

Оценка возможности использования системы технического зрения для контроля маркировки готовой молочной продукции

Музыка Максим Юрьевич

Московский государственный университет пищевых производств

Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, д. 11

E-mail: muzyka@mgupr.ru

Благовещенская Маргарита Михайловна

Московский государственный университет пищевых производств

Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, д. 11

E-mail: mmb@mgupr.ru

Благовещенский Иван Германович

Московский государственный университет пищевых производств

Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, д. 11

E-mail: igblagov@mgupr.ru

Аднодворцев Александр Михайлович

Московский государственный университет пищевых производств

Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, д. 11

E-mail: adnodvortsev@yandex.ru

Благовещенский Владислав Германович

Московский государственный университет пищевых производств

Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, д. 11

E-mail: bvg1996@mail.ru

Бунеев Алексей Владимирович

ООО «Омрон Электроникс»

Адрес: 125040, Москва, ул. Правды, д. 26

E-mail: alexey.buneev@eu.omron.com

В современных производственных процессах трудоемкость маркировочных операций составляет значительную долю. Практически, весь ассортимент пищевой продукции подлежит маркировке. В статье подчеркивается постоянно растущая сложность контроля качества выпускаемых пищевых продуктов и множественная их фальсификация. Рассмотрены и проанализированы существующие методы и средства маркировки. Показаны достоинства и недостатки существующих систем. В статье проанализирована возможность использования систем технического зрения для автоматизации контроля качества маркировки молочной продукции. Дана общая схема проведения исследований. Рассматривалось решение системой технического зрения следующих задач: получение и классификация изображений, детектирование объектов (бутылок кефира); обработка полученного изображения и семантическая сегментация; сегментация экземпляров этикеток по полученным данным. Проведенные исследования позволили сделать вывод о перспективности использования для этих целей системы технического зрения. Представлен состав системы технического зрения. Выбран наиболее эффективный для решения поставленных задач алгоритм обработки полученного изображения. Предложен оптимальный тип камеры, дана характеристика разработанной системы автоматического контроля качества маркировки с указанием времени выдержки и времени проверки после трансформирования изображения. Представлены различные уровни изображения и рассмотрено их влияние на качество получаемого результата.

Используя выбранный алгоритм, были проведены экспериментальные исследования по сканированию объекта системой технического зрения. осуществлен выбор оптимального расположения видеодатчиков. Разработан блок обработки входного изображения и сканирования пограничных установок для обеих сторон объекта сканирования. В результате проведенных исследований в статье делается вывод о перспективности внедрения цифровой системы автоматического контроля качества маркировки молочной продукции на базе использования системы технического зрения.

Ключевые слова: маркировка, готовая молочная продукция, автоматизация контроля качества, система технического зрения

Введение

Магистральным направлением повышения эффективности современного пищевого производства является цифровизация и комплексная автоматизация всех его сфер и стадий, обеспечение унификации и маркировки выпускаемой промышленной продукции (Балыхин и др., 2017а; Балыхин и др., 2017б; Благовещенский, 2017; Петряков, 2019). Одним из неотъемлемых элементов современного производства является маркировка выпускаемой продукции (Крылова и др., 2017). Маркировка детали, узла или конечного изделия позволяет производителю контролировать объем выпускаемой продукции и её качество, продвигать свою торговую марку (Благовещенская & Злобин, 2005). Пользователь получает на маркированном изделии информацию о типе и параметрах продукции и гарантию качества от производителя (Провоторов, 2014).

Особое место в этом направлении по наукоемкости, сложности и трудоемкости процессов, занимает автоматизация процессов маркировки готовой пищевой продукции, которую государство ввело для борьбы с поддельной и некачественной продукцией, поскольку постоянно растет сложность контроля качества выпускаемых пищевых продуктов и множественная их фальсификация. Очень часто состав и функциональные аспекты пищевых изделий непонятны для потребителей с первого взгляда (Благовещенская, 2009). Маркировка изделий пищевой промышленности, нанесенная на упаковку продукта, позволяет в сжатой форме, но в то же время достаточно полно передать потребителю важную информацию о продукте: дата изготовления пищевой продукции, ее производитель, сведения о качественной характеристике, количественном составе пищевой продукции, ее пищевой ценности и так далее.

По специальному коду на каждой упаковке можно отследить перемещение продукции от производителя до потребителя. В современных производственных процессах трудоемкость маркировочных операций составляет значительную долю. Так, в мо-

лочной промышленности в цехах готовой молочной продукции трудоемкость маркировочных операций превышает 13%. Производитель или импортер наносит уникальный код на каждую потребительскую упаковку и передает перечень нанесенных кодов в систему маркировки. Далее все участники цепочки сканируют коды и подтверждают их получение от поставщика. Таким образом государство может отследить этапы передвижения, вид товара, его характеристики и момент выхода из оборота.

Молочная промышленность – одна из важнейших отраслей народного хозяйства. Она поставляет на потребительский рынок основные продукты питания: молоко, сливки, творог, творожную массу, кисломолочные продукты, простоквашу, сметану, йогурты, творожные сырки. Без этих продуктов жизнь людей будет неполноценной, так как основные белки, жиры, ферменты и другие составляющие содержатся в молочных и кисломолочных продуктах. Молокоперерабатывающие предприятия обеспечивают около 12% суммарного объема продукции отрасли. Общее число компаний, вырабатывающих молочные продукты, превышает 1600, из них 72 предприятия имеют мощность по переработке более 55 тыс. тонн молока в год (Pasco et al., 2018).

Кисломолочные напитки обладают разносторонними биологическими и лечебными свойствами. В результате биохимических процессов, протекающих при сквашивании молока, кисломолочные продукты приобретают диетические и лечебные свойства. Кисломолочные продукты широко применяют для профилактики и лечения многих заболеваний, особенно желудочно-кишечного тракта (Nikolskaya et al., 2019).

Одним из самых востребованных кисломолочных продуктов является кефир. Кефир полезен при малокровии, истощении организма, хронических колитах. В процессе производства кисломолочные продукты обогащаются витаминами, С и В12, что объясняется способностью некоторых молочно-кислых бактерий синтезировать эти витамины (Поднебесных, 2020).

В настоящее время кефир – это один из наиболее популярных в нашей стране отечественных кисломолочных напитков, который пользуется повышенным спросом у населения¹. Этому способствует развитие интереса к диетическому и здоровому питанию. Растут объемы производства кефира. В 2020 году производство кефира выросло на 1,3% до 231,4 тыс. тонн по сравнению с аналогичным периодом 2019 года¹.

Высокая биологическая и пищевая ценность, содержание значительного количества витаминов, солей кальция и фосфора позволяют использовать кефир в профилактике многих заболеваний. Поэтому все более возрастают требования к повышению качества и конкурентоспособности этого полезного отечественного продукта питания. В связи с увеличением спроса населения на него, производство кефира на предприятиях нашей страны систематически расширяется и влечет за собой необходимость внедрения средств непрерывного автоматического контроля, регулирования и управления с использованием интеллектуальных технологий (Карелина и др., 2019).

Поскольку с 1 января 2022 года постановлением правительства производители обязаны маркировать все выпускаемые кисломолочные продукты¹, остро встает вопрос об автоматизации контроля нанесения маркировки, которая позволит автоматически прямо на линии производства кефира провести инспекцию качества нанесения маркировки и механическую отбраковку продукции с нечитаемой этикеткой.

Тема настоящей статьи позволяет решить проблему автоматизации контроля маркировки с использованием системы технического зрения. В качестве основных задач исследования выделены следующие задачи:

- провести анализ существующих решений в области достоверности информационного обеспечения;
- проанализировать процесс маркировки кефира как объекта управления и существующих методов и способов маркировки этой продукции;
- исследовать возможность использования системы технического зрения для контроля качества нанесенной маркировки;
- разработать алгоритмы контроля качества нанесенной на бутылки кефира маркировки;
- разработать блок автоматической инспекции качества маркировки;

- разработать систему автоматического контроля качества маркировки молочной продукции с использованием технического зрения.

Научная новизна данного исследования заключается в следующем:

- доказана возможность обеспечения контроля качества нанесенной маркировки за счет применения интеллектуальных технологий;
- разработан алгоритм процесса контроля качества нанесенной маркировки;
- разработан блок автоматической инспекции качества маркировки молочной продукции и система управления этим блоком.

Целью данной работы является повышение достоверности информационного обеспечения производства, развитие и совершенствование методов и алгоритмов управления процессом контроля маркировки за счет использования системы технического зрения для повышения качества промышленного производства кефира

В научной литературе известны работы, авторы которых ставили задачи совершенствования и автоматизации маркировки изделий: П.О. Архипов (Архипов, 2003); В.И. Безруков (Безруков, 2003); М.Г. Балыхин, М.М. Благовещенская, И.Г. Благовещенский, З.В. Макаровская, Е.А. Назойкин (Балыхин и др., 2019), М.М. Благовещенская, Л.А. Злобин (Благовещенская & Злобин, 2005); И.Г. Благовещенский (Благовещенский и др., 2016; Благовещенский и др., 2016), Э.М.Т. Хамед, И.Г. Благовещенский, В.Г. Благовещенский, Д.В. Зубов (Хамед и др., 2020), которыми решались задачи разработки автоматизированных систем маркировки и учета готовой продукции на основе программно-аппаратных комплексов.

Проведенный обзор и анализ работ посвященных этой проблеме выявил, что к настоящему времени большой вклад в создание и совершенствование методов и средств маркировки, работающих на линиях производства пищевых продуктов, внесли: Д. Апанович, Ю. Ковердяев, А. Крылов, В. Токарев, занимавшиеся разработкой методов контроля качества маркировки изделий; М. Золотухин (Золотухин, 1998); Е. Мартиросова (Мартиросова, 1998); Ю.Д. Карякин (Карякин, 2000), занимавшиеся разработкой способов нанесения маркировки. Правовым регулированием маркировки товаров средствами идентификации в электронной форме активно занималась Андреева Л.В. (Андреева, 2019).

¹ Новости и аналитика молочного рынка. <https://milknews.ru/>

Предложенная статья базируется на результатах работ следующих научных школ и направлений:

- разработка интеллектуальных экспертных систем контроля качества пищевых продуктов – М.М. Благовещенская (Благовещенская, 2009), И.Г. Благовещенский, М.Г. Балыхин, А.Б. Борзов, И.Г. Благовещенский (Балыхин и др., 2017); С.Д. Савостин, М.М. Благовещенская, И.Г. Благовещенский (Савостин и др., 2016);
- использование систем технического зрения для автоматизации контроля органолептических показателей качества пищевых изделий – А.Ю. Петров, М.М. Благовещенская, В.Г. Благовещенский, А.В. Ионов, И.Г. Благовещенский (Петров и др., 2019); И.Г. Благовещенский, З.В. Макаровская, М.М. Благовещенская, С.В. Чувахин, В.В. Митин (Благовещенский и др., 2019), И.Г. Благовещенский, С.М. Носенко (Благовещенский & Носенко, 2015), К.В. Гарев, И.Г. Благовещенский, Е.А. Назойкин, В.Г. Благовещенский, З.В. Макаровская (Гарев и др., 2019), К.А. Гончаров, И.Г. Благовещенский, Е.А. Назойкин, В.Г. Благовещенский, З.В. Макаровская (Гончаров и др., 2019);
- автоматизация маркировки продукции – С.Б. Одинокоев (Одинокоев, 2011), М.О. Жмакин (Жмакин, 2011);
- алгоритмизация распознавания знаков – С.Н. Anagnostopoulos, V.C. Loumos, E.A. Kayafas, (Anagnostopoulos, Loumos, & Kayafas, 2009);
- система машинного зрения для визуализации дефектов, их обнаружения на поверхности трехмерного объекта - D. Aluze, F. Merienne, C. Dumont, P. Gorria (Aluze, Merienne, Dumont & Gorria, 2002), Z. Bien, S.R. Oh, J. Won (Bien, Oh, Won, 2009);
- системы визуального наблюдения с использованием передовых технологий для оптимального размещения цифровых камер - F. Angella, L. Reithler, F. Gallesio (Angella, Reithler & Gallesio, 2007); I.H. Chen, S.J. Wang, (Chen, Wang, 2006).;
- автоматизация контроля качества пищевых продуктов – Л.А. Крылова, В.Г. Благовещенский, А.В. Татаринов (Крылова и др., 2017), В.Г. Благовещенский, И.Г. Благовещенский, Е.А. Назойкин, А.С. Носенко (Благовещенский и др., 2016), В.Г. Благовещенский, И.Г. Благовещенский, Е.А. Назойкин, В.О. Савельев (Благовещенский и др., 2016), В.Г. Благовещенский, М.Ю. Никитушкина (Благовещенский & Никитушкина, 2017), В.Г. Благовещенский, Л.А. Крылова, А.С. Максимов (Благовещенский и др., 2017).

В настоящее время наблюдается растущий интерес к технологиям и системам автоматической идентификации на основе технического зрения. Вклад в разработку методов и систем идентификации на основе технического зрения внесли Х.Д. Хауштайн, М.С. Хлытчиев, С.С. Садыков, В.С. Титов, S. Draghici, O. Martinsky (Астафьев, 2015); И. Сергеев (Сергеев, 2020); А.И. Рябов, В.А. Штерензон (Рябов & Штерензон 2021); О.Ю. Тихонова, Т.В. Котова, (Тихонова & Котова, 2020)

Большой вклад в развитие методов обработки и локализации изображений внесли Соифер В.А., Прэтт У.К., Ярославский Л.П., Садыков С.С., Визильтер Ю.В., Васин Ю.Г., Утробин В.А., Приоров А.Л., Фурман Я.А. (Чернов, 2018); Дворкович В.П., Дворкович А.В., Ереско Ю.Н., Моттль В.В., Гонсалес Р., Sloan А., Crownover R., Vrscaj E., Peng F., Davis G., Freeman G., Lin П., Kaplan M., Keller M., Varma M., Bamsley M., Ghazel M., Zmeakal O., Sarkar N., Suzuki Y. и другие (Птицын, 2006).

Автоматизированной идентификации маркировки продукции с использованием специального программного обеспечения посвящены работы Дьяконова В., Абраменковой И.² В работах Черненко В. М., Птицына Н. В. (Черненко & Птицын, 2005) исследуются известные на сегодня методы маркировки, решающие частные задачи и не позволяющие в требуемом объеме и на применяемом производственном оборудовании создавать средства для контроля подлинности и обеспечения достоверности сведений выпускаемой продукции.

Большинство исследователей занимаются моделированием и автоматизацией управления маркировкой продукции, не связанной с отраслями пищевой промышленности. Многие актуальные вопросы совершенствования и автоматизации маркировки изделий пищевых производств до настоящего времени не решены. В частности, не было исследований по важному пищевому продукту - кефиру. Поэтому ключевые задачи связанные с оценкой возможности использования системы технического зрения для автоматического контроля маркировки готовой молочной продукции остаются нерешенными. Также, до настоящего времени не предложено никакой теоретически обоснованной методики автоматизации управления режимами процесса маркировки молочной продукцией с целью оптимизации молочной продукцией с целью оптимизации этого процесса.

² Дьяконов, В., & Абраменкова, И. (2002). *Matlab. Обработка сигналов и изображений: Специальный справочник*. СПб: Питер.

Целью данной работы явилось апробация системы технического зрения для автоматизации контроля качества маркировки готовой молочной продукции, что позволит решить практические задачи по повышению эффективности производства молочной продукции за счет использования интеллектуальных технологий.

Материалы и методы исследования

Объект исследования

Объектом исследования являлась типовая поточная линия производства кефира с использованием оборудования для маркировки ООО «Глобал Принтинг Системс» (Россия) и процессы технического контроля и управления качеством на всех этапах производства этого продукта.

Методы исследования

В работе использованы основные понятия теории алгоритмов, системного анализа, основные положения теории автоматического управления, общие принципы математического моделирования, элементы теории искусственного интеллекта, теория принятия решений, теория вероятностей и математической статистики, теория распознавания образов, методы цифровой обработки изображения, методы системного анализа и математической статистики.

Анализ данных

Вычисления в процессе исследований, численная и графическая обработка результатов производились с применением математического аппарата прикладных программ. Численная и графическая обработка результатов исследований производилась с применением MatLab, Labview, EDEM.

Процедура исследования

Техническое зрение подразумевает распознавание реальных объектов на изображении и определение свойств этих объектов, что позволяет решать

одновременно несколько задач контроля с высокой скоростью, точностью и надежностью.

На первом этапе исследований в соответствии с поставленной целью, была исследована возможность использования технического зрения для распознавания положения и определения пространственного местоположения маркировки на бутылках кефира и передача информации о положении и ориентации маркировки в систему управления или программируемый логический контроллер. На втором этапе работ были проведены исследования по использованию системы технического зрения для инспекции правильности расположения маркировки, ее наличия или отсутствия на бутылке.

Исследования велись по схеме, представленной на Рисунке 1.

С использованием системы технического зрения рассматривалось решение следующих задач маркировки:

Получение и классификация изображений. Отнесение входного изображения к одному из классов. Помимо классификации изображения, сюда же добавлялась возможность локализовать классифицируемый объект.

Детектирование объектов (бутылок кефира). Выделение на входном изображении объектов разных классов. Под выделением понимается размещение объекта на изображении в прямоугольную область.

Обработка полученного изображения и семантическая сегментация. Помимо детектирования объектов разных классов, появляется необходимость их сегментирования, т.е. нужно выделить каждый из объектов разного класса полигоном, закрасив каждый пиксель класса определенным цветом.

Сегментация экземпляров этикеток по полученным данным. Проводится сегментация каждого из экземпляров классов.



Рисунок 1. Общая схема проведения исследований

Результаты и их обсуждение

Для решения поставленных задач, первое, с чего были начаты исследования - это выбор и подготовка системы технического зрения для проведения намеченных работ. Был изучен комплекс устройств, входящих в состав системы технического зрения, и выбран наиболее эффективный для данных исследований набор технических средств.

Основными из них являются: камера, осуществляющая захват изображения, и блок обработки изображения или контроллер. Дополнительными устройствами, но не менее важными, являются оптика, определяющая границы обзора камеры, подсветка, освещающая объект наблюдения, и дисплей, необходимый для отображения информации в реальном времени и для настройки системы. Эти компоненты могут совмещаться. Например, камера может иметь встроенный объектив с автофокусировкой и интеллектуальную подсветку. А контроллер или блок обработки может иметь встроенный дисплей. Таким образом, обеспечивается компактность системы.

В зависимости от функционала и сложности устройства делятся на датчики изображения и системы технического зрения. Первые отличаются простотой в настройке и использовании, а также небольшим набором функций. Вторые предоставляют широкий выбор инструментов для решения большого круга задач и содержат сложное программное обеспечение. Настройка сложных систем может потребовать подключения внешнего компьютера.

В качестве инструментов для проведения исследований в данной работе была использована линейка датчиков технического зрения Xpectia от фирмы Omron, так как она является единственной крупной фирмой занимающийся ими на территории России. Самой высокотехнологичной системой в линейке Omron является Xpectia. Это представитель нового класса систем технического

зрения с распознаванием реальных цветов, с высокой разрешающей способностью, с поддержкой трехмерных и двумерных измерений одновременно, с интуитивно-понятным интерфейсом.

В модельный ряд Xpectia входят контроллеры со встроенным сенсорным экраном или без него, поддерживающие подключение до четырех камер. Имеются монохромные и цветные цифровые камеры с разрешением светочувствительной матрицы от 0,3 Мп (640×480) до 2 Мп (1600×1200), камеры с автозумом (переменным фокусным расстоянием), со встроенным объективом с автофокусировкой и интеллектуальной подсветкой, камеры для трехмерного измерения. В данной работе был использован набор сменных объективов с фокусными расстояниями 5...100 мм и диафрагмами F1,4...F2,8, которые позволяют работать с любой произвольной зоной обзора, а также имеется возможность работать с внешним освещением. Подобно человеческому глазу, Xpectia может распознавать более 16 миллионов цветов и идентифицировать любой объект независимо от его цветовой гаммы, размера или расстояния.

Были проведены исследования по оптимизации производства кефира на поточной линии с помощью одного из решений фирмы Omron Xpectia-Labeling. Суть оптимизации заключается в проверке правильности наклеенной этикетки и считывание штрих кодов с неё для последующего внесения полученных данных в базу. На большинстве пищевых предприятий этой инспекционной работой занимается специальный человек - инспектор, а на некоторых предприятиях такой проверки вообще не существует. Поэтому процент брака по этим параметрам неоправданно велик. С помощью создания блока инспекции на основе использования системы технического зрения в линии производства кефира этот недостаток будет устранен.

Для проведения исследования был разработан блок инспекции качества маркировки, представленный на Рисунке 2, который объединяет в себе

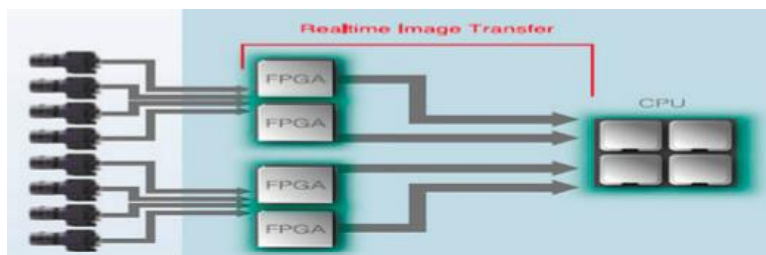


Рисунок 2. Блок инспекции качества маркировки

четыре датчика Omron FZ-SC2M, подключаемых по интерфейсу EtherCAT, и контроллер FZ3-H7xx, который обрабатывает поступающие изображения. Сами датчики обеспечены светодиодной подсветкой, распознаванием более 16 миллионов цветов и возможностью считывания кодов.

Настройка данной системы происходит с помощью программного обеспечения Sysmac Studio Automation (Рисунок 3), которое является собственной разработкой фирмы как STEP7 у Siemens. Отвечая всем общепризнанным параметрам, эта система поддерживает общие стандарты, такие как:

1. Стандартные средства программирования МЭК 61131-3.
2. Стандарт OPC для связи с физическими устройствами.
3. Стандартные сетевые протоколы Ethernet, Modbus, Profibus, CAN и др.
4. Стандартный интерфейс ODBC для доступа к базам данных с языком запросов SQL.
5. Наиболее распространенные операционные системы (Windows XP/CE, Linux).
6. Веб-технологии.
7. Обмен данными с Microsoft Office.

Благодаря данному программному обеспечению мы получаем полную синхронизацию программных продуктов с оборудованием линии производства кефира.

После получения с видеодатчика для считывания Omron FZ-SC2M изображения бутылки с

маркировкой видеочка анализирует это изображение, далее проводит его преобразование и оцифрование. Второй видеодатчик Omron FZ-SC2M служит для обнаружения объекта и проверки присутствия или отсутствия маркировки на бутылке. Третий видеодатчик Omron FZ-SC2M служит для распознавания положения бутылки кефира и поворотной ориентации, контроля размеров наклеенной маркировки и распознавание текста (включая даты истечения срока действия, коды заказа и т.д.). В корпус видеочка встроен блок управления и программное обеспечение.

Блок инспекции качества маркировки включает в себя такие элементы обработки изображения, как:

- а) исправление - фильтр, который преобразует изогнутую поверхность в плоскую;
- б) выправление цилиндра - только для асимметричных объектов;
- в) учет плеч бутылки;
- г) поддержка высокого разрешения;
- д) вращение, масштабирование;
- е) стежка нескольких изображений в одно;
- ж) компенсирование угла поворота бутылки;
- з) OCR/OCV - распознавание символов и текста маркировки;
- и) OCR_PRO+ - улучшенное распознавание символов;
- к) вращение предмета исследования.

Изучение объекта исследования (линии производства бутылок кефира с маркировкой) с последующим объединением изображений на линии

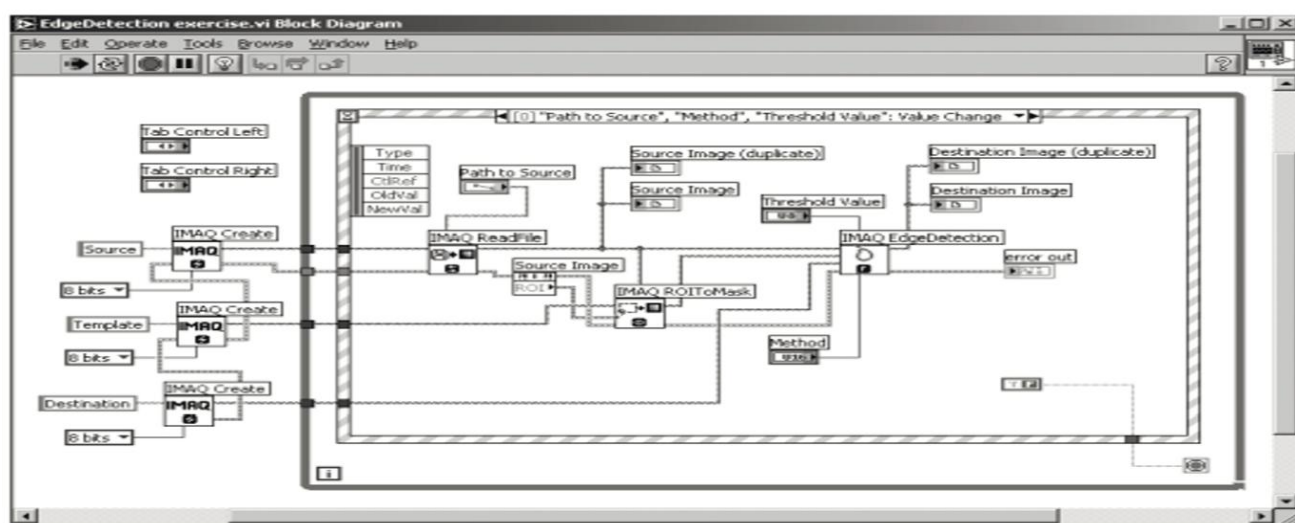


Рисунок 3. Настройка блока инспекции качества маркировки с помощью программного обеспечения Sysmac Studio Automation

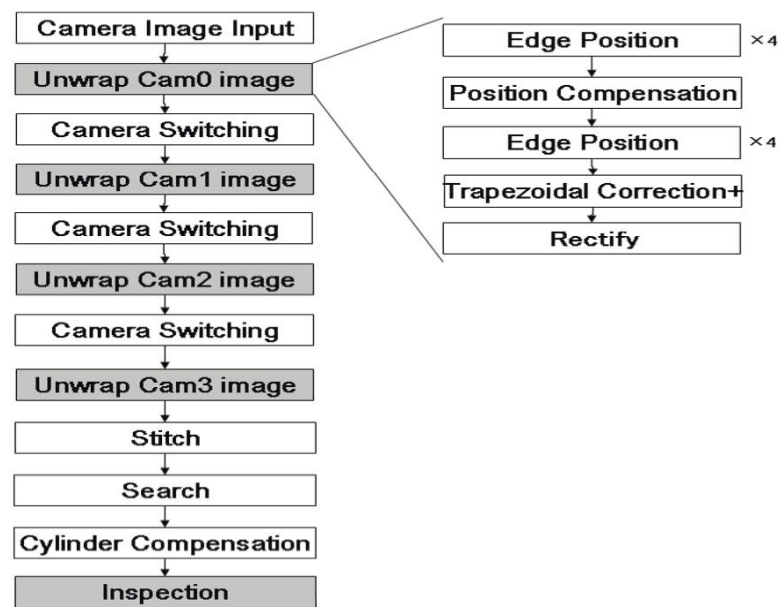


Рисунок 4. Алгоритм изучения объекта с последующим объединением изображений

производства ведется по следующему алгоритму (Рисунок 4):

Видеокамера анализирует изображение и передает информацию в систему управления, которая ее распознает и делает вывод о качестве маркировки, правильности ее положения, формы, цвета. Если на конвейере производства кефира находится бутылка с неправильной маркировкой или качество ее кода не соответствует должному уровню, то это изделие сразу же отбраковывается.

На Рисунке 5 показана линия производства кефира с установленной системой контроля качества

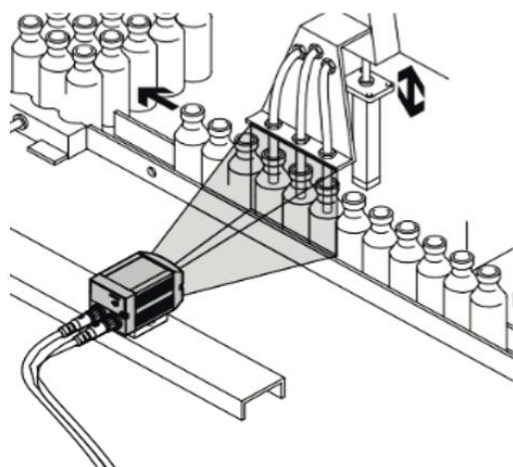


Рисунок 5. Линия производства кефира с установленной системой контроля качества маркировки

ства маркировки. Датчик технического зрения анализирует наличие и правильность расположения маркировки или этикетки и печатных надписей. Датчик технического зрения очень быстро проверяет эти критерии. Если какой-либо из них не соблюден, бутылка отбраковывается.

Для оптимизации получаемого изображения, сглаживания неровностей и его постепенного преобразования в цифровой вид необходимо на исследуемое изображение наложить пиксельную сетку (Рисунок 6).

При этом в первую очередь был осуществлен выбор размера пикселя и область накладывания сетки с установлением всех необходимых параметров (Таблица 1).

Таблица 1

Параметр	Установленное значение (заводское)	Содержание
Размер сетки	0 - 99999	Размер одного блока

Если установка сетки прошла успешно, то выводится развернутое выходное изображение (Рисунок 7).

Следующим пунктом является перевод цилиндрической формы бутылки в плоскую (Рисунок 8). Достигается это с помощью оценки пограничными

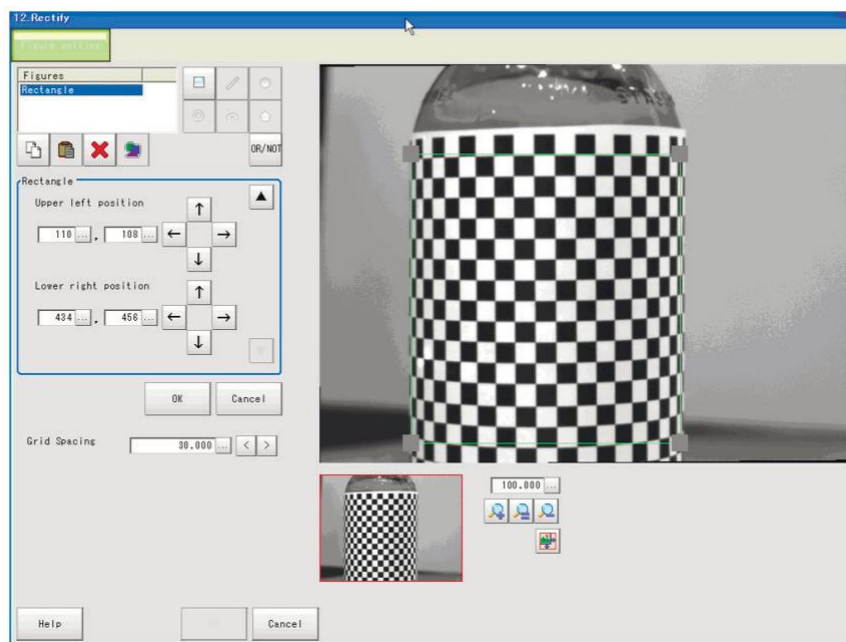


Рисунок 6. Оптимизация исследуемого изображения

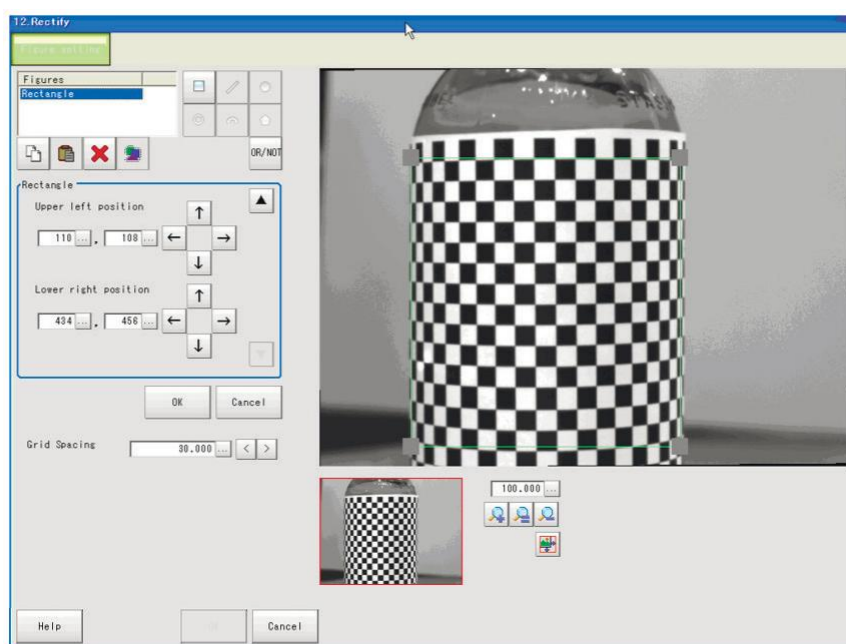


Рисунок 7. Развернутое выходное изображение сетки

камерами высоты и угла исходного изображения. Эти координаты могут быть получены по следующим параметрам:

- положение оси вращения входного изображения;
- положение камеры (расстояние, начальная высота).

При данном преобразовании мы получаем 2D изображение, идеально подходящее для исследования наличия погрешностей и дефектов на поверхности бутылки. Далее мы наносим распределительную сетку и регулируем изображение (Рисунок 9). С помощью этого мы можем избежать ошибок из-за цилиндрической формы объекта, а также привести изображение к общему масштабу.

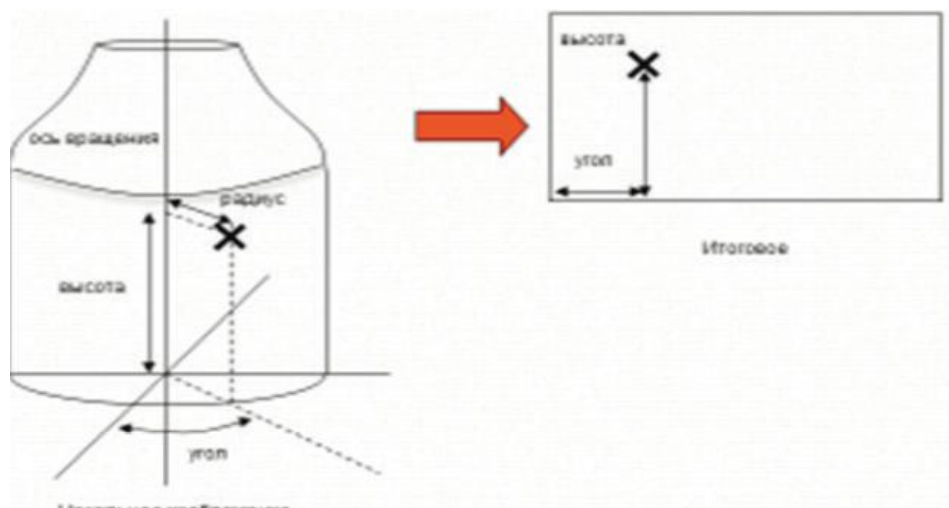


Рисунок 8. Перевод цилиндрической формы бутылки в плоскую

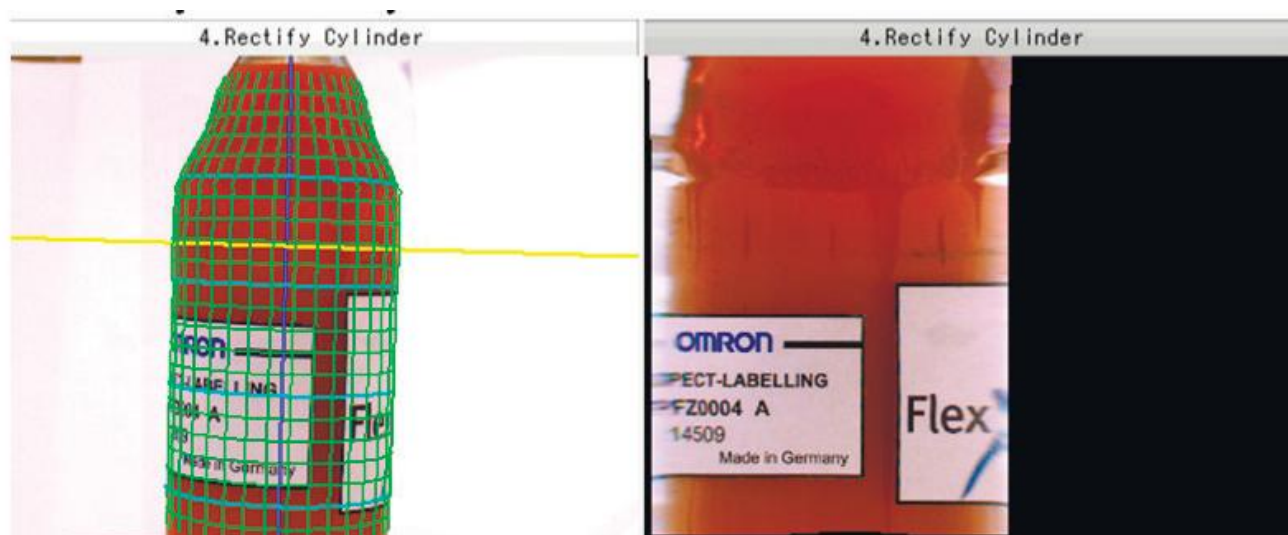


Рисунок 9. Исследование наличия погрешностей и дефектов на поверхности бутылки

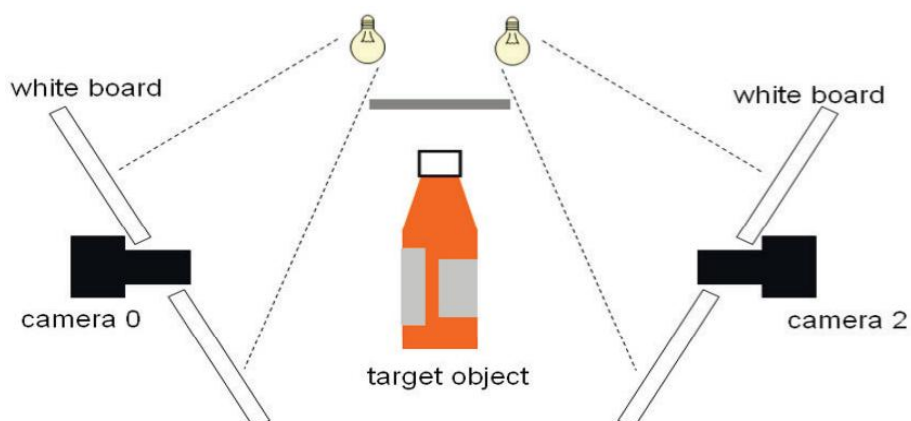


Рисунок 10. Пример расположения видеодатчиков в линии производства кефира

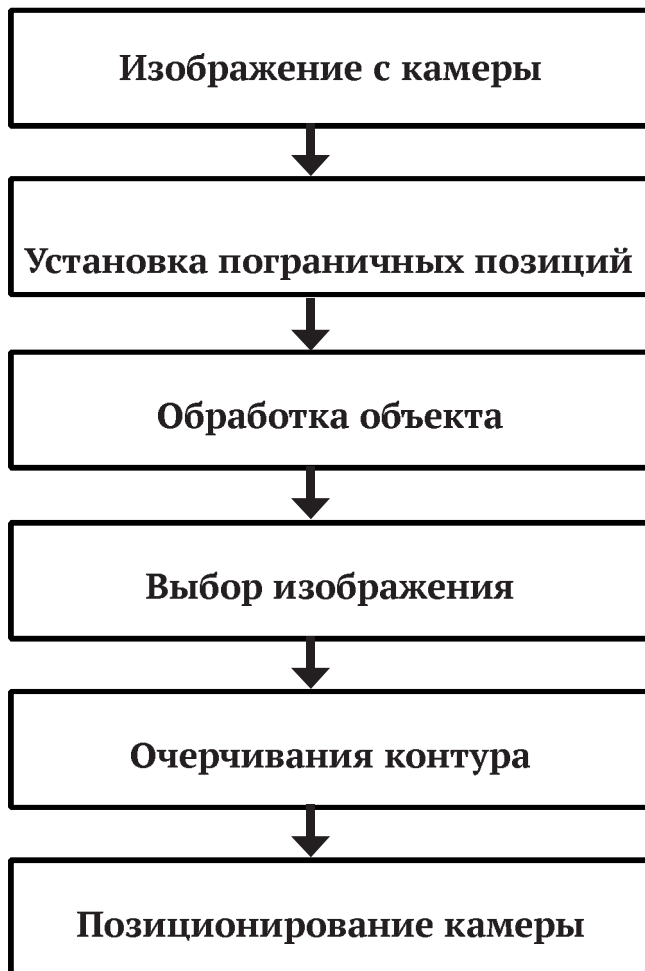


Рисунок 11. Блок схема алгоритма обработка изображения

При этом важное значение имеет расположение датчиков. При сканировании объекта нашей системой необходимо расположить датчики так чтобы фон был однородным.

Один из примеров расположения видеодатчиков в линии производства кефира представлена Рисунке 10:

Для каждой камеры нужно установить левый и правый край сканирования, а также выбрать блок обработки для обеих сторон. Таким образом происходит первичная обработка изображения. На Рисунке 11 представлена блок схема алгоритма обработка изображения.

Были проведены опыты для установления оптимального расстояния от видеокамеры до исследуемого объекта (Рисунок 12).

После установки данных параметров полученные данные были использованы для оценки результата использования системы технического зрения при контроле качества маркировки готовой молочной продукции.

Результаты и их обсуждение

Обязательная маркировка молочной продукции началась только в 2021 году. Эта новая область, позволяющая сократить нелегальный оборот товаров в России и ЕАЭС. Обзор изученности проблемы показал, что в настоящее время пищевые предприятия только университета начали внедрять оборудование для маркировки. И связи с пищевыми предприятиями позволили нам выявить возникающие при этом проблемы. В данной статье показано, каким образом авторы предлагают решать возникающие при маркировке молочной продукции проблемы.

В результате проведенных исследований разработана система автоматизации контроля нанесения маркировки на изделия молочной промышленности, которая позволяет автоматически прямо на линии производства кефира провести инспекцию качества маркировки и механическую отбраковку продукции с нечитаемой этикеткой.

Представлена общая схема проведения исследований. Разработан блок инспекции качества маркировки, представлен его состав и показаны функциональные возможности блока. Разработано необходимое программное обеспечение данного блока.

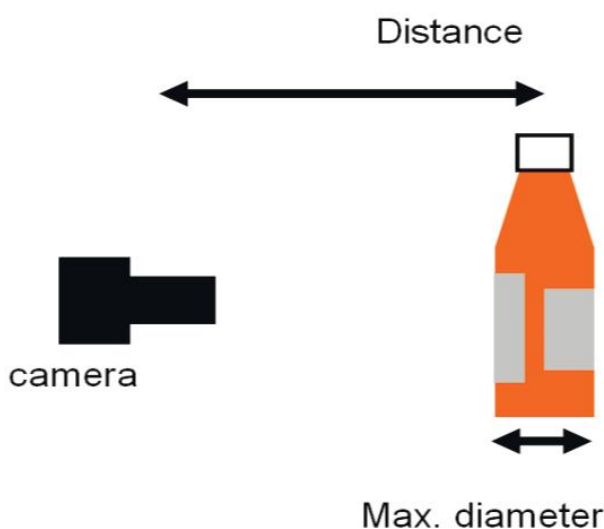


Рисунок 12. Исследования по установлению оптимального расстояния от видеокамеры до исследуемого объекта

Проведен анализ возможности использования системы технического зрения для автоматической инспекции качества маркировки на бутылках кефира в процессе производства. Разработаны варианты оптимизации получаемого изображения объектов исследования, сглаживания их неровностей и постепенное преобразование сигналов от видеокамер в цифровой вид.

Приведен пример расположения видеодатчиков в линии производства кефира. Разработана блок-схема алгоритма обработки получаемых изображений.

Разработан алгоритм работы системы контроля качества маркировки, который дает возможность использовать данную разработку для других линий производства напитков.

Выводы

Таким образом, в статье рассмотрены и проанализированы существующие методы и средства маркировки. Показаны достоинства и недостатки существующих систем контроля. Проведенные исследования позволили проанализировать возможность использования систем технического зрения для автоматизации контроля качества маркировки молочной продукции. Представлена общая схема проведенных исследований. Были рассмотрены способы решения системой технического зрения следующих важных для автоматизации контроля качества маркировки задач: получение и классификация изображений, детектирование объектов (бутылок кефира); обработка полученного изображения и семантическая сегментация; сегментация экземпляров этикеток по полученным данным. Проведенные исследования позволили сделать вывод о перспективности использования для этих целей системы технического зрения. Предложен состав системы технического зрения. Выбран наиболее эффективный для решения поставленных задач алгоритм обработки полученного изображения. Представлен оптимальный тип камеры для решения поставленных задач. Дана характеристика разработанной системы автоматического контроля качества маркировки с указанием времени выдержки и времени проверки после трансформирования изображения. Представлены различные уровни изображения и рассмотрено их влияние на качество получаемого результата. Используя выбранный алгоритм, были проведены экспериментальные исследования по сканированию объекта системой технического зрения. Осуществлен выбор оптимального расположения видеодатчиков.

Разработан блок обработки входного изображения и сканирования пограничных установок для обеих сторон объекта сканирования. В результате проведенных исследований в статье делается вывод о перспективности внедрения цифровой системы автоматического контроля качества маркировки молочной продукции на базе использования системы технического зрения.

Литература

- Андреева, Л. В. (2019). Правовое регулирование маркировки товаров средствами идентификации в электронной форме. *Юрист*, 3, 20-27. <https://doi.org/10.18572/1812-3929-2019-3-20-27>
- Архипов, П. О. (2003). *Исследование методов и средств автоматизации процесса маркировки информации в производственном документообороте* [Кандидатская диссертация, Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева]. Орел, Россия.
- Астафьев, А. В. (2015). *Методы и алгоритмы локализации изображений маркировки промышленных изделий на основе рекуррентного поиска усредненного максимума* [Кандидатская диссертация, Новосибирский государственный технический университет]. Новосибирск, Россия.
- Балыхин, М. Г., Благовещенская, М. М., Благовещенский, И. Г., Макаровская, З. В., & Назойкин, Е. А. (2019). Автоматизация вакуумной сублимационной сушки продукции с использованием метода комбинированного управления. *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*, 2, 133-137.
- Балыхин, М. Г., Борзов, А. Б., & Благовещенский, И. Г. (2017). Архитектура и основная концепция создания интеллектуальной экспертной системы контроля качества пищевой продукции. *Пищевая промышленность*, 11, 60-63.
- Балыхин, М. Г., Борзов, А. Б., & Благовещенский, И. Г. (2017). *Методологические основы создания экспертных систем контроля и прогнозирования качества пищевой продукции с использованием интеллектуальных технологий*. М.: Франтера.
- Безруков, В. И. (2003). *Научно-технические основы и аппаратное обеспечение автоматизированной электрокапеструйной маркировки изделий* [Кандидатская диссертация, Санкт-Петербургский государственный политехнический университет]. СПб., Россия.
- Благовещенская, М. М. (2009). *Основы стабилизации процессов приготовления многокомпонентных пищевых масс*. М.: Франтера.

- Благовещенская, М. М., & Злобин, Л. А. (2005). *Информационные технологии систем управления технологическими процессами*. М.: Высшая школа.
- Благовещенский, В. Г., Благовещенский, И. Г., Назойкин, Е. А., & Носенко, А. С. (2016). Автоматизация процесса очистки семян подсолнечника при производстве халвы. В *Автоматизация и управление технологическими и бизнес-процессами в пищевой промышленности: Сборник научных докладов II Международной научно-практической конференции* (с. 58-62). М.: Московский государственный университет пищевых производств.
- Благовещенский, В. Г., Благовещенский, И. Г., Назойкин, Е. А., & Савельев, В. О. (2016). Разработка структурно-параметрической модели процесса приготовления помадного сиропа при производстве халвы. В *Автоматизация и управление технологическими и бизнес-процессами в пищевой промышленности: Сборник научных докладов II Международной научно-практической конференции* (с. 86-91). М.: Московский государственный университет пищевых производств.
- Благовещенский, В. Г., & Никитушкина, М. Ю. (2017). Автоматизация процесса приготовления помадного сиропа. В *Развитие пищевой и перерабатывающей промышленности России: Кадры и наука: Научная конференция с международным участием* (с. 202-205). М.: Московский государственный университет пищевых производств.
- Благовещенский, В. Г., Крылова, Л. А., & Максимов А.С. (2017). Разработка программно-аппаратного комплекса мониторинга производства халвы. В *Развитие пищевой и перерабатывающей промышленности России: Кадры и наука: Научная конференция с международным участием* (с. 196-199). М.: Московский государственный университет пищевых производств.
- Благовещенский, И. Г. (2017). *Автоматизированная экспертная система контроля в потоке показателей качества помадных конфет с использованием нейросетевых технологий и систем компьютерного зрения*. М.: Франтера.
- Благовещенский, И. Г., Макаровская, З. В., Благовещенская, М. М., Чувахин, С. В., & Митин, В. В. (2019). Использование цифровой видеокамеры в качестве интеллектуального датчика системы автоматического регулирования процесса формирования гранулированных пищевых масс. В *Интеллектуальные системы и технологии в отраслях пищевой промышленности: Сборник материалов конференции* (с. 71-75). М.: Московский государственный университет пищевых производств.
- Благовещенский, И. Г., & Носенко, С. М. (2015). Экспертная интеллектуальная система мониторинга процесса формирования помадных конфет с использованием системы технического зрения. *Пищевая промышленность*, 6, 32-36.
- Гарев, К. В., Благовещенский, И. Г., Назойкин, Е. А., Благовещенский, В. Г., & Макаровская, З. В. (2019). Использование технического зрения в качестве инновационного решения в системах «умного дома». В *Интеллектуальные системы и технологии в отраслях пищевой промышленности: Сборник материалов конференции* (с. 47-52). М.: Московский государственный университет пищевых производств.
- Гончаров, К. А., Благовещенский И.Г., Назойкин Е. А., Благовещенский В.Г., Макаровская З.В. (2019.). Использование библиотеки OPENCV для работы с техническим зрением. В *Интеллектуальные системы и технологии в отраслях пищевой промышленности: Сборник материалов конференции* (с. 53-60). М.: Московский государственный университет пищевых производств.
- Жмакин, М. О. (2011). *Математическое моделирование средств маркировки и идентификации полиграфической продукции с использованием стеганографии* [Кандидатская диссертация, Московский инженерно-физический институт]. М., Россия.
- Золотухин, М. (1998). Защита от подделки - старая проблема, новые решения. *КомпьютерПресс*, 6, 294-296.
- Карелина, Е. Б., Благовещенская, М. М., Благовещенский, В. Г., Клехо, Д. Ю., & Благовещенский, И. Г. (2019). Интеграция адаптивного управления в технологические процессы пищевой отрасли. В *Интеллектуальные системы и технологии в отраслях пищевой промышленности: Сборник материалов конференции* (с. 81-89). М.: Московский государственный университет пищевых производств.
- Карякин, Ю. Д. (2000). *Компьютерные технологии защиты материальных объектов от подделки. Компьютерная и информационная безопасность*. Минск: АРИЛ.
- Крылова, Л. А., Благовещенский, В. Г., & Татарinov, А. В. (2017). Разработка интеллектуальных аппаратно-программных комплексов мониторинга процессов сепарирования дисперсных пищевых масс на основе интеллектуальных технологий. В *Развитие пищевой и перерабатывающей промышленности России: Кадры и наука: Научная конференция с международным участием* (с. 199-201). М.: Московский государственный университет пищевых производств.
- Мартиросова, Е. (1998). Уникальные технологии и оборудование для защиты документов от подделок. *Полиграфия*, 5, 64-66.
- Одинокоев, С. Б. (2011). *Разработка методов и оптико-электронных приборов автоматического контроля подлинности защитных голограмм со*

- скрытыми изображениями [Докторская диссертация, Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана]. М., Россия.
- Петров, А. Ю., Благовещенская, М. М., Благовещенский, В. Г., Ионов, А. В., & Благовещенский, И. Г. (2019). Главные принципы при построении системы компьютерного зрения в хлебопекарной промышленности. В *Интеллектуальные системы и технологии в отраслях пищевой промышленности: Сборник материалов конференции* (с. 121-126). М.: Московский государственный университет пищевых производств.
- Петряков, А. Н., Благовещенская, М. М., Благовещенский, В. Г., Митин, В. В., & Благовещенский, И. Г. (2019). Повышение качества идентификации и позиционирования объекта на цифровых стерео изображениях при помощи алгоритмов построения карты глубины. В *Интеллектуальные системы и технологии в отраслях пищевой промышленности: Сборник материалов конференции* (с. 133-138). М.: Московский государственный университет пищевых производств.
- Поднебесных, В. А., & Мамонова, Н. В. (2020). Кефир - эликсир здоровья. *Юный ученый*, 1, 25-29.
- Провоторов, А. В. (2014). *Алгоритмы двухуровневого управления видеодатчиками системы автоматической идентификации маркировки слябов* [Кандидатская диссертация, Орловский государственный университет]. Орел, Россия.
- Птицын, Н. В. (2006). *Алгоритмический метод защиты и идентификации маркированных печатных документов* [Кандидатская диссертация, Московский инженерно-физический институт]. М., Россия.
- Рябов, А. И., & Штерензон, В. А. (2021). Автоматизированная система учета готовой маркированной продукции. *Инновации. Наука. Образование*, 38, 605-617.
- Савостин, С. Д., Благовещенская, М. М., & Благовещенский, И. Г. (2016). *Автоматизация контроля показателей качества муки в процессе размола с использованием интеллектуальных технологий*. М.: Франтера.
- Сергеев, И. В. (2020). Возрастание роли цифровой маркировки для обеспечения прослеживаемости цепей поставок. *Логистика*, 4, 24-30.
- Тихонова, О. Ю., & Котова, Т. В. (2020). Маркировка пищевой продукции, как фактор обоснованного выбора. В *Актуальные проблемы науки и техники: Сборник трудов по материалам II Международного конкурса научно-исследовательских работ* (с. 20-29). Уфа: Уфимский государственный нефтяной технический университет.
- Хамед, Э. М. Т., Благовещенский, И. Г., Благовещенский, В. Г., & Зубов, Д. В. (2020). Контроль качества маркировки пищевых продуктов с использованием интеллектуальных технологий. *Health, Food & Biotechnology*, 2(1), 112-127. <https://doi.org/10.36107/hfb.2020.i1.s295>
- Черненко, В. М., & Птицын, Н. В. (2005). Гибридной метод непараметрической нечёткой классификации в распознавании образов. *Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Приборостроение*, 3, 49-58.
- Чернов, Т. С. (2018). *Математические модели и алгоритмы оценки качества изображений в системах оптического распознавания* [Кандидатская диссертация, Московский инженерно-физический институт]. М., Россия.
- Anagnostopoulos, C. N., Loumos, V., & Kayafas, E. A. (2009). License plate recognition algorithm for Intelligent Transport applications. *Institute of Electrical and Electronics Engineers Transaction on Intelligent Transport Systems*, 7(3), 377-392. <https://doi.org/10.1109/TITS.2006.880641>
- Aluze, D., Merienne, F., Dumont, C., & Gorria, P. (2002). Vision system for defect imaging, detection, and characterization on a specular surface of a 3D object. *Image Vision Comput*, 20(8), 569-580. [https://doi.org/10.1016/S0262-8856\(02\)00046-X](https://doi.org/10.1016/S0262-8856(02)00046-X)
- Angella, F., Reithler, L., & Gallesio, F. (2007). Optimal Deployment of Cameras for Video Surveillance Systems / F. Angella, L. Reithler, F. Gallesio. In *Institute of Electrical and Electronics Engineers: Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance* (Article 9824583). London, UK.
- Bien, Z., Oh, S.-R., & Won, J. (2009). Development of a well structured industrial vision system. In *Proceedings of 16th annual Institute of Electrical and Electronics Engineers conference of the industrial electronics society* (pp. 501-506). London, UK. <https://doi.org/10.1109/IECON.1990.149191>
- Chen, I.-H., & Wang, S. J. (2006). Efficient vision-based calibration for visual surveillance systems with multiple PTZ cameras. In *Institute of Electrical and Electronics Engineers Intel conference on computer vision systems*. <https://doi.org/10.1109/ICVS.2006.22>
- Nikolskaya, E. Yu., Pasko, O. V., Anikina, E. N., Dekhtyar, G. M., & Lebedev, K. A. (2019). The hotel sector as an important component of regional economic infrastructure. *Journal of Environmental Management and Tourism*, 9(6), 1178-1182. [https://doi.org/10.14505/jemt.v9.6\(30\).06](https://doi.org/10.14505/jemt.v9.6(30).06)
- Pasco, O., Suvorova, I. N., Suvorov, O. A., & Krylova, L. A. (2018). Key options of ecological hospitality development. In *5th International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences and Arts SGEM 2018* (pp. 473-478). Moscow: Moscow State University of Food Production. <https://doi.org/10.5593/sgemsocial2018/1.4/S04.061>

Assessment of the Possibility of Using the System Technical Vision for Marking Control Finished Dairy Products

Maxim Yu. Muzyka

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: muzyka@mgupp.ru*

Margarita M. Blagoveshchenskaya

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: mmb@mgupp.ru*

Ivan G. Blagoveshchensky

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: igblagov@mgupp.ru*

Alexander M. Adnodvortsev

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: adnodvortsev@yandex.ru*

Vladislav G. Blagoveshchensky

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: bvg1996@mail.ru*

Alexey V. Buneev

*Omron Electronics LLC
26, Pravdi str., Moscow, 125040, Russian Federation
E-mail: alexey.buneev@eu.omron.com*

In modern production processes, the labor intensity of marking operations is a significant share. Practically, the entire range of food products is subject to labeling. The article emphasizes the ever-growing complexity of quality control of manufactured food products and their multiple falsification. Existing methods and means of marking are considered and analyzed. The advantages and disadvantages of existing systems are shown. The article analyzes the possibility of using vision systems to automate the quality control of dairy products labeling. The general scheme of research is given. The solution of the following tasks by the technical vision system was considered: obtaining and classifying images, detecting objects (bottles of kefir); processing of the received image and semantic segmentation; segmentation of etiquette instances according to the received data. The conducted studies allowed us to conclude that it is promising to use a vision system for these purposes. The composition of the technical vision system is presented. The most effective algorithm for processing the resulting image for solving the tasks was chosen. The optimal type of camera is proposed, the characteristics of the developed system for automatic quality control of marking are given, indicating the exposure time and the verification time after image transformation. Various image levels are presented and their influence on the quality of the result obtained is considered. Using the selected algorithm, experimental studies were carried out on scanning an object with a vision system. the choice of the optimal location of the video sensors was made. A block for processing the input image and scanning boundary settings for both sides of the scanned object has

been developed. As a result of the research, the article concludes that it is promising to introduce a digital system for automatic quality control of dairy products labeling based on the use of a vision system.

Key words: labeling, finished dairy products, quality control automation, vision system

References

- Andreeva, L. V. (2019). Pravovoe regulirovanie markirovki tovarov sredstvami identifikatsii v elektronnoy forme [Legal regulation of marking of goods by means of identification in electronic form]. *Yurist [Lawyer]*, 3, 20-27. <https://doi.org/10.18572/1812-3929-2019-3-20-27>
- Arkhipov, P. O. (2003). *Issledovanie metodov i sredstv avtomatizatsii protsessa marki-rovki informat-sii v proizvodstvennom dokumentooborote* [Research of methods and means of automation of the process of marking information in the production workflow] [Candidate Dissertation, Orlovskii gosudarstvennyi universitet imeni I. S. Turgeneva]. Orel, Russia.
- Astaf'ev, A. V. (2015). *Metody i algoritmy lokalizatsii izobrazhenii markirovki pro-myshlennykh izdelii na osnove rekurrentnogo poiska usrednen-nogo maksimuma* [Methods and algorithms for localization of industrial product labeling images based on recurrent average maximum search] [Candidate Dissertation, Novosibirskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet]. Novosibirsk, Russia.
- Balykhin, M. G., Blagoveshchenskaya, M. M., Blagoveshchenskii, I. G., Makarovskaya, Z. V., & Nazoikin, E. A. (2019). Avtomatizatsiya vakuumnoi sublimatsionnoi sushki pro-duktsii s ispol'zovaniem metoda kombinirovannogo upravleniya [Automation of vacuum freeze drying of products using the combined control method]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Tekhnologiya tekstil'noi promyshlennosti* [News of Higher Educational Institutions. Textile Industry Technology], 2, 133-137.
- Balykhin, M. G., Borzov, A. B., & Blagoveshchenskii, I. G. (2017). Arkhitektura i osnovnaya kontseptsiya sozdaniya intellektual'noi ekspertnoi sistemy kontrolya kachestva pi-shchevoi produkt-sii [Architecture and the basic concept of creating an intelligent expert food quality control system]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Industry], 11, 60-63.
- Balykhin, M. G., Borzov, A. B., & Blagoveshchenskii, I. G. (2017). *Metodologicheskie osnovy sozdaniya ekspertnykh sistem kontrolya i prognozirovaniya kachestva pishchevoi pro-duktsii s ispol'zovaniem intellektual'nykh tekhnologii* [Methodological foundations for the creation of expert systems for monitoring and forecasting the quality of food products using intelligent technologies]. Moscow: Frantera.
- Bezrukov, V. I. (2003). *Nauchno-tekhicheskie osnovy i apparatnoe obespechenie avtomati-zirovan-noi elektrokaplestruinoi markirovki izdelii* [Scientific and technical bases and hardware of automated electroplating marking of products] [Candidate Dissertation, S-Petersburg gosudarstvennyi politekhnicheskii universitet]. S-Petersburg, Russia.
- Blagoveshchenskaya, M. M. (2009). *Osnovy stabilizatsii protsessov prigotovleniya mnogokom-ponentnykh pishchevykh mass* [Fundamentals of stabilization of the processes of preparation of multicomponent food masses]. Moscow: Frantera.
- Blagoveshchenskaya, M. M., & Zlobin, L. A. (2005). *Informatsionnye tekhnologii sistem upravleniya tekhnologicheskimi protsessami* [Information technologies of process control systems]. Moscow: Vysshaya shkola.
- Blagoveshchenskii, I. G. (2017). *Avtomatizirovannaya ekspertnaya sistema kontrolya v po-toke pokazatelei kachestva pomadnykh konfet s ispol'zovaniem neirosetevykh tekhnologii i sistem komp'yuternogo zreniya* [Automated expert control system in the flow of indicators of the quality of fondant candies using neural network technologies and computer vision systems]. Moscow: Frantera.
- Blagoveshchenskii, I. G., & Nosenko, S. M. (2015). *Ekspertnaya intellektual'naya sistema monitoringa protsessa formovaniya pomadnykh konfet s ispol'zovaniem sistemy tekhnicheskogo zreniya* [Expert intelligent system for monitoring the process of forming fondant candies using a vision system]. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food Industry], 6, 32-36.
- Blagoveshchenskii, I. G., Makarovskaya, Z. V., Blagoveshchenskaya, M. M., Chuvakhin, S. V., & Mitin, V. V. (2019). Ispol'zovanie tsifrovoy videokamery v kachestve intellektual'nogo datchika sistemy avtomaticheskogo regulirovaniya protsessa formovaniya granulirovannykh pishchevykh mass [The use of a digital video camera as an intelligent sensor of the automatic control system for the molding process of granular food masses]. In *Intellektual'nye sistemy i tekhnologii v otraslyakh pishchevoi promyshlennosti: Sbornik materialov konferentsii* [Intelligent systems and technologies in the food industry: A collection of conference materials] (pp. 71-75). Moscow: Moskovskii gosudarstvennyi universitet pishchevykh proizvodstv.
- Blagoveshchenskii, V. G., & Nikitushkina, M. Yu. (2017). Avtomatizatsiya protsessa prigotovleniya

- pomadnogo siropa [Automation of the process of making fondant syrup]. In *Razvitie pishchevoi i pererabatyvayushchei promyshlennosti Rossii: Kadry i nauka: Nauchnaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem* [Development of the food and processing industry in Russia: Personnel and Science: Scientific conference with international participation] (pp. 202-205). Moscow: Moskovskii gosudarstvennyi universitet pishchevykh proizvodstv.
- Blagoveshchenskii, V. G., Blagoveshchenskii, I. G., Nazoikin, E. A., & Nosenko, A. S. (2016). Avtomatizatsiya protsessa ochistki semyan podsolnechnika pri proizvodstve khalvy [Automation of the sunflower seed cleaning process in the production of halva]. In *Avtomatizatsiya i upravlenie tekhnologicheskimi i biznes-protsessami v pishchevoi promyshlennosti: Sbornik nauchnykh dokladov II Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Automation and management of technological and business processes in the food industry: Collection of scientific reports of the 2nd International Scientific and Practical Conference] (pp. 58-62). Moscow: Moskovskii gosudarstvennyi universitet pishchevykh proizvodstv.
- Blagoveshchenskii, V. G., Blagoveshchenskii, I. G., Nazoikin, E. A., & Savel'ev, V. O. (2016). Razrabotka strukturno-parametricheskoi modeli protsessa prigotovleniya pomadno-go siropa pri proizvodstve khalvy [Development of a structural-parametric model of the process of making fondant syrup in the production of halva]. In *Avtomatizatsiya i upravlenie tekhnologicheskimi i biznes-protsessami v pishchevoi promyshlennosti: Sbornik nauchnykh dokladov II Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Automation and management of technological and business processes in the food industry: Collection of scientific reports of the 2nd International Scientific and Practical Conference] (pp. 86-91). Moscow: Moskovskii gosudarstvennyi universitet pishchevykh proizvodstv.
- Blagoveshchenskii, V. G., Krylova, L. A., & Maksimov A. S. (2017). Razrabotka programmno-apparatnogo kompleksa monitoringa proizvodstva khalvy [Development of a hardware and software complex for monitoring halva production]. In *Razvitie pishchevoi i pererabatyvayushchei promyshlennosti Rossii: Kadry i nauka: Nauchnaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem* [Development of the food and processing industry in Russia: Personnel and Science: Scientific conference with international participation] (pp. 196-199). Moscow: Moskovskii gosudarstvennyi universitet pishchevykh proizvodstv.
- Chernen'kii, V. M., & Ptitsyn, N. V. (2005). Gibridnoi metod neparametricheskoi nechet-koi klassifikatsii v raspoznavanii obrazov [Hybrid method of nonparametric fuzzy classification in pattern recognition]. *Vestnik MGTU im. N. E. Baumana. Priborostroenie* [Bulletin of the Bauman Moscow State Technical University. Instrumentation], 3, 49-58.
- Chernov, T. S. (2018). *Matematicheskie modeli i algoritmy otsenki kachestva izobrazhenii v sistemakh opticheskogo raspoznavaniya* [Mathematical models and algorithms for image quality assessment in optical recognition systems] [Candidate Dissertation, Moskovskii inzhenerno-fizicheskii institut]. Moscow, Russia.
- Garev, K. V., Blagoveshchenskii, I. G., Nazoikin, E. A., Blagoveshchenskii, V. G., & Makarov-skaya, Z. V. (2019). Ispol'zovanie tekhnicheskogo zreniya v kachestve innovatsionnogo resheniya v sistemakh "umnogo doma" [Using technical vision as an innovative solution in smart "home systems"]. In *Intellektual'nye sistemy i tekhnologii v otraslyakh pishchevoi promyshlennosti: Sbornik materialov konferentsii* [Intelligent systems and technologies in the food industry: A collection of conference materials] (pp. 47-52). Moscow: Moskovskii gosudarstvennyi universitet pishchevykh proizvodstv.
- Goncharov, K. A., Blagoveshchenskii, I. G., Nazoikin, E. A., Blagoveshchenskii, V. G., & Makarov-skaya, Z. V. (2019). Ispol'zovanie biblioteki OPENCV dlya raboty s tekhnicheskimi zreniyami [Using the OPENCV library to work with technical vision]. In *Intellektual'nye sistemy i tekhnologii v otraslyakh pishchevoi promyshlennosti: Sbornik materialov konferentsii* [Intelligent systems and technologies in the food industry: A collection of conference materials] (pp. 53-60). Moscow: Moskovskii gosudarstvennyi universitet pishchevykh proizvodstv.
- Karelina, E. B., Blagoveshchenskaya, M. M., Blagoveshchenskii, V. G., Klekho, D. Yu., & Blagoveshchenskii, I. G. (2019). Integratsiya adaptivnogo upravleniya v tekhnologicheskie protsessy pishchevoi otrasli [Integration of adaptive management into technological processes of the food industry]. In *Intellektual'nye sistemy i tekhnologii v otraslyakh pishchevoi promyshlennosti: Sbornik materialov konferentsii* [Intelligent systems and technologies in the food industry: A collection of conference materials] (pp. 81-89). Moscow: Moskovskii gosudarstvennyi universitet pishchevykh proizvodstv.
- Karyakin, Yu. D. (2000). *Komp'yuternye tekhnologii zashchity material'nykh ob'ektov ot poddelki. Komp'yuternaya i informatsionnaya bezopasnost'* [Computer technologies for the protection of material objects from forgery. Computer and information security]. Minsk: ARIL.
- Khamed, E. M. T., Blagoveshchenskii, I. G., Blagoveshchenskii, V. G., & Zubov, D. V. (2020). Kontrol' kachestva markirovki pishchevykh produktov s

- ispol'zovaniem intellektual'nykh tekhnologii [Quality control of food labeling using intelligent technologies]. *Health, Food & Biotechnology*, 2(1), 112-127. <https://doi.org/10.36107/hfb.2020.i1.s295>
- Krylova, L. A., Blagoveshchenskii, V. G., & Tatarinov, A. V. (2017). Razrabotka intellektual'nykh apparatno-programmnykh kompleksov monitoringa protsessov separirovaniya dispersnykh pishchevykh mass na osnove intellektual'nykh tekhnologii [Development of intelligent hardware and software systems for monitoring the processes of separation of dispersed food masses based on intelligent technologies]. In *Razvitiye pishchevoi i pererabatyvayushchei promyshlennosti Rossii: Kadry i nauka: Na-uchnaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem* [Development of the food and processing industry in Russia: Personnel and Science: Scientific conference with international participation] (pp. 199-201). Moscow: Moskovskii gosudarstvennyi universitet pishchevykh proizvodstv.
- Martirosova, E. (1998). Unikal'nye tekhnologii i oborudovanie dlya zashchity dokumentov ot poddelok [Unique technologies and equipment to protect documents from forgery]. *Poligrafiya* [Polygraphy], 5, 64-66.
- Odinokov, S. B. (2011). *Razrabotka metodov i optiko-elektronnykh priborov avtomaticheskogo kontrolya podlinnosti zashchitnykh hologramm so skrytymi izobrazheniyami* [Development of methods and optoelectronic devices for automatic verification of the authenticity of protective holograms with hidden images] [Doctoral Dissertation, Moskovskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet im. N. E. Bauman]. Moscow, Russia.
- Petrov, A. Yu., Blagoveshchenskaya, M. M., Blagoveshchenskii, V. G., Ionov, A. V., & Blagoveshchenskii, I. G. (2019). Glavnye printsipy pri postroenii sistemy komp'yuternogo zreniya v khlebopekarnoi promyshlennosti [The main principles in the construction of a computer vision system in the bakery industry]. In *Intellektual'nye sistemy i tekhnologii v otraslyakh pishchevoi promyshlennosti: Sbornik materialov konferentsii* [Intelligent systems and technologies in the food industry: A collection of conference materials] (pp. 121-126). Moscow: Moskovskii gosudarstvennyi universitet pishchevykh proizvodstv.
- Petryakov, A. N., Blagoveshchenskaya, M. M., Blagoveshchenskii, V. G., Mitin, V. V., & Blagoveshchenskii, I. G. (2019). Povyshenie kachestva identifikatsii i pozitsionirovaniya ob'ekta na tsifrovyykh stereo izobrazheniyakh pri pomoshchi algoritmov postroeniya karty glubiny [Improving the quality of object identification and positioning on digital stereo images using depth map algorithms]. In *Intellektual'nye sistemy i tekhnologii v otraslyakh pishchevoi promyshlennosti: Sbornik materialov konferentsii* [Intelligent systems and technologies in the food industry: A collection of conference materials] (pp. 133-138). Moscow: Moskovskii gosudarstvennyi universitet pishchevykh proizvodstv.
- Podnebesnykh, V. A., & Mamonova, N. V. (2020). Kefir - eliksir zdorov'ya [Kefir is an elixir of health]. *Yunyi uchenyi* [Young Scientist], 1, 25-29.
- Provotorov, A. V. (2014). *Algoritmy dvukhurovnevo-go upravleniya videodatchikami sistemy avtomaticheskoi identifikatsii markirovki slyabov* [Algorithms of two-level control of video sensors of the system of automatic identification of slabs marking] [Candidate Dissertation, Orlovskii gosudarstvennyi universitet]. Orel, Russia.
- Ptitsyn, N. V. (2006). *Algoritmicheskii metod zashchity i identifikatsii markirovannykh pechatnykh dokumentov* [Algorithmic method of protection and identification of marked printed documents] [Candidate Dissertation, Moskovskii inzhenerno-fizicheskii institut]. Moscow, Russia.
- Ryabov, A. I., & Shterenzon, V. A. (2021). Avtomatizirovannaya sistema ucheta gotovoi markirovannoi produktsii [Automated accounting system for finished labeled products]. *Innovatsii. Nauka. Obrazovanie* [Innovation. The science. Education], 38, 605-617.
- Savostin, S. D., Blagoveshchenskaya, M. M., & Blagoveshchenskii, I. G. (2016). Avtomatizatsiya kontrolya pokazatelei kachestva muki v protsesse razmola s ispol'zovaniem intellektual'nykh tekhnologii [Automation of flour quality control in the grinding process using intelligent technologies]. Moscow: Frantera.
- Sergeev, I. V. (2020). Vozrastanie roli tsifrovoy markirovki dlya obespecheniya proslezhivaemosti tsepei postavok [The increasing role of digital labeling to ensure traceability of supply chains]. *Logistika* [Logistics], 4, 24-30.
- Tikhonova, O. Yu., & Kotova, T. V. (2020). Markirovka pishchevoi produktsii, kak faktor obosnovannogo vybora [Labeling of food products as a factor of informed choice]. In *Aktual'nye problemy nauki i tekhniki: Sbornik trudov po materialam II Mezhdunarodnogo konkursa nauchno-issledovatel'skikh rabot* [Actual problems of science and technology: A collection of works based on the materials of the 2nd International Competition of scientific research works] (pp. 20-29). Ufa: Ufimskii gosudarstvennyi neftyanoi tekhnicheskii universitet.
- Zhmakin, M. O. (2011). *Matematicheskoe modelirovanie sredstv markirovki i identifikatsii poligraficheskoi produktsii s ispol'zovaniem steganografii* [Mathematical modeling of means of marking and identification of printed products using steganography] [Candidate Dissertation, Moskovskii inzhenerno-fizicheskii institut]. Moscow, Russia.

- Zolotukhin, M. (1998). Zashchita ot poddelki - staraya problema, novye resheniya [Protection against counterfeiting - an old problem, new solutions]. *Komp'yuterPress [ComputerPress]*, 6, 294-296.
- Anagnostopoulos, C. N., Loumos, V., & Kayafas, E. A. (2009). License plate recognition algorithm for Intelligent Transport applications. *Institute of Electrical and Electronics Engineers Transaction on Intelligent Transport Systems*, 7(3), 377-392. <https://doi.org/10.1109/TITS.2006.880641>
- Aluze, D., Merienne, F., Dumont, C., & Gorria, P. (2002). Vision system for defect imaging, detection, and characterization on a specular surface of a 3D object. *Image Vision Comput*, 20(8), 569-580. [https://doi.org/10.1016/S0262-8856\(02\)00046-X](https://doi.org/10.1016/S0262-8856(02)00046-X)
- Angella, F., Reithler, L., & Gallesio, F. (2007). Optimal Deployment of Cameras for Video Surveillance Systems / F. Angella, L. Reithler, F. Gallesio. In *Institute of Electrical and Electronics Engineers: Conference on Advanced Video and Signal Based Surveillance* (Article 9824583). London, UK.
- Bien, Z., Oh, S.-R., & Won, J. (2009). Development of a well structured industrial vision system. In *Proceedings of 16th annual Institute of Electrical and Electronics Engineers conference of the industrial electronics society* (pp. 501-506). London, UK. <https://doi.org/10.1109/IECON.1990.149191>
- Chen, I.-H., & Wang, S. J. (2006). Efficient vision-based calibration for visual surveillance systems with multiple PTZ cameras. In *Institute of Electrical and Electronics Engineers Intel conference on computer vision systems*. <https://doi.org/10.1109/ICVS.2006.22>
- Nikolskaya, E. Yu., Pasko, O. V., Anikina, E. N., Dekhtyar, G. M., & Lebedev, K. A. (2019). The hotel sector as an important component of regional economic infrastructure. *Journal of Environmental Management and Tourism*, 9(6), 1178-1182. [https://doi.org/10.14505/jemt.v9.6\(30\).06](https://doi.org/10.14505/jemt.v9.6(30).06)
- Pasco, O., Suvorova, I. N., Suvorov, O. A., & Krylova, L. A. (2018). Key options of ecological hospitality development. In *5th International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences and Arts SGEM 2018* (pp. 473-478). Moscow: Moscow State University of Food Production. <https://doi.org/10.5593/sgemso-cial2018/1.4/S04.061>