**УДК 681.3 На правах рукописи**

**Туралин Аргын Берикович**

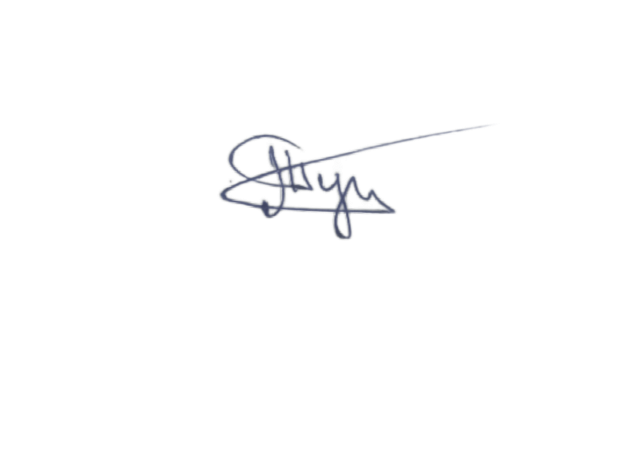
**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ НА ПРОИЗВОДСТВЕ**

7М06204 «Радиотехника, электроника и телекоммуникации»

**Автореферат**

диссертации на соискание академической степени

магистра технических наук



\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(подпись магистранта)

Петропавловск, 2022 год

Диссертация выполнена в Северо-Казахстанском университете им. М. Козыбаева. Кафедра энергетики и радиоэлектроники

Научный руководитель: кандидат технических наук,

Герасимова Ю.В.

Рецензент: кандидат технических наук,

Набиев Н.К.

Защита состоится 30.01.2023 г., 9:00

По адресу Республика Казахстан, г. Петропавловск, ул. А.С.Пушкина 86



Технический секретарь ГАК \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Семенюк В.В.

*Общая характеристика работы*

***Тема диссертационного исследования:*** «Интеллектуальная система видеонаблюдения на производстве».

***Актуальность темы диссертации.***

На данный момент системы видеонаблюдения играют большую роль в жизни и безопасности людей, в связи, с чем невозможно недооценивать её роль. Данная сфера находится на острие развития науки и технологий, это обусловлено применением система видеонаблюдения в самых различных областях, а также тем, что каждый день людьми создается большое количество видеоинформации. Качество видеокамер улучшается из года в год, и размер информации также возрастает многократно. Поэтому внедрение интеллектуальных решений в систему видеонаблюдения является в числе важных задач на текущий момент.

Все чаще на современных предприятиях возникает необходимость ограничения доступа посторонних лиц на территорию предприятия или в определенное помещение (складские площади, бухгалтерия). Руководство стремится контролировать дисциплину сотрудников и их доступ к помещениям, которые расположены на территории предприятия или организации. Именно это и способствует необходимости внедрения и непосредственного использования систем для контроля и управления доступом (СКУД), которые прочно заняли свое место среди технических систем безопасности. Показатели роста спроса СКУД составляют 15%, по сравнению с тем, что прочие охранные системы имеют показатель в два раза ниже — 7%.

Подтверждение личности человека по его уникальным характеристикам выводит на более высокий уровень комплексное обеспечение безопасности. Биометрическая идентификация существенно затрудняет подделку пропуска и сокращает вероятность прохода посторонних лиц на территорию предприятия.

Задача выделения лица человека в натуральной или созданной обстановке и последующее распознавание становится одной из ключевых для исследователей, занимающихся в направлении систем автоматического зрения и искусственного интеллекта. В независимости от схожести задач и методов, применяемых при создании иных систем биометрической идентификации индивидуума таких, как идентификация по отпечатку пальца или по изображению радужной оболочки, системы идентификации по изображению лица значительно проигрывает биометрической системе.

Главной проблемой становится динамическое изменение визуальных образов, связанное с изменениями ракурсов, светотеней, освещением, масштабом и фонов. Одной из сложных задач при распознавании лиц устранение неопределенностей, возникающих при воссоздании трехмерных объектов естественного мира на плоском изображении. Цвет и насыщенность определенных пикселов на фотографии также зависит от весомого количества сложно прогнозируемых факторов. На эти факторы воздействует нахождение источников света, цвет и интенсивность излучения, тени или отражение от окружающих предметов.

Задача распознавания лица на фотографии затрудняется наличием больших объемов данных, которые хранятся в изображении. Изображение может содержать тысячи пикселов, каждый из которых может иметь важное значение. Всецелое использование данных, находящееся в изображении, предполагает анализ всех пикселей на принадлежность его лицу или фону с учетом вероятной изменчивости объектов.

Решение этой проблемы кроется в правильном выборе описания объектов, для определения и распознавания которых разрабатывается система.

Таким образом, можно определить повышение эффективности идентификации лиц, имеющих доступ на заданную территорию, обеспечение надежности и сокращение издержек, посредствам разработки интеллектуальной информационной системы контроля доступа с фотофиксацией как цель квалификационной работы.

**Объект исследования.** Интеллектуальные системы обработки видеопотока с детектированием и распознаванием лиц.

**Предмет исследования.** Система интеллектуального видеонаблюдения на производственных объектах.

**Цели и задачи исследования.**

* осуществление анализа предметной области;
* определение оптимальной кроссплатформенной среды разработки;
* выявление аспектов системы распознавания образов;
* разработка алгоритма системы распознавания лиц;
* реализация программного продукта на основе полученного алгоритма.

**Теоретическая значимость.**

Разработанные теоретические положения могут быть использованы для совершенствования систем видеонаблюдения, систем детектирования и распознавания лиц.

**Практическая значимость.**

Предложенные принципы, модели и принципы позволяют создать системы видеонаблюдения с применением интеллектуальной видеоаналитики.

**Методологические основы и методы исследования.**

При исследовании были использованы положения математической статистики, теории автоматического управления, методы цифровой обработки сигналов и моделирования на ЭВМ.

**Ожидаемые результаты.**

Разработка программного приложения с функциями детектирования и распознавания лиц.

**Апробация работы.**

Основные результаты диссертации докладывались и обсуждались на итоговых научных конференциях СКУ им. М.Козыбаева, а также на плановых научных семинарах на кафедре «Энергетика и радиоэлектроника».

**Достоверность** научных положений диссертации обеспечивается использованием математически обоснованной методики решения и применением апробированных численных методов при реализации решения. Обоснованность полученных результатов подтверждается их физической правдоподобностью и совпадением результатов проведенных экспериментов с известными теоретическими данными.

**Публикации.** По теме диссертации опубликована одна статья.

- Видеоаналитика в современных системах интеллектуального видеонаблюдения // Материалы международной научно-практической онлайн-конференции «Молодежь и наука-2022», посвященной 85 летию Северо-Казахстанского университета им. М. Козыбаева: в 2-х томах. Т. 1. – Петропавловск: СКУ им. М.Козыбаева, 2022 г., С.119-123.

**Объем и структура диссертации.** Страничный объем диссертационной работы 62 страниц.

**Во введении** проводится обоснование актуальности темы диссертационного исследования, осуществляется постановка цели и задачи, объекта и предмета работы. Рассматривается интеллектуализации систем видеонаблюдения. Рассматриваются современные системы видеоаналитики нашедшие широкое применение в сферах жизнедеятельности человека.

Современные системы видеонаблюдения далеко шагнули в отличие от аналоговых систем видеонаблюдения, они позволяют не только более эффективно хранить видеоданные, но также позволяют управлять данными, обрабатывать их.

На заре появления системы видеонаблюдения применялись исключительно в охранных целях, таких как контроль, за порядком в общественных пространствах, наблюдение за проникновением за периметр и др. Но на данный момент системы видеонаблюдения применяются для контроля трафика движения на улицах, для улучшения работы светофоров, контроль заполняемости общественных мест, контроль производственного цикла.

Видеоаналитику использует большое количество интеллектуальных систем видеонаблюдения – технологию, которая использует методы компьютерного зрения для автоматизации при получении различных данных на основании анализа последовательности изображений, которые поступают с видеокамер в режиме реального времени или же из архивных записей

**Первая глава** посвящена рассмотрению интеллектуализации систем видеонаблюдения, детектирования и распознавании лиц, постановке задачи по применению системы детектирования и распознавания лиц.

Осуществляется постановка задачи комплексного инженерного анализа и синтеза с использованием базовых и специальных знаний, современных аналитических методов и моделей.

Для реализации интеллектуальной системы детекции и распознавания человеческих лиц необходимо, в первую очередь, осуществить функцию детектирования человеческого лица в видеопотоке в режиме реального времени. Оператор сможет запустить видеокамеру и детектировать свое лицо. Без данной функции дальнейшее использование большей части функционала будет бессмысленной. Но прежде чем приступать к возможности детектирования лица, необходимо проверить работоспособность видеокамеры. Для этого будет реализована функция тестирования камеры.

Для того чтобы обучать систему распознавать лица, необходимо осуществить сбор данных для обучения. Оператору будет сложно вручную каждый раз набирать данные в количестве минимум 30 штук изображений одного человека и переименовывать их по определенной структуре. Поэтому необходимо реализовать функцию, которая будет автоматически собирать изображения с лицом в базу данных с видеопотока.

Чтобы распознавать человеческое лицо на камере необходимо реализовать функцию обучения и выделения вектора признаков для каждого лица, которое предоставлено в базе данных. После успешного обучения системы требуется функция распознавания личности на видеопотоке. Распознавание будет работать на функции детектирования лица по видеокамере, сопоставляя выделенное лицо с вектором характеристик и значениями пикселей в потоке. При успешном совпадении будет выдан результат распознавания.

**Вторая глава** посвящена обоснованию целесообразности разработки системы интеллектуальной детекции и распознавания человеческого лица, анализу существующих подходов к решению задачи.

Прежде чем начать процесс распознавания лиц, необходимо получить определенную упорядоченную информацию, представляющую собой характеристику объектов, их отображение на множестве воспринимающих органов распознающей системы.

Но каждый объект наблюдения может воздействовать по-разному, в зависимости от условий восприятия. Так, например, какое-либо лицо в одинаковых внешних условиях может смещаться относительно видеокамеры и находиться на различных расстояниях под различными углами. Кроме того, лица одного и того же образа могут достаточно сильно отличаться друг от друга, например в зависимости от нанесенного макияжа или состояния здоровья.

Каждое отображение какого-либо объекта на видеокамеры распознающей системы, независимо от его положения, принято называть изображением объекта, а множества таких изображений, объединенные какими-либо общими свойствами, представляют собой образы.

При решении проблем, связанных с распознаванием и идентификацией лиц по видеофиксации в режиме реального времени, методами распознавания образов вместо термина «изображение» применяют термин «состояние».

Состояние можно определить, как отображение измеряемых текущих (или мгновенных) характеристик лица. Совокупность состояний определяет ситуацию. Понятие «ситуация» является аналогом понятия «образ». Но эта аналогия не полная, так как не всякий образ можно назвать ситуацией, хотя всякую ситуацию можно назвать образом. Ситуацией принято называть некоторую совокупность состояний сложного объекта, каждая из которых характеризуется одними и теми же или схожими характеристиками объекта. Для того чтобы система эффективно распознавала и идентифицировала лица по видеофиксации в режиме реального времени необходимо обеспечить максимальную инвариантность (на сколько это возможно в рамках алгоритма распознавания) к формам представления распознаваемых лиц – различным изображениям лиц в условиях воздействия внешних факторов.

В течение длительного периода времени данная проблема распознавания привлекает внимание специалистов из областей информатики, а затем и прикладной математики. Выделяются, в частности, работы Р. Фишера, которые были выполнены в 20-х годах и привели к формированию дискриминантного анализа как одного из разделов практики и теории распознавания. Так же в 40-х годах А. Н. Колмогоровым и А. Я. Хинчиным были поставлены задачи в качестве разделения смеси двух распределений

В течение времени за счет теории распознавания также расширился математический аппарат в качестве применения:

* разделов теории информации;
* прикладной математики;
* методов алгебры логики;
* системотехники и математического программирования.

К середине 70-х годов распознавание определилось как самостоятельное направление в науке, появилась дополнительная возможность для создания нормальной математической теории распознавания.

При оптическом распознавании образов обычно применяют метод перебора видов объектов под различными масштабами, смещениями, углами и т. д. Для букв необходимо перебирать шрифт, свойства шрифта и т. д.

Для решения задач распознавания подвижных объектов обычно выделяют такие основные методы среди систем охранного видеонаблюдения:

* методы с использованием контурных моделей;
* метод Виолы-Джонса;
* нейросетевые методы;
* методы, основанные на шаблонах;
* метод опорных векторов.

**Третья глава** посвященаобоснованию выбора средств разработки системы интеллектуального видеонаблюдения с детектированием и распознаванием лиц.

Для разработки программного приложения был выбран язык программирования Python. Данный язык программирования осуществляет такие парадигмы компьютерного программирования, как структурное, объектно-ориентированное, функциональное, аспектно-ориентированное программирование. Основными параметрами являются применение динамической типизации, возможность применение автоматического управления памятью, алгоритм работы с применение поточных вычислении и многоуровневого структурирования данных.

Программный код в Python группируется с помощью классов и функций, которые в итоге объединяются в определенные модули (затем возможно объединение в пакеты, при необходимости).

В качестве среды разработки была выбрана среда PyCharm от компании JetBrains. Данная среда имеет версию свободного распространения Community. PyCharm осуществляет поддержки практический всех версии интерпретаторов Python.

OpenCV реализован на языке высокого уровня C и содержит алгоритмы для: обработки изображений, установления зависимости между показаниями средства камеры и размером измеряемой величины, определение вектора признаков сходства, анализ передвижения объекта в реальном времени, определение формы исследуемого объекта и его отслеживание, разбиения на группы объекта, распознавание жестикуляции и т.д.

Данная библиотека используется для создания окна трансляции видеопотока камеры, перевода видеопотока в оттенки серого и рисования прямоугольной области вокруг лица, после его детекции на видеопотоке с помощью каскадов Хаара.

**Четвертая глава** посвящена разработке и реализации интеллектуальной системы детекции и распознавания человеческих лиц.

Первый этап разработки системы создание подсистемы детекции лиц с использованием каскадов Хаара. В OpenCV имеется надежный набор каскадов Хаара, который и использовался для проекта.

Объекты классификатора лица создаются с использованием класса классификатора в OpenCV через cv2.CascadeClassifier() и загрузки соответствующих файлов XML для каскадов Хаара.

Каскад Хаара для фронтальной части лица создает квадратные волны с началом и концом, чтобы создать паттерны в форме прямоугольника для распознавания сигнала в видеопотоке. Пример показан на рисунке 1.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 0 |  |  |  | 2 |  |  |  | х |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

Рисунок 1 – Паттерн распознавания сигнала в видеопотоке

В xml файле по детекции фронтальной части человеческого лица комбинируется несколько вейвлетов – то есть каскад, который может идентифицировать края, линии и круги с различной интенсивностью цвета, как показано на рисунке 2.

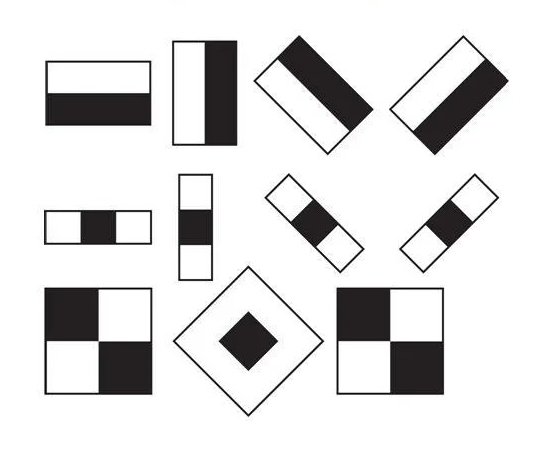


Рисунок 2 – Каскад на основе характеристик Хаара

Объект видеокамеры создается с помощью функции cv2.VideoCapture () для захвата изображений. Для анализа изображения с помощью CascadeClassifier.detectMultiScale() с использованием каскадов Хаара масштаб выбирается меньше, чем целевое изображение. Затем он помещается на изображение, и берет среднее значение пикселей в каждом разделе. Если разница между двумя значениями превышает заданный порог, это считается совпадением, то есть сопоставляются объекты различных размеров и возвращается местоположение. Обнаружение человеческого лица осуществляется путем сопоставления сочетания различных черт Хаара для контраста лба, бровей и глаз, а также носа с глазами.

Блок-схема алгоритма системы обнаружения лица приведена на рисунке 3.

Старт

Импорт каскадов Хаара

Создание объекта видеокамеры

Применение GrayScale к видеопотоку

Применение каскадов Хаара к видеопотоку

Захват изображения из видеопотока

Проверка достаточности яркости в видеопотоке

Детектиро-вание лиц каскадами Хааара

Захват лица

Закрытие видеопотока

Рисунок 3 - Блок-схема алгоритма системы обнаружения лиц

Сбор классификационных изображений обычно выполняется вручную с помощью программного обеспечения. Эта трудоемкая задача автоматизируется с помощью приложения для сбора. Приложение обнаруживает подходящие выражения между 300 мс, выпрямляет любой существующий наклон и сохраняет их. Блок-схема алгоритма сбора базы данных изображений приложения показана на рисунке 4.

Старт

Ввод ID и имени человека

Открытие файла с данными людей

Сохранение ID и имени

Импорт каскадов Хаара

Создание объекта видеокамеры

Применение каскадов Хаара к видеопотоку

Проверка яркости видеопотока

Детектирование лиц каскадами Хаара

Захват изображения с видеопотока

Подготовка изображения

Сохранение изображения с привязкой к ID и имени

Применение GrayScale к видеопотоку

Проверка ввода ID и имени

Рисунок 4 – Блок-схема алгоритма сбора базы данных изображений

OpenCV позволяет создавать файлы yml для хранения функций, извлеченных из наборов данных с использованием FaceRecognizerclass. Сохраненные изображения импортируются, преобразуются в оттенки серого и сохраняются с идентификаторами в двух списках с одинаковыми индексами. Объекты FaceRecognizer создаются с использованием класса распознавателя лиц. Создается объект распознавателя, в который передаются все изображения, хранящиеся в базе данных. После чего распознаватель преобразовывает полученные изображения в массивы и хранятся в векторе. Блок-схема алгоритма обучения приведена на рисунке 5.

Старт

Импорт каскадов Хаара

Создание объекта обучения

Получение доступа к хранилищу изображений

Получение доступа к списку файлов с ID

Получение доступа к списку файлов с ID

Итерация по каждому изображению

Открытие изображения

Идентификация ID изображения

Итерация по базе данных лиц

Детектирование лиц

Считывание значении

Производится обучение

Рисунок 5 – Блок-схема алгоритма обучения

Для реализации распознавания человеческого лица на видеопотоке импортируется xml файл с каскадами Хаара, а так же yml файл, в котором хранятся признаки сходства каждого занесенного в базу данных лиц пользователей, для дальнейшего распознавания пользователей в режиме реального времени. Далее создается объект камеры, для трансляции видеопотока в режиме реального времени, объект классификатора, к которому подключаетсяй yml файл и объект распознавателя, для распознавания лица из видеопотока. Блок-схема алгоритма распознавания лиц из видеопотока показана на рисунке 6.

Старт

Импорт каскадов Хаара

Создание объекта распознавания

Создание объекта обученных классификаторов

Создание объекта видеопотока камеры

Подключение GrayScale к видеопотоку

Применение каскадов Хаара к видеопотоку

Проверка яркости видеопотока

Детектирование лиц каскадами Хаара

Захват изображения с видеопотока

Прогнозирование детектированного лица

Инициализация распознанного лица

Вывод имени и ID

Рисунок 6 – Блок-схема алгоритма распознавания лиц из видеопотока

**Заключение**

В ходе исследований была достигнута основная цель – разработана система интеллектуального видеонаблюдения на производстве, с применением средств детектирования и распознавания лиц.

В процессе выполнения диссертационной работы были решены задачи:

- рассмотрены системы интеллектуального видеонаблюдения на производстве:

- рассмотрены основные разделы и темы по реализации алгоритмов детекции лица, сбора базы данных фотографий людей, обучения и распознавания, а также основные разделы по созданию пользовательского дизайна на основе модуля Tkinter на языке python;

- разработан и реализован алгоритм детекции лица;

- разработан и реализован алгоритм сбора базы данных фотографий людей для распознавания;

- разработан и реализован алгоритм обучения;

- разработан и реализован алгоритм распознавания человеческого лица;

- реализован пользовательский интерфейс.

**Түйін**

Диссертация өндірістегі интеллектуалды бейнебақылау жүйесін әзірлеуге арналған. Нақты уақыт режимінде адамның бет-әлпетін анықтау және тану арқылы бейнені талдауға мүмкіндік беретін интеллектуалды бейнебақылау жүйесі үшін алгоритмдер жасалды.

**Резюме**

Диссертация посвящена разработке интеллектуальной системы видеонаблюдения на производстве. Разработаны алгоритмы, для интеллектуальной системы видеонаблюдения позволяющие выполнять анализ изображения, с детектированием и распознаванием человеческих лиц в режиме реального времени.

**Resume**

The dissertation is devoted to the development of an intelligent video surveillance system in production. Algorithms have been developed that allow for image analysis for an intelligent video surveillance system, with the detection and recognition of human faces in real time.