкните на **Toggle Main Window View**  на панели инструментов, чтобы отобразить диаграмму состояний. Рисунок 45 показывает, как выглядит диаграмма состояний по умолчанию.

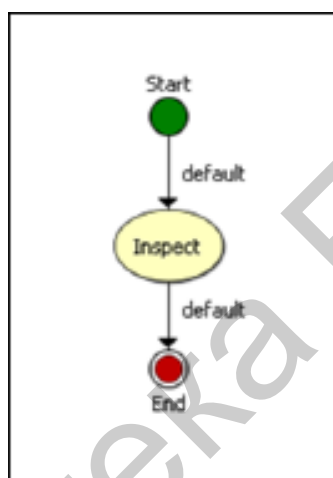


Рисунок 45 – Диаграмма состояний

2. Щелкните правой кнопкой мыши на свободной области диаграммы состояний и выберите **Create New State**, чтобы добавить новое состояние в исследование.

3. В поле **State Name** введите Passed Part.

4. Нажмите **ОК**.

5. Создайте еще одно состояние и назовите его Failed Part (необходимо повторить пункты 2–4).

6. Вы можете перемещать любые элементы диаграммы состояний по своему усмотрению. Чтобы изменить направление перехода (стрелки), вы можете направить наконечник стрелки в другое состояние. Перестройте свою диаграмму состояний, чтобы она стала похожа на рисунок 46.

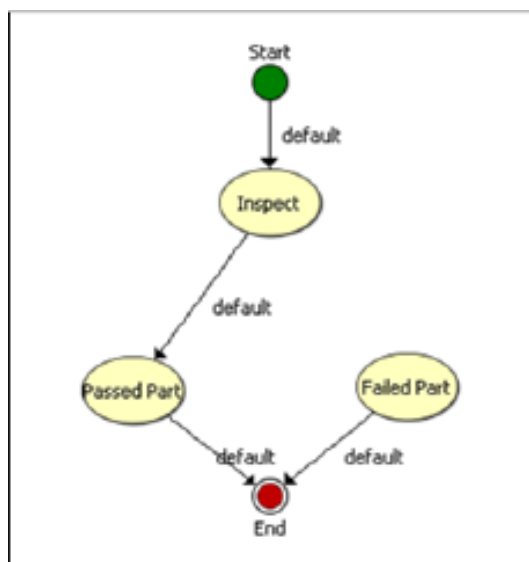


Рисунок 46 – Измененная диаграмма состояний

7. Щелкните правой кнопкой мыши на состоянии **Inspect** и выберите **Create New Transition**.

8. Щелкните на состоянии **Failed Part**, чтобы создать новый переход между состояниями Inspect и Failed Part, как показано на рисунке 47.

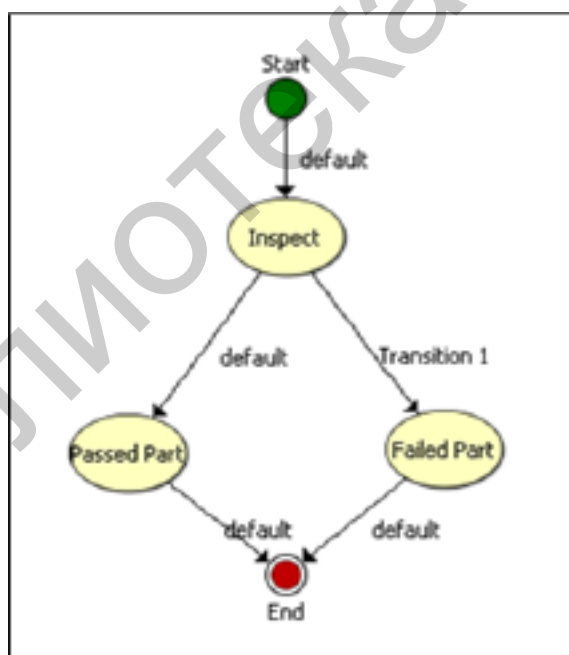





Рисунок 47 – Добавление Transition в диаграмме состояний

9. Дважды щелкните на **Transition 1**, чтобы запустить диалоговое окно Edit Transition, которое используется для конфигурирования переходов между состояниями.


10. В поле **Transition Name** введите `Failed`.
11. В диалоговом окне `Edit Transition` настройте параметры таким образом, чтобы переход осуществлялся, когда переменная установлена в состояние **System Variable – Inspection Status is Fail**.
12. Нажмите **ОК**, чтобы закрыть диалоговое окно `Edit Transition`.
13. Щелкните на **Passed Part** на диаграмме состояний. Любые шаги, которые вы добавите, будут относиться к состоянию `Passed Part`.
14. В палитре `Inspection Steps` перейдите на вкладку **Use Additional Tools**.
15. Щелкните на **Update Inspection UI**  .
16. В таблице `Inspection Interface Indicators and Controls` выберите **Image 1**.
17. В поле **Operation** выберите **Set to Measurement**.
18. В поле **Images** выберите **Current Image**.
19. Нажмите **ОК**, чтобы добавить шаг в исследование.
20. Щелкните на **Failed Part** на диаграмме состояний.
21. В палитре `Inspection Steps` перейдите на вкладку **Use Additional Tools**.
22. Щелкните на **Update Inspection UI**  .
23. В таблице `Inspection Interface Indicators and Controls` выберите **Image 2**.
24. В поле **Operation** выберите **Set to Measurement**.
25. В поле **Images** выберите **Current Image**.
26. Нажмите **ОК**, чтобы добавить шаг в исследование.

Сохранение и запуск исследования

Следуйте приведенным ниже инструкциям, чтобы сохранить исследование и запустить его в режиме интерфейса исследования.

1. Выберите **File** → **Save** или нажмите кнопку **Save** на панели инструментов.
2. Введите `Connector Inspection` в поле **Inspection Name**.
3. Щелкните на **Save**  , чтобы сохранить исследование.

Подсказка. Выберите **File** → **Inspection Properties**, чтобы добавить краткое описание или комментарии об исследовании.

4. Щелкните на **File** → **Switch to Inspection Interface**. На короткое время окно закроется и снова откроется в режиме интерфейса исследования.
5. Нажмите кнопку **Start Inspection**  и вращайте диск.
6. Обратите внимание, как моргают светодиоды для линий `ISO Output 0` и `ISO Output 1` по мере того, как коннектор вращается под умной камерой. Левое изображение обновляется всякий раз, когда камера фиксирует хороший коннектор, правое – когда бракованный.

Заметка. Если вы будете вращать диск слишком быстро, кадры могут пропускаться.

7. Нажмите кнопку **Stop Inspection** , чтобы остановить исследование коннекторов.

8. Выберите **Inspection** → **Switch to Configuration Interface**, чтобы вернуться в интерфейс настройки.

Подключение с помощью веб-браузера

Умная камера может хостить веб-сервер, который используется Vision Builder AI для предоставления удаленного доступа к пользовательскому интерфейсу исследования с помощью браузера.

Следуйте приведенным ниже инструкциям, чтобы настроить сервер и получить доступ к исследованию из браузера.

1. Выберите **Target** → **Target Options** на панели инструментов Vision Builder AI, чтобы запустить диалоговое окно Remote Target Options.

2. В поле **Category** выберите **Web Server**. Информация о сервере появится в правой части диалогового окна.

3. Активируйте флажок **Enable Web Server**.

4. Щелкните на **Add**.

5. В поле **Browser Address** введите *.

6. Выберите опцию **Allow Viewing**. Теперь любой компьютер может просматривать исследование на умной камере.

7. Нажмите **OK**, чтобы закрыть диалоговое окно Remote Target Options.

8. Выберите **File** → **Switch to Inspection interface**, чтобы закрыть интерфейс конфигурирования и запустить интерфейс исследования.

9. Щелкните на **Start Inspection** и вращайте диск, чтобы начать исследование.

10. Когда исследование запущено, нажмите **Inspection** → **Close** на панели инструментов. Появится диалоговое окно Stop Inspection, как показано на рисунке 48.

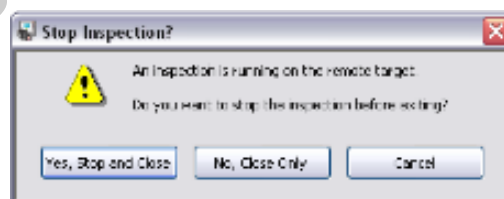


Рисунок 48 – Диалоговое окно

11. Выберите **No, Close Only**. Исследование продолжится, несмотря на то, что Vision Builder AI будет закрыт.

Получение доступа к исследованию

Если на умной камере запущено исследование и работает правильно сконфигурированный сервер, вы можете получить доступ к исследованию из браузера.

Следуйте приведенным ниже инструкциям, чтобы получить доступ к исследованию из браузера.

1. Запустите браузер.

В строке адреса введите *http://<IP-адрес умной камеры>* и нажмите клавишу Enter. Исследование должно появиться в окне вашего браузера, как показано на рисунке 49.



Рисунок 49 – Доступ через браузер

4.2 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2

Визуальный контроль объектов с элементами принятия решений

Цель работы: разработать приложение для решения задач визуального контроля объектов с элементами принятия решений.

Исходные данные: объекты для анализа (пример – рисунок 50).



Рисунок 50 – Пример объекта для анализа

Ход выполнения работы:

1. Выбрать методы и алгоритмы решения задачи.
2. Программная реализация.
3. Тестирование.
4. Подготовка отчета (титальный лист, цель работы, краткое описание методов и алгоритмов, особенности программной реализации, результаты тестирования и выводы).

Контрольные вопросы:

1. Назвать основные элементы технического зрения.
2. Перечислить основные требования к алгоритмам машинного обучения.
3. Какие этапы включает в себя разработка систем анализа и обработки цифровых изображений?
4. Описать порядок выполнения расчета горизонтального и вертикального полей зрения (FOV).
5. Перечислить общие шаги проектирования приложения для обработки изображений в системе NI.
6. Объяснить принципы определения цифрового изображения, назвать его основные свойства.
7. Что такое цветные модели?

4.3 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3

Распознавание образов. Классификация объектов

Цель работы: разработать приложение для решения задач распознавания образов и классификации объектов.

Исходные данные: объекты для анализа (пример – рисунок 51).

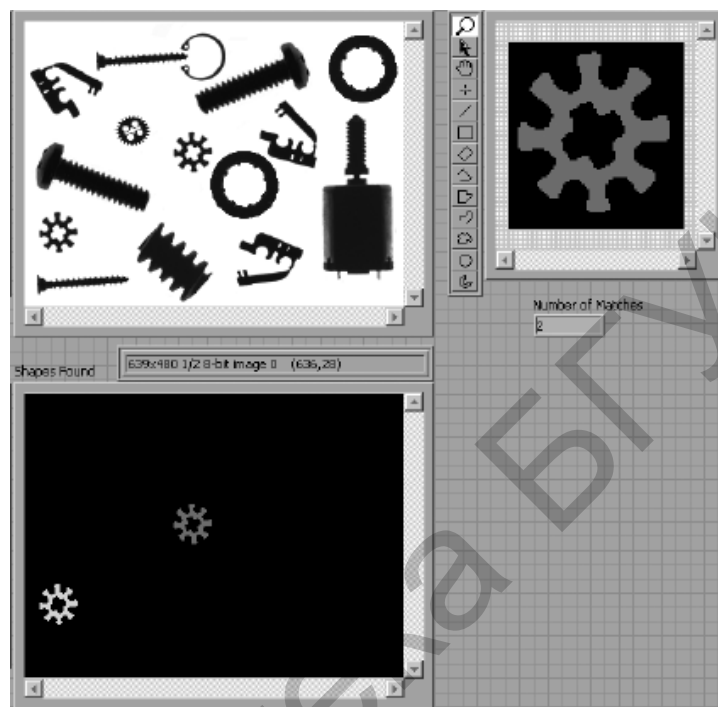


Рисунок 51 – Пример распознавания объектов

Ход выполнения работы:

1. Определить подходящий набор методов и алгоритмов для выполнения задания.
2. Выполнить программную реализацию.
3. Провести тестирование полученных результатов.
4. Проанализировать результаты и подготовить отчет (содержание аналогично оформлению отчета в лабораторной работе №2).

Контрольные вопросы:

1. Что такое альфа-композиция?
2. Что такое «палитры»? Назвать основные характеристики.
3. Какие основные признаки можно определить по гистограммам?
4. Объяснить порядок расчета линейной и куммулятивной гистограмм.
5. Объяснить порядок распознавания образов по шаблону.
6. Назвать ограничения по применению распознавания по шаблону.
7. Что такое нормированная взаимная корреляция?

4.4 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4

Решение некоторых прикладных задач

Цель работы: разработать приложение для решения прикладных задач компьютерного зрения.

Исходные данные: объекты для анализа (пример – рисунок 52).



Рисунок 52 – Пример распознавания штрихкода

Ход выполнения работы:

1. Исследовать методы и алгоритмы обработки Barcode и QR-кодов.
2. Реализовать программными средствами СТЗ НИ.
3. Выполнить функциональное тестирование разработанного решения.
4. Выполнить анализ полученных результатов и оформить в виде отчета (титальный лист, цель работы, краткое описание методов и алгоритмов, особенности программной реализации, результаты тестирования и выводы).

Контрольные вопросы:

1. Каковы возможности применения градиентного метода в распознавании образов?
2. Объяснить порядок вычисления нормированной взаимнокорреляционной функции.
3. Назвать основные поля и характеристики QR-кода.
4. Описать особенности DataMatrix-кода.
5. Объяснить алгоритм среднего сдвига для отслеживания объекта.
6. Объяснить алгоритм среднего сдвига на основе EM-алгоритма.

Литература

1. Янс, Б. Цифровая обработка изображений / Б. Янс. – М. : Техносфера, 2007. – 584 с.
2. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М. : Техносфера, 2012. – 1104 с.
3. Шапиро, Л. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Дж. Стокман. – М. : ООО «Бином-Пресс», 2009. – 760 с.
4. Форсайт, Д. Компьютерное зрение. Современный подход / Д. Форсайт, Ж. Понс. – М. : Изд. дом «Вильямс», 2004. – 928 с.
5. Старовойтов, В. В. Цифровые изображения: от получения до обработки / В. В. Старовойтов, Ю. И. Голуб. – Минск : ОИПИ НАН Беларуси, 2014. – 202 с.
6. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений в среде MATLAB / Р. Гонсалес, Р. Вудс, С. Эддинс. – М. : Техносфера, 2006. – 616 с.
7. Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEW IMAQ Vision / Ю. В. Визильтер [и др.]. – М. : ДМК Пресс, 2007. – 464 с.

Библиотека БГУИР

Содержание

| | |
|---|----|
| Введение..... | 3 |
| 1 Проблематика машинного зрения..... | 5 |
| 2 Описание лабораторного комплекса от NI..... | 8 |
| 2.1 Описание аппаратной платформы..... | 8 |
| 2.2 Используемое программное обеспечение..... | 13 |
| 2.2.1 Программное обеспечение NI Vision Builder for Automated Inspection..... | 13 |
| 2.2.2 Программное обеспечение Lab VIEW..... | 14 |
| 3 Цифровые изображения. Некоторые методы обработки и анализа изображений..... | 17 |
| 3.1 Основные шаги построения приложения системы технического зрения NI..... | 17 |
| 3.2 Определение цифрового изображения, основные свойства..... | 18 |
| 3.3 Анализ изображения: гистограммы..... | 24 |
| 3.4 Распознавание образов по шаблону..... | 27 |
| 3.5 Распознавание Barcode и QR-кодов..... | 36 |
| 3.6 Отслеживание объекта..... | 38 |
| 4 Лабораторные работы..... | 42 |
| 4.1 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1. Основы работы с интеллектуальной камерой National Instruments. Решение простейших прикладных задач..... | 43 |
| 4.2 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №2. Визуальный контроль объектов с элементами принятия решений..... | 64 |
| 4.3 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3. Распознавание образов. Классификация объектов..... | 66 |
| 4.4 ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №4. Решение некоторых прикладных задач..... | 67 |
| Литература..... | 68 |

Учебное издание

Фролов Игорь Иванович
Лукашевич Марина Михайловна
Яночкин Алексей Леонидович

СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ЗРЕНИЯ

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ

Редактор *М. А. Зайцева*
Корректор *Е. И. Герман*
Компьютерная правка, оригинал-макет *Е. Д. Степуть*

Подписано в печать 08.11.2016. Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. 4,3. Уч.-изд. л. 4,0. Тираж 100 экз. Заказ 2.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий №1/238 от 24.03.2014,
№2/113 от 07.04.2014, №3/615 от 07.04.2014.

ЛП №02330/264 от 14.04.2014.
220013, Минск, П. Бровки, 6