

Изучение влияния использования технического зрения на показатели качества оманской халвы

Аль Балуши Имад

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, дом 11

E-mail: imad8999@gmail.com

Благовещенский Иван Германович

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, дом 11

E-mail: igblagov@mgupp.ru

Благовещенская Маргарита Михайловна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, дом 11

E-mail: mmb@mgupp.ru

Сумерин Вячеслав Андреевич

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 125080, Москва, Волоколамское шоссе, дом 11

E-mail: v_soumerin@mail.ru

Статья посвящена методам и способам повышения качества производства оманских десертов (халвы) за счет использования системы технического зрения для автоматизации контроля показателей качества с возможностью управления производством данного продукта. Показано, что в процессе производства оманской халвы возникают проблемы со стабильностью показателей качества используемого сырья, что влияет на качество готовой халвы. Поэтому проведен системный анализ объекта автоматизации - линии производства оманской халвы. Дан анализ особенностей всех этапов ее производства, а также протекающих в них информационных процессов. Представлена характеристика основных стадий производства оманской халвы. Сделан всесторонний анализ наиболее важных контролируемых в процессе производства органолептических показателей качества оманской халвы. Рассмотрены и проанализированы существующие методы и средства этих показателей. Представлены недостатки лабораторного органолептического контроля. Выбраны и обоснованы наиболее информативные органолептические показатели контроля качества сырья, используемого при производстве оманской халвы: размер (форма), цвет и состояние поверхности. Эти показатели необходимо контролировать в процессе производства оманской халвы. Показано, что существующие в настоящее время методы оценки этих показателей качества субъективны и определяются только экспертами путем лабораторных измерений. Рассмотрены и проанализированы существующие инструментальные методы и средства автоматического контроля в потоке этих показателей. Обзор и анализ полученных в проведенном исследовании данных показал невозможность использования имеющихся методов и средств для автоматизации контроля выбранных показателей в потоке при производстве оманской халвы. Проанализирована возможность использования систем технического зрения для автоматизации контроля выбранных органолептических показателей качества оманской халвы. Проведенные исследования позволили сделать вывод о перспективности использования для этих целей системы технического зрения. Представлен состав типовой системы технического зрения. Проанализированы решения по выбору различных типов объективов для решения самых разных задач и предложены наиболее перспективные объективы для решения намеченных задач. Исследован и проанализирован один из самых важных этапов СТЗ - обработка изображения. Выбран наиболее эффективный для решения поставленных задач алгоритм обработки полученного изображения. Представлены различные уровни изображения и рассмотрено их влияние на качество получаемого результата при контроле сыпучего

сырья в потоке. Используя выбранный алгоритм, были проведены экспериментальные исследования определения размеров орехов, яблок, апельсинов, клубники, фиников, т.е. сырья, используемого при производстве оманской халвы. Показана перспективность применения 3-мерного анализа изображений для получения высокоэффективной информации об органолептических показателях качества пищевого сыпучего сырья, используемого при производстве оманской халвы.

Ключевые слова: качество, оманская халва, автоматизация производства, система технического зрения, органолептические показатели

Введение

Одним из перспективных направлений развития пищевой промышленности любой страны является расширение ассортимента и повышение качества продуктов питания. При этом особое внимание уделяется безопасности и качеству сырья, применяемого для создания таких продуктов (Балыхин, Борзов, Благовещенский, 2017; Благовещенская, 2009).

Продукты питания XXI века должны удовлетворять потребности различных групп населения в рациональном питании, т.е. в содержании макро-, микронутриентов и незаменимых витаминов, с учетом их традиций, привычек, экономического положения и состояния здоровья (Савостин, Благовещенская, Благовещенский, 2016).

Одной из основных функций Государственного управления Омана, созданного в 1980 г. Указом Султана №62/1980, является поддержание постоянной доступности основных продуктов питания в оптимальном состоянии и в объеме, необходимом и достаточном для удовлетворения потребностей населения в случае чрезвычайных ситуаций или непредвиденных потрясений в стране.

Среди многих отраслей пищевой промышленности Омана важнейшее место принадлежит кондитерской, продукция которой пользуется неизменным и значительным спросом у населения страны. Кондитерские изделия представляют собой большую группу разнообразных высококалорийных продуктов питания, которые регулярно потребляются практически всеми группами населения различных возрастов Омана. Эта продукция составляет значительную долю рациона питания, ввиду своих вкусовых качеств, а также потому, что она отличается высокой питательностью, усвояемостью и обеспечивает человеческий организм набором физиологически ценных веществ, необходимых для его нормальной жизнедеятельности.

В Оманской кондитерской промышленности среди выпускаемых сладостей наибольшей популярностью не только у Оманского населения, но и в Персидском заливе, а также в арабском мире пользуется Оманский десерт (халва), поскольку в составе данного продукта находятся только натуральные ингредиенты без консервантов, такие как мед, финики, сахарный песок, местная розовая вода, орехи, инжир, изюм, сезонные фрукты. Срок хранения такой халвы составляет более 3 месяцев.

Производство Оманского десерта (халвы) началось в период 1911- 1912 годы. Оманская халва широко используется в официальных и общественных мероприятиях Омана, таких как: свадьбы, церемонии в Коране, различные праздники, приемы и другие мероприятия. Широко используется оманская халва в качестве местного сувенира для туристов. Спрос на оманскую халву с орехами объясняется высоким качеством этих кондитерских изделий, постоянно обновляемым ассортиментом и относительно невысокой стоимостью.

Следует отметить, что поскольку в мире повышается интерес к натуральному питанию и на рынке потребитель стал в большем объеме включать его в свой рацион, особое значение для производителей при производстве халвы приобретает такое сырье, как ядра орехов, которые являются доступными натуральными продуктами (Semenov, Krasnova, Suvorov, Shuvalova, Posokhov, 2015). Это позволяет пищевым предприятиям с каждым годом расширять ассортимент халвы с использованием этого сырья. В последние годы в оманской кондитерской промышленности многие ингредиенты, такие как крахмал, коричневый сахар, были заменены натуральным медом, финиками, изюмом, орехами, шафраном, розовой водой, кардамоном и другими ингредиентами, таким как инжир, местные фрукты, местная цветочная вода, производимая на территории зеленой горы Омана (Джебел-аль-Ахдар), что значительно расширило ассортимент и разнообразие оманских сладостей по качеству.

В свете современных требований и взглядов на рациональное (сбалансированное) питание оманской халве в арабском мире отводится значительная роль и место в удовлетворении повседневных потребностей человека в углеводах и частично в растительных жирах. В соответствии с решением министров № 104/2004 о едином стандарте Персидского залива разработан и утвержден Стандарт на Оманскую халву № 1635/2004, соответствующую стандарту 1873 GSO Омана. В соответствии с данным документом в состав халвы входят следующие ингредиенты: изюм, финики, арабское масло, натуральная розовая вода, кардамон, разные сорта орехов, молоко, шафран, яйца и вода и другие компоненты, представленные на рис. 1.

Однако, получаемая оманская халва необычайно сложна по своему составу и обладает комплексом различных свойств, которые составляют в совокупности качество продукции

(Tikhomirov, Matison, 2016). Трудность решения задач повышения качества производства этих кондитерских изделий обусловлена нестабильностью свойств поступающего на переработку сырья, многообразием перерабатываемых полуфабрикатов по физико-химическим, биохимическим и структурно-механическим свойствам. Все это вызывает частые колебания режимов работы оборудования, а также параметров процесса приготовления многокомпонентных неоднородных кондитерских масс и не позволяет получать стабильный по качеству готовый продукт (Благовещенская, 2009; Благовещенская, Злобин, 2005; Newton, 2007).

Существующие в настоящее время в Омане методы оценки качества кондитерской продукции субъективны и далеки от совершенства, поскольку эта оценка осуществляется органолептическим путем. Органолептический контроль длителен по

времени, обладает рядом недостатков (Semenov, Tikhomirov, Krasnova 2016). Поэтому появилась необходимость повышения объективности контроля качества готовой кондитерской продукции, за счет внедрения высокоэффективных интеллектуальных технологий в производственный процесс и создания на их базе автоматизированной системы контроля (Балыхин, Борзов, Благовещенский, 2017; Wilson, Threapleton 2003).

Успешное решение этой задачи возможно при внедрении в производственный процесс автоматизированной системы контроля в потоке показателей качества сырья, полуфабрикатов и готовой оманской халвы с использованием системы компьютерного зрения. При этом затраты на подготовку и проведение анализов будут минимальны (Савостин, Благовещенская, Благовещенский, 2016; Newton, 2007).

Исходя из этого, тема данной статьи является актуальным направлением развития кондитерской промышленности, в том числе и в Омане. Создание такой системы позволит: непрерывно, в потоке контролировать основные показатели качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции в режиме реального времени; обеспечить стабильность производства оманской халвы; существенно уменьшить уровень брака, снизить потери рабочего времени, сырья и энергии, повысить качество готовой продукции. Решение этой проблемы позволит построить эффективную систему регулирования и управления технологическими процессами кондитерских производств (Благовещенский, Макаровская, Благовещенская, Чувахин, Митин, 2019; Gardner, Bartlett, 1998; Garcia, Arguesso, Diaz, 1995).

Изложенное позволяет сделать вывод об актуальности темы данной работы.



Рисунок 1. Ингредиенты производства оманской халвы

Целью данной работы является повышение качества производства оманской халвы за счет разработки автоматизированной системы контроля качества на основе использования системы технического зрения.

В качестве основных задач исследования выделены следующие задачи:

- проанализировать процесс производства оманской халвы как объекта управления;
- исследовать используемые при производстве показатели качества оманской халвы;
- изучить возможность использования системы технического зрения (СТЗ) для автоматического контроля показателей качества оманской халвы и разработать алгоритм управления процессом приготовления оманской халвы с использованием СТЗ.

Научная новизна данного исследования заключается в;

- системном анализе технологического процесса производства оманской халвы как объекта автоматизации;
- выборе и обосновании для эффективного ведения процесса производства оманской халвы наиболее информативных органолептических показателей контроля качества: размер (форма) и цвет, которые необходимо определять непрерывно в ходе процесса производства;
- проведении обзора и анализа существующих современных инструментальных методов и средств контроля основных показателей качества оманской халвы; рассмотрении и анализе возможности использования существующих инструментальных методов и средств контроля для автоматического определения в потоке в режиме онлайн этих показателей;
- анализе возможности использования систем технического зрения для автоматизации контроля органолептических показателей качества оманской халвы;
- разработке алгоритма управления процессом производства оманской халвы с использованием системы технического зрения.

Литературный обзор

На сегодняшний день накоплен достаточный практический и теоретический объем информации по совершенствованию технологии производства халвы. Эти вопросы в своих работах всесторонне рассматривали следующие ученые – Л.М. Аксенова, И.В. Герасимова, Г.Н. Горячева, А.В. Зубченко, Н.В. Карушева, Б.В. Кафка, Г.Р. Кокашинский,

И.С. Лурье, Г.О. Магомедов, Г.А. Маршалкин, Т.Н. Мирошникова, А.Я. Олейникова, А.П. Олефирова, З.Г. Скобельская, Л.П. Шаулина (Зубченко, 2001; Лурье, 1989; Благовещенская, 2009; Sun, 2008; Newton, 2007 и др.).

Большой вклад в создание и совершенствование техники и оборудования для производства халвы внесли С.Т. Антипов, В.А. Панфилов, А.И. Драгилев, Ю.А. Мачихин, С.А. Мачихин, С.М. Носенко, И.Т. Кретов, А.В. Маслов, А.П. Остриков, И.А. Рогов, А.Ф. Сорокопуд, В.Я. Черных и др. (Драгилев, Маршалкин, 2005; Антипов, Кретов, Остриков, 2009; Legin, Rudnitskaya, Vlasov, Di Natale, D'Amico, 1999 и др.).

За последние годы предложены новые и усовершенствованные технические средства для реализации традиционных технологических операций при производстве халвы. Работы по автоматизации технологических процессов пищевых производств с использованием современных информационных технологий проводили А.Н. Австриевских, С.И. Апанасенко, М.Г. Балыхин, В.К. Битюков, М.М.Благовещенская, Я.В. Иванов, А.Е. Краснов, Е.А. Назойкин, И.К. Петров, А.Н. Петряков, А.В. Татаринов, А.В. Шаверин, J. Gardner, P. Bartlett, L.A. Garcia, F. Arguesso, A.I. Garcia, M. Diaz, C.I.Wilson, L.Threapleton, A. Legin, A. Rudnitskaya, Yu. Vlasov, C. Di Natale, A. D'Amico. и др. (Балыхин, Борзов, Благовещенский, 2017; Благовещенская, Злобин, 2005; Благовещенская, Сантон Куннихан, 2017; Крылова, Благовещенский, Татаринов, 2017; Петряков, Благовещенская, Благовещенский, Крылова, 2018; Савостин, Благовещенская, Благовещенский, 2016; Gardner, Bartlett, 1998; Legin, Rudnitskaya, Vlasov, Di Natale, D'Amico, 1999; Garcia, Arguesso, Diaz, 1995; Wilson, Threapleton 2003; и др.).

В научной литературе известны работы, авторы которых ставили и решали задачи автоматизации, системного анализа и управления различными процессами пищевых производств с использованием систем компьютерного зрения. Это Благовещенская М.М., Битюков В.К., Петряков А.Н., Благовещенский И.Г., Петров А.Ю., Бунеев А.В., Иванов Я.В., Адилов Р. М., Хвостов А.А., Ребриков Д.И., Богуславский А.А., Визильтер, Ю.В., Шторх Л.В., C.I. Wilson, L. Threapleton, M.K. Agoston, S.M. Ali, R. Benosman, B.K. Sing, R. Fattal, R.A. Fisher, A. N. Gorban, V.L. Gorohov, S. Komarinskiy и др. (Петров, Благовещенская, Благовещенский, Ионов, 2019; Петряков, Благовещенская, Благовещенский, Митин, 2019; Благовещенский, Макаровская, Благовещенская, Чувахин 2019; Иванов; Битюков,

Хвостов, Ребриков, 2008; Шторх, 2013; Wilson, Threapleton, 2003; Agoston, 2004; Ali, 2013; Benosman, Sing, 2001; Fattal, 2007; Fisher, 2006; Gorban, 2007; Komarinskiy, 2008).

Однако проведенный нами обзор и анализ состояния теории и практики автоматизации процессов производства халвы показал, что многие актуальные вопросы процессов контроля качества производства оманских сладостей имеют свои особенности. В Омане используются нестандартные методы и средства определения показателей качества этих кондитерских изделий. Остается много нерешенных вопросов по автоматизации контроля в потоке технологических процессов производства этой продукции. Также, до настоящего времени не предложены современные инструментальные методы и средства контроля основных показателей качества сырья, полуфабрикатов и готовой оманской халвы. До сих пор не рассматривалась возможность использования существующих интеллектуальных технологий для автоматического контроля в потоке в режиме онлайн основных органолептических показателей качества оманской халвы.

В настоящей работе был учтен и проработан опыт предыдущих исследований, использованы рекомендации, приводимые авторами перечисленных трудов.

Методы

Поставленные в работе задачи решены с использованием методических и математических основ построения автоматических систем контроля, основных положений теории автоматического управления, общих принципов математического моделирования, элементов теории систем компьютерного зрения, методов структурной идентификации, теории принятия решений, методов системного анализа и методов математической статистики. Вычисления в процессе исследований, численная и графическая обработка результатов производились с применением математического аппарата прикладных программ. Постановка исследований и испытаний проводилась в соответствии с действующим ГОСТ (Межгосударственный стандарт ГОСТ 6502-2014 «Халвы. Общие технические условия»), методиками планирования и обработки эксперимента (Лурье, 1989). Для построения системы автоматического контроля использованы экспериментальные данные линии производства оманской халвы. Численная и графическая обра-

ботка результатов исследований производилась с применением MatLab, Labview, EDEM. Для разработки основных компонентов системы контроля использован объектно-ориентированный язык Delphi.

Исследование

Кондитерские изделия Омана представляют собой большую группу высококалорийных разнообразных кондитерских изделий, которые регулярно потребляются населением различных возрастов. Эта кондитерская продукция составляет значительную долю рациона питания, ввиду высокой питательности, усвояемости, а также благодаря своим вкусовым качествам. Кроме того, эти изделия обеспечивают человеческий организм набором физиологически ценных веществ, необходимых для его нормальной жизнедеятельности.

Поскольку в кондитерском производстве Омана группа халвы имеет наибольший удельный вес, нами для решения задачи автоматизации контроля показателей качества объектом управления был выбран именно технологический процесс производства оманской халвы. Спрос на оманскую халву с орехами объясняется высоким качеством этих кондитерских изделий, постоянно обновляемым ассортиментом и относительно невысокой стоимостью.

Нами проведено исследование и анализ процесса производства оманской халвы как объекта автоматизации. Технологический процесс производства оманской халвы, представленный на рис. 2, можно разделить на следующие основные стадии:

1. Подготовка сырья к производству: хранение шафрана, орехов, фиников, изюма и др. сырья; просеивание этих сыпучих продуктов и фильтрование жидких компонентов.
2. Приготовление сахарного сиропа: дозирование сахара-песка и воды, растворение сахара, уваривание рецептурной смеси.
3. Приготовление карамельного сиропа: дозирование сахарного сиропа, патоки, молока и других компонентов, смешивание и уваривание рецептурной смеси.
4. Вымешивание оманской халвы.
5. Фасовка и упаковка халвы: ориентирование оманских сладостей в продольные ряды, завертка халвы и упаковка в торговую тару.

Основные стадии технологического процесса производства халвы показаны на рис. 2.

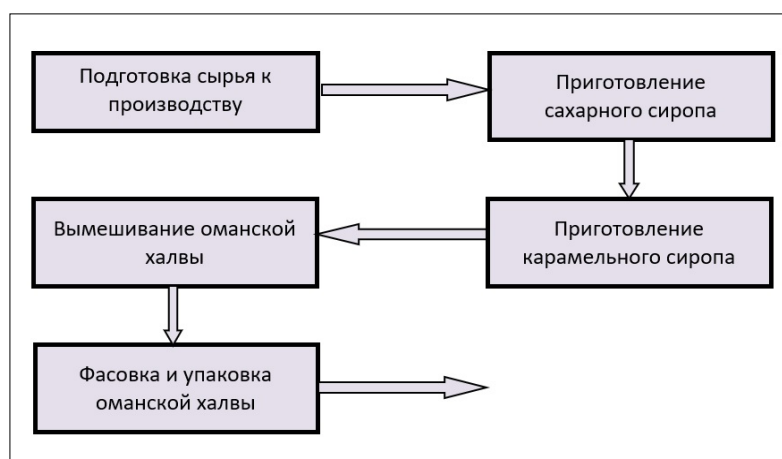


Рисунок 2. Стадии технологического процесса приготовления оманской халвы

Как было отмечено выше, процесс подготовки основного сырья (например, ядер орехов) занимает важнейшее место в производстве оманской халвы. Так, поступающие на пищевые производства ядра орехов неоднородны по размерам, форме, цвету и другим показателям качества. Обычно содержат пыль, песок, камешки, волокна мешковины, металлические частицы и т.д. Наличие трудноотделимых примесей в этом сырье значительно влияет на качество получаемого в процессе обработки полуфабриката и, в конечном счете, на качество готовой халвы (Крылова, Благовещенский, Татарин, 2017).

Широко используемые в производстве халвы орехи характеризуется следующими органолептическими показателями качества (ГОСТ 6502-2014. (2014). «Халва. Общие технические условия»: размер, форма, цвет, состояние поверхности, целостность; вкус и запах; влажность; содержание жира.

Лаборатории кондитерских предприятий Омана определяют следующие показатели качества сладостей: размер сыпучего сырья, цвет, целостность, влажность и содержание жира. Представленные в данном разделе органолептические показатели качества орехов определяются в лабораториях и оказывают значимое влияние на качество готовой оманской халвы. Недостатками органолептического контроля является то, что в основе используемых методов лежит восприятие органов чувств (осязание, обоняние, зрение и вкус), а также только лабораторные методы контроля, всех этих показателей. Также недостатками органолептического метода являются его субъективность и невозможность быстрой оценки качественных показателей сырья, полуфабрикатов и готовой продукции в потоке (Балыхин, Борзов, Благовещенский, 2017; Благовещенская, Сантон Куннихан, 2017; Крылова,

Благовещенский, Татарин, 2017; Петряков, Благовещенская, Благовещенский, Крылова, 2018; Савостин, Благовещенская, Благовещенский 2016).

Назрела необходимость повышения объективности контроля органолептических показателей качества оманской халвы за счет внедрения высокоэффективных интеллектуальных технологий и создания на их базе интеллектуальной системы автоматического контроля органолептических показателей качества производства оманской халвы в потоке. Использование такой системы уменьшит влияние человеческого фактора на объективность анализа, сократит производственный цикл выпуска готовых сладостей, исключив стадию органолептической оценки качества сырья, полуфабрикатов и готовой продукции, а также даст возможность использовать такую систему для прогнозирования качества готовой продукции и для интегрирования ее в существующие на предприятиях автоматизированные системы управления технологическими процессами (АСУТП) (Балыхин, Борзов, Благовещенский, 2017; Благовещенский, Макаровская, Благовещенская, Чувакин, Митин, 2019).

Поэтому для решения задачи автоматизации контроля качества халвы и исключения брака готовой продукции, был проведен обзор и анализ существующих различных методов и средств контроля органолептических показателей качества сырья и пищевых масс, который показал перспективность использования для этих целей систем компьютерного зрения (Петряков, Благовещенская, Благовещенский, Крылова, 2018; Савостин, Благовещенская, Благовещенский, 2016; Петров, Благовещенская, Благовещенский, Ионов, Благовещенский, 2019; Петряков, Благовещенская, Благовещенский, 2019).

Исходя из задач, которые решает системы технического зрения (СТЗ), можно выделить следующую важную для автоматического контроля качества оманской халвы область применения СТЗ: решение задачи автоматизации контроля органолептических качества в потоке. Это, прежде всего, визуальный контроль за ходом всех этапов процесса производства оманской халвы, контроль в потоке цвета и качества поверхности продукции, мониторинг внешнего вида и герметичности упаковки, правильностью наклеивания этикеток и т. д. Примерно 10% этих задач выполняются системами трехмерного зрения. Отдельная область использования СТЗ на производстве - проведение всевозможных визуальных измерений параметров технологических процессов и, в частности, определение размеров предметов, т.е. решение задач измерения и контроля (Балыхин, Борзов, Благовещенский, 2017; Битюков, Хвостов, Ребриков, 2008 ; Шторх, 2013; Балыхин, Благовещенская, Благовещенский, Макаровская, Назойкин, 2019).

На рис. 3 представлена компоновка типовой СТЗ (Благовещенский, Назойкин, Носенко, 2016), которая состоит из одной или нескольких цифровых или аналоговых камер (черно-белые или цветные) (Camera) с подходящим объективом (lens) для получения изображений, подсветки (Lighting) и объекта (Objekt), оборудования ввода/вывода или каналы связи для визуализации полученных результатов. Кроме того, важна и программная составляющая СТЗ, а именно, программное обеспечение для подготовки изображений к обработке (для аналоговых камер - это оцифровщик изображений), специфичные приложения программного обеспечения для обработки изображений и обнаружения соответствующих свойств

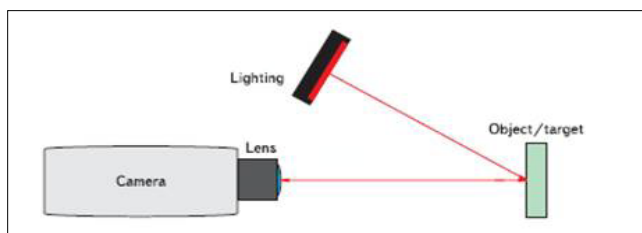


Рисунок 3. Состав типовой системы технического зрения

Матрица чувствительных элементов, входящая в состав видеокамеры, предназначена для получения цифрового изображения. В состав матрицы чувствительного элемента входит множество аналого-цифровых преобразователей, предназначенных для преобразования информации о световой интенсивности в цифровое значение. Объектив

позволяет камере фокусироваться на определенном расстоянии и получать четкое изображение объекта. В случае, когда объект находится вне фокусного расстояния, изображение получается нерезким (размытым, с нечеткими краями), что ухудшает возможность обработки видеоряда. В отличие от обычных цифровых фотоаппаратов с объективами, поддерживающими функции автофокусировки, в компьютерном зрении применяется оптика с фиксированным фокусным расстоянием или ручной настройкой фокуса. Существуют различные типы объективов для самых разных задач (стандартные, телескопические, с широким углом обзора, с увеличением и другие), и выбор правильного типа оптики - важный этап при проектировании СТЗ. Подсветка - еще один важный элемент в СТЗ. Благодаря использованию различных типов освещения можно расширить круг задач, решаемых компьютерным зрением. Существует различные типы подсветок, но наиболее популярным является светодиодная - в связи с ее высокой яркостью. При этом современный уровень развития светодиодной техники обеспечивает большой срок службы устройства и малое энергопотребление (Blagoveshchenskiy, Sulimov, Shkarov, Blagoveshchenskaya, 2018).

В настоящее время СТЗ востребованы и широко используются в области контроля и инспекции качества различных изделий машиностроения, а также в текстильной, горной и строительной отраслях промышленности. В пищевой промышленности СТЗ только начинают применяться. Наиболее важной задачей для пищевой промышленности является использование СТЗ для решения одной из основных задач любого пищевого производства: автоматический контроль в режиме онлайн основных органолептических показателей качества сырья, полуфабрикатов и готовых пищевых изделий, выявления брака в готовой продукции (Балыхин, Борзов, Благовещенский, 2017; Савостин, Благовещенская, Благовещенский, 2016).

При этом важным этапом является обработка изображения. Обработка изображений и их анализ (а также многочисленные алгоритмы и методы) являются основой компьютерного зрения, доступных для достижения требуемых измерений. Тем не менее, обработка изображений, их анализ включает в себя ряд шагов, которые могут быть разделены на три уровня: низкоуровневую (захват изображений и предварительная обработка), обработку промежуточного уровня (сегментация изображения и представление изображения и описание) и обработку высокого уровня (подтверждение и интерпретация) как указано на рис. 4.

Обработка изображений предназначена для удаления дефектов, таких как шум, размытость изображения и т.д. Для повышения и улучшения полученного изображения и для дальнейшего анализа, используются различные алгоритмы обработки. Предположим, полученное изображение становится нечетким из-за движения объекта. Эта размытость должна быть удалена средствами обработки изображений, перед извлечением любой информации об этом объекте. Различными методами обработки изображений, используемые для повышения качества изображения являются:

1. Расширение (для увеличения яркости каждого пикселя в окружении соседей, с большей интенсивностью).
2. Эрозия (для уменьшения яркости пикселей в окружении соседей, с меньшей интенсивностью).
3. Сканирование (для преобразования серых кусков изображения в бинарные).
4. Закрытие (для удаления темных пятен, выделенных в ярких областях и разглаживания границ).
5. Открытие (для удаления ярких пятен, выделенных в темных областях и сглаживания границ).

Инструменты, используемые для улучшения качества включают справочные таблицы:

- преобразуют значения уровня серого в исходном изображении в другие градации серого после преобразования;
- пространственных фильтров - улучшают качество изображения за счет удаления шума и сглаживания, резкости;
- морфологии для извлечения и изменения частиц в изображении;
- обработки в частотной области для удаления нежелательной частоты и т.д.

Алгоритмы обработки изображения могут быть разделены на пять основных групп:

1. Сегментация и алгоритм развития
2. Методы детектирования перепада
3. Цифровая морфология
4. Текстурирование
5. Алгоритмы сканирования и разведения.

В СТЗ большое значение имеет выбор текстуры. Текстурой называется повторение шаблона или шаблонов по исследуемой области. Текстура эффективно описывает свойства элементов, составляющих поверхность объекта. Таким образом, измерения текстуры содержат существенную информацию для распознавания образов объектов. Эта модель может быть повторена в точности или иметь небольшие вариации. Текстура дает воз-

можность с высокой точностью определять следующие показатели: размер, форму изделия, ее цвет и ориентацию элементов узора (textons) в изделии. Скелет изображения объекта является концепцией, которая может быть использована для анализа и описания форм в бинарных изображениях. Он играет центральную роль в предварительной обработке данных изображения. Основным методом скелетизации - это истончение. Дэвис (Петров, Благовещенская, Благовещенский, Ионов, 2019) вывел идеальную метод анализа формы скелета объекта.

Нами были проведены экспериментальные исследования определения размеров разных типов орехов, яблок, апельсинов, клубники, фиников, т.е. сырья, используемого при производстве оманских орехов. При этом были использован алгоритм обработки изображений, приведенный в работе А.Ю. Петрова и др. (Петров, Благовещенская, Благовещенский, Ионов, 2019). Алгоритмы обработки изображений являются основой для алгебры изображения, что образует прочную теоретическую основу для реализации компьютерного зрения и обработки изображений алгоритмы.

Использование СТЗ с получением цифровых данных исследуемого сырья, используемого при производстве оманской халвы, позволил получить качественные их изображения, которые затем математически обрабатывать и из имеющихся изображений выделялись различные характеристики, позволяющие оценивать качество исследуемых органолептических показателей. Для обработки полученных изображений и извлечения требуемой информации использовались типовые известные методы и программы: «Распознавание объектов»; «Выделение признаков», «Анализ положения», «Размер», «Ориентация» и т.д. Численная и графическая обработка результатов исследований производилась с применением MatLab, Labview, EDEM. Для разработки основных компонентов системы контроля использован объектно-ориентированный язык Delphi. Полученные статистические данные проведенных исследований, основанные на свойствах гистограммы уровней серого в изображении исследуемых объектов даны в таблице 1.

Таблица 1

Продукт	Параметр	Точность
Яблоко	Классификация	78 %
Апельсин	Качество	87 %
Клубника	Сортировка	98% - 100 %
Ядра орехов	Размер	73% - 90 %

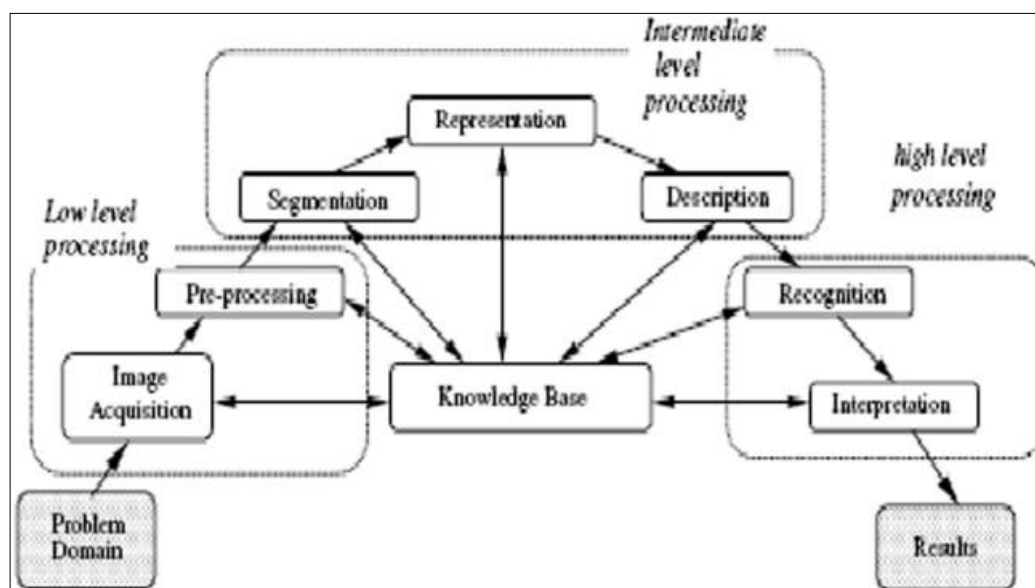


Рисунок 4. Различные уровни в процессе обработки изображений

Изюм	Размер	80% - 95 %
Финики	Размер	97 %

Таким образом, только 2-мерные данные (2D) необходимы для сортировки, классификации и анализа большинства изображений различного вида пищевого сырья. Тем не менее, во многих приложениях уже начал активно использоваться 3-мерный анализ изображений для предоставления информации о структуре или добавления требуемых деталей к полученному изображению. Основа техники получения 3D изображения основана на обработке нескольких 2D снимков. На практике этот метод может быть полезен для проверки качества пищевых продуктов. Например, при изучении особенностей формы хлебобулочных изделий, необходимо взять 2-D изображения по вертикали и горизонтали, чтобы получить его округлость и толщину соответственно.

Результаты и их обсуждение

В результате проведенного нами исследования определена актуальность темы, намечены задачи исследования. Проведен системный анализ объекта автоматизации - линии производства оманской халвы, представлен анализ особенностей всех этапов ее производства, а также протекающих в них информационных процессов. Дана характеристика основных стадий производства оманской халвы. Сделан всесторонний анализ наиболее важных контролируемых в процессе производства

органолептических показателей качества оманской халвы. Рассмотрены и проанализированы существующие методы и средства этих показателей. Представлены недостатки лабораторного органолептического контроля.

Выбраны и обоснованы наиболее информативные органолептические показатели контроля качества сырья, используемого при производстве оманской халвы. Это размер (форма), цвет и состояние поверхности. Эти органолептические показатели необходимо контролировать в процессе производства оманской халвы. Показано, что существующие в настоящее время методы оценки этих показателей качества субъективны и определяются только экспертами путем лабораторных измерений.

Рассмотрены и проанализированы существующие инструментальные методы и средства автоматического контроля в потоке этих показателей. Обзор и анализ полученных в данном исследовании результатов показал невозможность использования имеющихся методов и средств для автоматизации контроля выбранных показателей при производстве оманской халвы.

Проанализирована возможность использования систем технического зрения для автоматизации контроля выбранных органолептических показателей качества оманской халвы. Проведенные исследования позволили сделать вывод о перспективности использования для этих целей системы технического зрения.

Представлен состав типовой системы технического зрения. Проанализированы итоги по выбору различных типов объективов для решения намеченных задач контроля полученного изображения и предложены наиболее перспективные из них.

Исследован и проанализирован один из самых важных этапов СТЗ - обработка изображения.

Выбран наиболее эффективный для решения поставленных задач алгоритм обработки полученного изображения. Представлены различные уровни в процессе обработки изображений и рассмотрено их влияние на качество получаемого изображения при контроле сыпучего сырья в потоке.

Используя выбранный алгоритм, были проведены экспериментальные исследования определения размеров орехов, яблок, апельсинов, клубники, фиников, т.е. сырья, используемого при производстве оманской халвы. Показана перспективность использования 3-мерного анализа изображений для получения высокоэффективной информации об органолептических показателях качества пищевого сыпучего сырья, используемого при производстве оманской халвы.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о перспективности применения системы технического зрения с использованием разработанных алгоритмов обработки полученных изображений для автоматизации контроля органолептических показателей качества оманской халвы.

Заключение

Полученные результаты позволили:

- проанализировать процесс производства оманской халвы как объекта управления;
- исследовать используемые органолептические показатели качества сырья, полуфабрикатов и готовой оманской халвы, разработать методы и способы автоматического контроля этих показателей с применением системы технического зрения СТЗ;
- выбрать наиболее эффективный для решения поставленных задач алгоритмы обработки изображения в СТЗ.
- провести экспериментальные исследования и на их основе разработать наиболее эффективную схему использования СТЗ для контроля органолептических показателей качества сыпучего сырья, используемого в производстве оманской халвы.

Литература

- Антипов, С. Т., Кретов, И. Т., & Остриков, А. Н. (2009). *Машины и аппараты пищевых производств*. КолосС.
- 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(380), 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*. Франтера.
- Битюков, В. К., Хвостов, А. А., & Ребриков, Д. И. (2008). Экспертная система определения цветовых характеристик хлебобулочных изделий. В *Системы управления и информационные технологии*, 4 (с. 138 – 141).
- Благовещенская, М. М. (2009). *Основы стабилизации процессов приготовления многокомпонентных пищевых масс*. Франтера.
- Благовещенская, М. М., & Злобин, Л. А. (2005). *Информационные технологии систем управления технологическими процессами*. Высшая школа.
- Благовещенская М. М., Сантон Куннихан М. П. (2017). Структура систем управления дозирования с использованием нейронных сетей. В *Общезащитная студенческая конференция студентов и молодых ученых «День науки»* (с. 263 – 267).
- 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* (с. 71 – 75).
- Драгилев, А. И., & Маршалкин, Г. А. (2005). *Основы кондитерского производства*. ДеЛи Принт.
- Зубченко, А. В. (2001). *Технология кондитерского производства*. ВГТА.
- Крылова, Л. А., Благовещенский, В. Г., & Татаринцов, 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* (с.199 – 201). Издательский комплекс МГУПП.
- Лурье, И. С. (1989). *Технология и технологический контроль кондитерского производства*. Легкая и пищевая промышленность.
- 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* (с. 121 – 126).
- 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* (с. 133 – 138).
- Петряков, А. Н., Благовещенская, М. М., Благовещенский, В. Г., & Крылова, Л. А. (2018). Применение методов объектно-ориентированного программирования для контроля показателей качества кондитерской продукции. *Кондитерское и хлебопекарное производство*, 5-6(176), 21-23.
- Савостин, С. Д., Благовещенская, М. М., & Благовещенский, И. Г. (2016). *Автоматизация контроля показателей качества муки в процессе размола с использованием интеллектуальных технологий*. Франтера.
- Шторх, Л. В. (2013). *Совершенствование технологии хлеба для школьного питания с применением автоматизированной системы контроля цвета изделий*: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. ВГУИТ.
- Agoston, M. K. (2004). *Computer Graphics and Geometric Modeling*. Springer.
- Ali, S. M. (2013). Gap-Filling Restoration Methods for ETM+ Sensor Images. *Iraqi Journal of Science*, 54(1), 206-214.
- Benosman, R. (2001). *Panoramic vision : Sensors, theory*. New York. XXIV.
- Blagoveshchenskiy, I. G., Sulimov, V. D., Shkapov, P. M., & Blagoveshchenskay, M. M. (2018). Hybrid algorithms for optimization and diagnostics of hydro-mechanical systems used in food production biotechnology. In *Materials Science and Engineering «Fundamental and Applied Problems of Mechanics – 2017»*, 012039 - 012048.
- Fattal, R. (2007). Image upsampling via imposed edges statistics. *ACM Transaction on Graphics*, 26(3), Article 95. <http://doi.acm.org/10.1145/1239451.1239546>
- Fisher, R. A. (2006). *The Use of Multiple Measurements in Taxonomic Problems*. Annals of Eugenics.
- Garcia, L. A., Arguesso, F., Garcia, A. I., & Diaz, M. (1995). Application of neural networks for controlling and predicting quality parameters in beer fermentation. *Journal of industrial microbiology*, 5, 28 – 35.
- Gardner J., & Bartlett P. (1998). *Electronic Noses: Principles and Applications*. Oxford University Press.
- Gorban, A. N. (2007). *Principal Manifolds for Data Visualisation and Dimension Reduction*. Springer.
- Komarinskiy, S. (2008). The Cognitive Visualization System. In *Astronomical Data Analysis Software and Systems (ADASS) XVII* (pp. 252 – 386).
- Legin, A., Rudnitskaya, A., Vlasov, Yu., Di Natale, C., & D'Amico, A. (1999). *Sensors and Actuators*. West Publishing Company.
- Newton, D. E. (2007). *Food Chemistry*. Facts On File.
- Semenov, G. V., Krasnova, I. S., Suvorov, O. A., Shvalova, I. D., & Posokhov, N. D. (2015). Influence of freezing and drying on phytochemical properties of various fruit. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 12(2), 1311-1320.
- Semenov, G. V., Tikhomirov, A. A., & Krasnova, I. S. (2016). The choice of the parameters of vacuum freeze drying to Thermolabile materials with desired quality level. *International Journal of Applied Engineering Research*, 11(13), 8056-8061.
- Sun, D. W. (2008). *Modern Techniques for food authentication*. Academic Press.
- Tikhomirov, A. A., & Matison, V. A. (2016). A study on the problem of customer relation ship-oriented design food. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 7(4), 2680-2690.
- Tikhomirov, A. A., & Matison, V. A. (2016). On the application of consumer evaluation in developing new food products. *International Journal of Applied Business and Economic Research*, 14(14), 735-746.
- Wilson, C. I., & Threapleton L. (2003). Application Of Artificial Intelligence For Predicting Beer Flavours From Chemical Analysis. In *European Brewery Convention* (pp. 18 – 25).

Study of the Impact of the Use of Technical Vision on the Quality Indicators of Omani Halva

Imad Saleh Darwish Al Balushi

*Moscow State University of Food Production
11 Volokolamskoe highway, Moscow, 125080, Russian Federation
E-mail: imad8999@gmail.com*

Ivan G. Blagoveshchensky

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

Margarita M. Blagoveshchenskaya

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

Viatcheslav A. Soumerin

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

The article is devoted to methods and methods of improving the quality of production of Omani desserts (halva) by using a technical vision system to automate quality control with the ability to control the production of this product. It is shown that during the production of Omani halva, problems arise with the stability of the quality indicators of the raw materials used, which affects the quality of the finished halva. Therefore, a system analysis of the automation object - the production line of Omani halva was carried out. The analysis of features of all stages of its production, as well as information processes occurring in them, is given. The characteristic of the main stages of production of Omani halva is presented. A comprehensive analysis of the most important organoleptic quality indicators of Omani halva controlled in the production process is made. The existing methods and tools of these indicators are considered and analyzed. Disadvantages of laboratory organoleptic control are presented. The most informative organoleptic indicators of quality control of raw materials used in the production of Omani halva are selected and justified: size (shape), color and surface condition. These indicators must be monitored during the production of Omani halva. It is shown that currently existing methods for evaluating these quality indicators are subjective and are determined only by experts through laboratory measurements. The existing instrumental methods and means of automatic control in the flow of these indicators are considered and analyzed. The review and analysis of the data obtained in the conducted study showed that it is impossible to use existing methods and tools to automate the control of selected indicators in the flow during the production of Omani halva. The possibility of using technical vision systems to automate the control of selected organoleptic quality indicators of Omani halva is analyzed. The conducted research allowed us to conclude that the use of the technical vision system for these purposes is promising. The composition of a typical technical vision system is presented. The solutions for choosing different types of lenses for solving various tasks are analyzed and the most promising lenses for solving the planned tasks are proposed. One of the most important stages of the technical vision system - image processing - has been studied and analyzed. The most effective algorithm for processing the resulting image was selected. Various image levels are presented and their influence on the quality of the result obtained when controlling bulk raw materials in the flow is considered.

Using the chosen algorithm, experimental studies were conducted to determine the size of nuts, apples, oranges, strawberries, dates, i.e. raw materials used in the production of Omani halva. The prospects of using 3-dimensional image analysis to obtain highly effective information

about organoleptic indicators of the quality of food bulk raw materials used in the production of Omani halva are shown.

Keywords: quality, Omani halva, production automation, technical vision system, organoleptic indicators

References

- Agoston, M. K. (2004). Computer Graphics and Geometric Modeling. Springer.
- Ali, S. M. (2013). Gap-Filling Restoration Methods for ETM+ Sensor Images. *Iraqi Journal of Science*, 54(1), 206-214.
- Antipov, S. T., Kretoy, I. T., Ostrikov, A. N. (2009). *Mashiny i apparaty pishchevyh proizvodstv* [Machines and equipment for food production]. KolosS.
- Balykhin, M. G., Blagoveshchenskaya, M. M., Blagoveshchenskiy, I. G., Makarovskaya, Z. V., & Nazoykin, E. A. (2019). Automation of vacuum freeze-drying products using the combined control method. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti* [News of higher educational institutions. Technology of the textile industry], 2(380), 133-137.
- Balykhin, M. G., Borzov, A. B., & Blagoveshchenskiy, I. G. (2017). The architecture and basic concept of creating an intelligent expert system of food quality control. *Pishchevaya promyshlennost'* [Food industry], 11, 60 - 63.
- Balykhin, M. G., Borzov, A. B., & Blagoveshchenskiy, I. G. (2017). *Methodological foundations of creating expert systems for monitoring and forecasting the quality of food products using intelligent technologies*. Frantera.
- Benosman, R. (2001). *Panoramic vision : Sensors, theory*. New York. XXIV.
- Bitjukov, V. K., Khvostov, A. A., & Rebrikov, D. I. (2008). Expert system for determining the color characteristics of bakery products. In *Sistemy upravleniya i informacionnye tekhnologii* [Management Systems and Information Technologies] (pp. 138 - 141).
- Blagoveshchenskaya, M. M. (2009). *Basics of stabilization of the preparation of multicomponent masses*. Frantera.
- Blagoveshchenskiy, I. G., Makarovskaya, Z. V., Blagoveshchenskaya, M. M., Chuvakhin, S. V., & Mitin, V. V. (2019). Using a digital video camera as an intelligent sensor of an automatic control system for the molding of granular food masses. In *Intellektual'nye sistemy i tekhnologii v otraslyah pishchevoj promyshlennosti* [Intelligent systems and technologies in the food industry branches] (pp. 71 - 75).
- Blagoveshchenskaya, M. M., Santon Kunnikhan, M. P. (2017). The structure of dosing control systems using neural networks. In *Obshcheuniversitetskaya studencheskaya konferenciya studentov i molodyh uchenykh «Den' nauki»* [University Conference of Students and Young Scientists "Science Day"] (pp. 263 - 267).
- Fattal, R. (2007). Image upsampling via imposed edges statistics. *ACM Transaction on Graphics*, 26(3), Article 95. <http://doi.acm.org/10.1145/1239451.1239546>
- Fisher, R. A. (2006). *The Use of Multiple Measurements in Taxonomic Problems*. Annals of Eugenics.
- Garcia, L. A., Arguesso, F., Garcia, A. I., & Diaz, M. (1995). Application of neural networks for controlling and predicting quality parameters in beer fermentation. *Journal of industrial microbiology*, 5, 28 - 35.
- Gardner J., & Bartlett P. (1998). *Electronic Noses: Principles and Applications*. Oxford University Press.
- Gorban, A. N. (2007). *Principal Manifolds for Data Visualisation and Dimension Reduction*. Springer.
- Komarinskiy, S. (2008). The Cognitive Visualization System. In *Astronomical Data Analysis Software and Systems (ADASS) XVII* (pp. 252 - 386).
- Krylova, L. A., Blagoveshchenskiy, V. G., & Tatarinov, A. V. (2017). Development of intelligent hardware and software systems for monitoring the separation of dispersed food masses based on intelligent technologies. In *Razvitie pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti Rossii: kadry i nauka* [The Development of the Food and Processing Industry of Russia: Personnel and Science] (pp. 199 - 201). Publishing complex MGUPP.
- Legin, A., Rudnitskaya, A., Vlasov, Yu., Di Natale, C., & D'Amico, A. (1999). *Sensors and Actuators*. West Publishing Company.
- Lurie I. S. (1989). *Tekhnologiya i tekhnologicheskij kontrol' konditerskogo proizvodstva* [Technology and technological control of confectionery production] (pp. 243 - 318). Legkaya i pishchevaya promyshlennost'.
- Newton, D. E. (2007). *Food Chemistry*. Facts On File.
- Petrov, A. Yu., Blagoveshchenskaya, M. M., Blagoveshchenskiy, V. G., Ionov, A. V., & Blagoveshchenskiy, I. G. (2019). The main principles in building a computer vision system in the baking industry. In *Intellektual'nye sistemy i tekhnologii v otraslyah pishchevoj promyshlennosti* [Intelligent systems and technologies in the food industry industries] (pp. 121 - 126).
- Petryakov, A. N., Blagoveshchenskaya, M. M., Blagoveshchenskiy, V. G., & Krylova, L. A. (2018). The

- use of object-oriented programming methods to control the quality indicators of confectionery products. *Konditerskoye i khlebopekarnoye proizvodstvo* [Confectionery and bakery production], 5 – 6 (176), 21-23.
- Petryakov, A. N., Blagoveshchenskaya, M. M., Blagoveshchenskiy, V. G., Mitin, V. V., & Blagoveshchenskiy, I. G. (2019). Improving the quality of identification and positioning of an object in digital stereo images using depth mapping algorithms. In *Intellektual'nye sistemy i tekhnologii v otraslyah pishchevoj promyshlennosti* [Intelligent systems and technologies in the food industry industries] (pp. 133 – 138).
- Savostin, S. D., Blagoveshchenskaya, M. M., & Blagoveshchenskiy, I. G. (2016). *Avtomatizatsiya kontrolya pokazatelej kachestva muki v processe razmola s ispol'zovaniem intellektual'nyh tekhnologij* [Automation of control of flour quality indicators during grinding using intelligent technologies]. Frantera.
- Semenov, G. V., Krasnova, I. S., Suvorov, O. A., Shuvalova, I. D., & Posokhov, N. D. (2015). Influence of freezing and drying on phytochemical properties of various fruit. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 12(2), 1311-1320.
- Semenov, G. V., Tikhomirov, A. A., & Krasnova, I. S. (2016). The choice of the parameters of vacuum freeze drying to Thermolabile materials with desired quality level. *International Journal of Applied Engineering Research*, 11(13), 8056-8061.
- Storch L.V. (2013). *Sovershenstvovanie tekhnologii hleba dlya shkol'nogo pitaniya s primeneniem avtomatizirovannoj sistemy kontrolya cveta izdelij* [Improving the technology of bread for school meals using an automated color control system for products] : Abstract. dis.... cand. tech. Sciences. VGUIT.
- Sun, D. W. (2008). *Modern Techniques for food authentication*. Academic Press.
- Tikhomirov, A. A., & Matison, V. A. (2016). A study on the problem of customer relation ship-oriented design food. *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, 7(4), 2680-2690.
- Tikhomirov, A. A., & Matison, V. A. (2016). On the application of consumer evaluation in developing new food products. *International Journal of Applied Business and Economic Research*, 14(14), 735-746.
- Wilson, C. I., & Threapleton L. (2003). Application Of Artificial Intelligence For Predicting Beer Flavours From Chemical Analysis. In *European Brewery Convention* (pp. 18 – 25).