

Прогнозирование развития отраслевой экономической системы предприятий хлебобулочной промышленности на основе методов кластеризации фазовых портретов

Логунова Нина Юрьевна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет
пищевых производств»

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

E-mail: logunina@yandex.ru

Задача прогнозирования развития предприятий является актуальной, в том числе для хлебобулочной промышленности. Большой объем данных требует специальных методов обработки. Агрегация данных приводит к недопустимым погрешностям, поэтому необходимо разработать методику анализа больших данных, не требующую их предварительной обработки. В статье предлагается метод, основанный на построении траектории развития предприятий хлебобулочной промышленности в виде фазового портрета, включающего не только значения показателей, но и значения их первых и вторых производных, что позволяет формировать кластеры наиболее близких траекторий. Сформированные кластеры дают дополнительные возможности управления предприятиями и хлебобулочной отраслью в целом с целью максимизации эффективности: прогнозирования развития предприятий, уточнения неявных критериев развития, учета плохо формализуемых условий деятельности. Рассмотрена задача построения траекторий развития подсистем отраслевой экономической системы, формирующих макросистему пищевой промышленности. Введена метрика, в фазовом пространстве, учитывающая свойства траекторий развития. Для этого использована обобщенная метрика, учитывающая корреляционные матрицы показателей подсистемы как временных рядов. Формирование кластеров фазовых траекторий путем экстраполяции средних фазовых траекторий позволяет определить ожидаемые значения параметров при различных горизонтах планирования, выделить точки слияния фазовых траекторий и, наоборот, точки бифуркаций. Таким образом, предлагается методологический подход для анализа поведения и выбора стратегии развития отраслевой экономической системы предприятий хлебобулочной промышленности на основе методов кластеризации фазовых портретов, что позволяет использовать данные о предприятии без дополнительной обработки и обеспечить устойчивость по отношению к генерации псевдоцелей.

Ключевые слова: прогнозирование, макросистемы, управленческий учет, динамика развития подсистем, метрика Евклида – Махаланобиса, максимизация эффективности, различные горизонты планирования, фазовые портреты, кластер.

Введение

Задачи обработки информации в макросистемах, состоящих из большого количества подсистем, весьма актуальна как с точки зрения прогноза состояния каждой из подсистем, так и с точки зрения обеспечения экономической безопасности. Каждая подсистема в этом случае действует с учетом своих собственных критериев, но информация о работе подсистемы доступна, более того, существует настолько большое число наблюдаемых параметров, что информацию о каждой подсистеме можно рассматривать, как задачу обработки больших данных.

Для эффективного функционирования современного хлебопекарного предприятия необходимо проводить:

- постоянный мониторинг рынка хлебобулочных изделий;
- работы, направленные на расширение ассортимента и внедрение его в производство;
- постоянный контроль качества выпускаемых изделий.

Кроме того, продукция хлебозаводов должна реализовываться через торговые сети и различные магазины, а сами хлебозаводы должны обеспечи-

вать снабжение хлебом и хлебобулочными изделиями довольно обширные территории.

При создании информационных систем неизбежно возникают проблемы, связанные с формальным - математическим и алгоритмическим описанием решаемых задач. От степени формализации во многом зависят эффективность работы всей системы, а также уровень автоматизации, определяемый степенью участия человека при принятии решения на основе получаемой информации. Данные факты, распределенный характер размещения предприятий хлебопекарной промышленности и усложняющийся характер функционирования делают построение комплексного методического аппарата для создания распределенных информационных систем актуальной проблемой (Тишковский, 2013).

Задачи управления предприятиями хлебобулочной промышленности, где ассортимент хлебобулочной продукции состоит из большого числа наименований, требуют проведения анализа больших данных (Кузьминов, 2018). Это позволяет управлять логистикой отрасли, оптимизировать технологические режимы реализовать алгоритмы поддержки принятия решений (Никитина и др., 2018) Методы анализа больших данных включают методы агрегирования (кластерный и индексный анализ) и математической статистики (методы регрессионного и факторного анализа, анализа отклонений)(Качалов и др., 2017).

Экономические процессы, как правило, представляют собой стохастические нестационарные временные ряды. Поэтому оптимальное прогнозирование невозможно без использования экономико-математических моделей, на основании которых можно не только предсказывать поведение временных рядов, но и устанавливать доверительные границы получаемых прогнозов.

На основании исследования временных рядов объема выпуска и цен на ряд видов хлебобулочных изделий, а также цены на муку, как основного вида сырья, в работе показано, что выделенные тренды не устраняют присутствие циклической составляющей, которая отражает поведение временных рядов на коротких интервалах времени и утверждается, что эффективное управление хлебопекарными предприятиями реально лишь с использованием краткосрочных прогнозов (Новиков, 2001)

Ряд задач, прежде всего задачи определения финансовой устойчивости, прогнозирования хо-

зяйственной деятельности и другие задачи прогнозирования развития отраслевой экономической системы предприятий хлебобулочной промышленности на основе методов кластеризации фазовых портретов не могут быть надежно решены путем вычисления индексов или векторов индексов, так как принципы агрегирования и весовые коэффициенты при формировании индексов выбираются путем экспертной оценки, а значит, при формировании индекса учитывается субъективное мнение эксперта (Литвак, 2004). Кроме того, индексы дают информацию о статике, тогда как для прогноза необходимо учитывать динамику развития предприятий отрасли. Необходимо обрабатывать не только текущее состояние предприятий отрасли, но и изменения, а, в ряде случаев, и скорости изменения параметров данных предприятия (Цирлин и др., 2002). Отсутствие универсального метода прогнозирования, использование интуитивных методов, экспертных оценок характерно для ситуации, когда большое количество данных не может быть полноценно обработано. Развитие систем искусственного интеллекта и компьютерной техники обеспечивает возможность обработки потоков данных высокой интенсивности, увеличение эмпирических данных способствует повышению точности и (или) надежности прогноза (Басовский, 2010). Статистические методы прогнозирования, как правило, предполагают построение линии регрессии как зависимости математического ожидания параметров предприятий отрасли во времени и ее экстраполяцию для определения наиболее вероятного значения вектора параметров состояния предприятия $x(T)$ в точке прогноза T . В этом случае требуется прежде всего доказать нормальность закона распределения $x(t)$ в каждой точке t или доказать корректность вычисления линии регрессии при ином типе распределения (Старокожева & Ларькина, 2008; Касьяненко & Полоско, 2015). Применение регрессионных моделей и факторного анализа позволяет при сравнительно небольших вычислительных мощностях оценить финансовое состояние предприятий отрасли, однако в каждом конкретном случае выделение факторных признаков и выбор вида регрессионной линии проводятся также методом экспертных оценок (например, по обучающей выборке), что вносит элемент субъективности и снижает эффективность работы алгоритма.

Само наличие большого выбора методов расчета и показателей финансовой устойчивости предприятий означает, что результат прогноза существенно зависит от особенностей рынков отраслевой экономической системы предприятий хлебобулочной

промышленности, на которых функционируют предприятия, неучтенных параметров предприятий, в частности инноваций и других параметров и условий.

Задача – найти методологический подход, позволяющий для любого предприятия или группы предприятий (отрасли) сформировать прогноз финансового состояния, обеспечить возможность сравнения и оценки путей развития различных предприятий отрасли, что даст дополнительную информацию для регулирования рынка инноваций отраслевой экономической системы предприятий хлебобулочной промышленности.

Несмотря на то, что в последнее время в работах ученых и в периодической печати проблемам риска в деятельности предприятий уделяется достаточно большое внимание, практически отсутствует обобщенная методика анализа и интегральной оценки социально-экономического и технологического рисков с учетом специфики предприятий хлебобулочной промышленности, не получены количественные оценки влияния факторов производства на риск невостребованности произведенной продукции и конечные экономические результаты хозяйственной деятельности хлебопекарного предприятия (Спивак, 1999).

Однако в настоящее время остаётся нерешённым вопрос совместного, эффективного использования инвестиционной и инновационной деятельности предприятий, на основе маркетинговых исследований, которые являются важнейшими источниками увеличения прибыли. Необходимо разработать модель совместного осуществления инновационно-инвестиционных процессов на предприятиях хлебобулочной промышленности, построенную с учётом маркетинговых исследований, не только по критериям социально-экономической, но и *технологической* целесообразности (Буранова, 2001).

Решение стратегических вопросов развития компаний является стержнем всей системы управления отраслью, поскольку стратегии компаний – это комплексный план управления, который, с одной стороны, позволяет укрепить положение отдельной компании на рынке и обеспечить привлечение и удовлетворение потребностей потребителей, а с другой – обеспечить успешную конкуренцию компаний в достижении глобальных целей отрасли в целом. Процесс выработки стратегии основывается на тщательном изучении всех возможных направлений развития деятельности и заключается в выборе общего направления освоения рынков

инноваций отраслевой экономической системы предприятий хлебобулочной промышленности, методов обслуживания потребностей, конкуренции, привлечения ресурсов и формирования моделей бизнеса (Филатов, 2017).

С понятием стратегии тесно связано понятие модели бизнеса (бизнес-модели). Этим термином обозначается способ получения прибыли от деятельности предприятий. Формально модель бизнеса предприятий связана с экономической составляющей стратегии, с соотношением доходы–издержки–прибыль, с фактическими и планируемыми доходами от сбыта товаров предприятий, со стратегией конкуренции, со структурой издержек, уровнем доходов, потоками прибыли и окупаемостью инвестиций.

На сегодняшний момент совершенствование бухгалтерского учета на основе моделирования» учетных процедур – научное направление, призванное совершенствовать информационное обеспечение деятельности предприятия в условиях сильнейшей конкуренции в хлебопекарной промышленности, требующей моментальной реакции на изменяющиеся ситуации рынка (Голодухина, 2009).

Ряд принципиальных изменений в экономике и хозяйственном механизме, в т.ч. в учете и калькулировании, которые произошли в течение последних лет, не обобщен должным образом, не обобщался и передовой практический опыт. Исследование калькуляционного дела нуждается в дальнейшей разработке, нет единой формы отчетной калькуляции, единообразия в применяемых калькуляционных статьях затрат. Недостаточно используются средства автоматизированной обработки учетной информации.

В настоящее время практически не проработанными остаются вопросы методики и организации управленческого учета в хлебопекарном производстве. До настоящего времени недостаточно полно раскрыто влияние специфики деятельности хлебопекарного производства на организацию учета издержек, нечетко определена взаимосвязь категорий затрат и расходов с позиции теории бухгалтерского учета, часто термин «затраты» отождествляется с понятием «расходы» (Баркова, 2007).

Появилась необходимость в проведении всестороннего анализа сложившихся методических подходов к расчету издержек производства, в разработке эффективной организационно-ме-

тодической базы их снижения и в исследовании влияния издержек производства на конкурентоспособность хлебопекарных предприятий. Назрела потребность в разработке первоочередных организационных мероприятий, направленных на снижение издержек производства предприятий хлебобулочной промышленности, таких как: внедрение ресурсосберегающих технологий; автоматизация системы расчета и прогнозирования издержек производства; формирование маркетинговой политики предприятия в части закупки зерна и реализации готовой продукции (Степаненков, 2000).

Разработка конкурентной стратегии хозяйственной деятельности предприятий хлебобулочной промышленности предполагает наличие объективной информации о прошлом, настоящем и будущем состояниях компании, а также об оптимальном для нее пути перехода из настоящего в будущее. При этом:

- прошлое предприятий должно рассматриваться только в контексте влияния на настоящее. Особое значение имеет обладание накопленным опытом, который может быть использован в деятельности при изменяющихся внешних условиях в дальнейшем;
- текущее состояние предприятий является отправной точкой стратегического развития. Это состояние имеет двойственную природу. С одной стороны, текущее состояние обусловлено самим состоянием компании в рассматриваемый момент времени, с другой стороны, – оно обусловлено состоянием отрасли и рынков. При маркетинговом анализе текущего состояния должна быть проведена ревизия всех ресурсов, которыми обладает компания, а также анализ состояния и прогноз развития отрасли и рынков. Другими словами, при рассмотрении текущего состояния предприятий должны быть проанализированы и выявлены как сильные и слабые стороны предприятий, так и возможности развития отрасли и рыночной среды, в которых они осуществляют хозяйственную деятельность.
- прогноз состояния предприятий в будущем должен базироваться на детальном анализе объективных возможностей предприятий развиваться в условиях развития рыночной среды, с учетом, разумеется, анализа развития отрасли и возможных изменений внешней среды.

Несмотря на значительный объем работ, посвященных процессному управлению предприятием, целый ряд теоретических и практических

вопросов, связанных с данной проблемой, остаются дискуссионными и требуют дополнительного изучения. Так, значительная часть существующих исследований посвящена типовым подходам к описанию моделей бизнес-процессов. Неполно рассмотрены этапы разработки конкурентной стратегии, оценки возможностей ее реализации, ожидаемых результатов и последствий. Для практического решения указанных проблем необходимо системное исследование процесса разработки конкурентной стратегии предприятий хлебобулочной промышленности и методического, организационного и информационного обеспечения (Хайров, 2015).

Очевидно, что для обеспечения успешного функционирования стратегии как отдельного предприятия, так и отрасли в целом необходима поддерживающая учетно-информационная система, которой и является стратегический управленческий учет инновационной деятельности.

Составной частью стратегического управленческого учета является маркетинговый анализ, исследующий перспективную деятельность организации. Использование приемов маркетингового анализа необходимо при обосновании любого управленческого решения, предполагаемого к принятию руководством предприятий.

В связи с развитием инновационной деятельности в экономике России и усложнением деловых связей, приближением к западным стандартам управления, постоянно растет важность активных усилий по оптимизации деятельности бизнеса. Все более актуальной становится необходимость прогнозирования и анализа последствий управленческих решений с учетом всех факторов (Ландсбаун, 2006). Для обоснования и оценки таких решений необходимо применять инструментарий маркетингового анализа.

Управление институциональными факторами эффективной интеграции хлебопродуктового комплекса в отраслевую экономику региона требует глубоких теоретико-методологических исследований. Прежде всего, необходимо показать пространственную составляющую этого феномена, поскольку все процессы рыночной трансформации происходят на конкретной территории (Павленко, 2012), социально-экономическая специфика (Филатов & Булавина, 2020) которой с необходимостью накладывает отпечаток на любые изменения в деятельности игроков хлебопродуктового комплекса как территориальной социально-экономической системы.

В настоящее время возникает острая потребность в проведении маркетингового анализа инновационной деятельности предприятий, включающего в себя решение ряда крупных вопросов, связанных с анализом макро- и микросреды бизнеса, анализом и оценкой рыночной конъюнктуры, анализом инновационных позиций в сегменте рынка инноваций отраслевой экономической системы предприятий хлебобулочной промышленности, анализом потребительского спроса, анализом цен на продукцию и услуги.

Кроме того, рассмотрение данных бухгалтерского учета как информационной базы для принятия управленческих решений предполагает разработку методических основ анализа и оценки стратегических управленческих инициатив, а также стратегических управленческих решений в условиях определенности, неопределенности и риска, что особенно важно для инновационной деятельности и позволяет использовать кластерный анализ данных, основанный на методах коллаборативной фильтрации (Amelkina & Amelkin, 2011).

Бизнес-модель предприятий призвана обеспечить эффективность стратегии с точки зрения получения прибыли. Стратегия определяет методы конкуренции и ведения бизнеса предприятий (не касаясь конкретных финансовых результатов и последствий конкурентной борьбы), а бизнес-модель на основании показателей прибыли и издержек, получаемых в результате применения данной стратегии, обеспечивает жизнеспособность предприятий (Бендат & Пирсол, 1989). Длительный срок работы в своей сфере бизнеса и стабильная удовлетворительная прибыль говорят о наличии у предприятий успешной бизнес-модели, подтверждающей рентабельность и жизнеспособность ее стратегии. Модели бизнеса убыточных предприятий или новичков на рынке часто сомнительны: они должны продемонстрировать хотя бы минимальные положительные результаты и таким образом доказать жизнеспособность предприятий и перспективность их стратегий. Однако, при резких изменениях внешних факторов, например, погодных условий, существенных для предприятий пищевой промышленности, успешность предприятия может оказаться переоцененной. Поэтому наравне с проблемой «холодного старта» необходимо учитывать зоны риска, связанные с неустойчивостью условий, в которых работает предприятие (Образцова & Зяблов, 2014).

Цель работы — на основе макросистемного подхода (Tsirlin & Amelkin, 2001; Амелькин, 2005) разра-

ботать универсальный методологический подход обработки больших данных, что актуально как для отраслевой экономики, так и для других областей деятельности — применение такого метода позволит повысить надежность и точность прогнозов и, соответственно, уровень экономической безопасности при различных рисках, характерных для конкретных экономических макросистем. Такой подход не предполагает предварительной обработки данных, что обеспечивает сравнительно высокую скорость работы алгоритма. На основании проведенной обработки данных с использованием байесовских методов прогноза (Шустова & Амелькин, 2016) можно сравнивать состояния системы в разные моменты времени, что также увеличивает скорость алгоритма за счет использования полученных ранее результатов в качестве априорных оценок.

Данные массива учета необходимы для проведения анализа деятельности предприятий отрасли, такой анализ выполняет важнейшую роль в разработке инновационной стратегии, ее адаптации к специфике компаний и условий реализации. Маркетинговый анализ является частью информационной системы стратегического учета деятельности предприятия.

Материалы и методы исследований

Материалы

Статистические данные завода хлебобулочных изделий по выпуску ассортимента продукции за 18 месяцев 2020-2021 года.

Методы

Алгоритм коллаборативной фильтрации (Понизовкин & Амелькин, 2011) использовался для анализа динамических рядов, полученных в базе бухгалтерских данных предприятия (группы предприятий, отрасли).

Байесовские методы прогноза на основе фазовых траекторий использовался для анализа кластеризованных фазовых траекторий (Шустова & Амелькин, 2016).

Процедура исследования

Был проведен анализ статистических данных, полученных из открытых источников, после чего проведено построение фазовых траекторий выпуска продукции хлебозавода.

Для анализа динамических рядов, полученных в базе бухгалтерских данных предприятия (группы предприятий, отрасли), использовали алгоритм коллаборативной фильтрации (Понизовкин & Амелькин, 2011). Суть его в том, что в качестве исходных данных используются все получаемые значения без предварительной обработки – нормирования, агрегирования и пр. Получаемый многомерный динамический ряд аппроксимируется гладкой кривой $x(t)$ в N -мерном метрическом пространстве. Такая аппроксимация корректна при длительном периоде исследования (Бендат & Пирсол, 1989). Кривая $x(t)$ называется траекторией развития предприятия. Для любых двух кривых $x_1(t), x_2(t)$ в N -мерном метрическом пространстве можно рассчитать расстояние $d(x_1, x_2)$ и усредненную кривую $y(t, x_1, x_2)$ такую, что сумма расстояний от этой усредненной кривой до каждой из исходных траекторий минимально.

Предлагаемая методика основана на построении в N -мерном фазовом пространстве траекторий развития предприятий, определении метрики, позволяющей кластеризовать предприятия со сходными критериями и возможностями развития методами коллаборативной фильтрации, определении множества кластеров, близких по выбранной метрике и проведения анализа и прогнозирования развития предприятий путем кластерного анализа полученного множества.

Такая усредненная кривая $y(t, X)$ является результатом коллаборативной фильтрации данных и может быть построена для любого множества траекторий $X = \{x_1(t), x_2(t), \dots, x_m(t)\}$:

$$\sum_{(i=1)}^m d(y, x_i) \rightarrow \min_{(y(t, X))} \quad (1)$$

Кластером траекторий называется множество траекторий X , для которых максимальное расстояние d_{\max} от усредненной траектории не превышает заданного значения d_0 :

$$d_{\max} = \max_i \{d(y, x_i) | \forall i \in X\} \leq d_0. \quad (2)$$

Построенные кластеры объединяют предприятия, сходные по своему положению на рынках, что обеспечивается большим значением N и условиями корреляции между показателями (Басовский, 2010). Задача прогнозирования в этом случае аналогична задаче распознавания образов: определение расстояния от траектории $x(t)$ до кластера X (Бареева, 2007; Бендат & Пирсол, 1989). При существовании нескольких кластеров $X_j \in Y$ ($j = 1, \dots, M$) необходимо определить минимальное

расстояние $d(y_j, x)$ при ограничении на допустимое отклонение в кластерах:

$$\max_i \{d(y_j, x) | \forall j \in Y\} \leq d_0. \quad (3)$$

При этом величина d_0 может быть определена из решения двухкритериальной задачи $\{M \rightarrow \min; d_0 \rightarrow \min\}$.

Выбор метрики

Важным элементом методики кластерного анализа является выбор метрики в N -мерном пространстве динамических рядов. При выборе метрики, определяющей расстояние между траекториями $x_1(t), x_2(t)$ необходимо учитывать не только расположение средних точек траекторий x_1, x_2 , но и корреляционные зависимости между параметрами траекторий. Исходя из этого, в качестве метрики удобно воспользоваться обобщенной метрикой Евклида – Махаланобиса (Земенцкий, 2017):

$$d_G = (\bar{x}_1 - \bar{x}_2)^T A^{-1} (\bar{x}_1 - \bar{x}_2), \quad (4)$$

где матрица A является некоторой функцией $A = \Phi(C_1, C_2)$ корреляционных матриц параметров траекторий C_1, C_2 , такой чтобы:

- матрица A должна быть симметрической и положительно определенной;
- если параметры траекторий не коррелированы друг с другом, что может быть связано как с независимостью параметров, так и с особенностями траекторий, т. е. если $C_1 = C_2 = 0$, то матрица A должна быть равна единичной матрице E , что соответствует Евклидовому расстоянию между траекториями.

Отметим, что элементами корреляционных матриц являются ковариационные моменты, связывающие параметры предприятий. Корреляционные моменты характеризуют не только степень зависимости между переменными, но и величину наклона регрессионной линии. Таким образом, при использовании функции корреляционных матриц $\Phi(C_1, C_2)$ для определения расстояния между траекториями, можно учесть направление траекторий, и при совпадении направлений при прочих равных условиях расстояние будет минимальным, а в случае, когда направления траекторий перпендикулярны – максимальным. Для этого необходимо, чтобы абсолютные значения элементов матрицы A монотонно зависели от разности соответствующих элементов матриц C_1 и C_2 . Такой функцией может быть

$$\Phi(C_1, C_2) = |C_1 - C_2| + E. \quad (5)$$

В этом случае условия, накладываемые на функцию $\Phi(C_1, C_2)$ выполняются, что означает, что при использовании матрицы $A = \Phi(C_1, C_2)$ в (4) величина dG удовлетворяет всем метрическим свойствам.

Параметры развития предприятия имеют размерности, причем хотя размерности элементов вектора $x(t)$ могут быть различны, но для разных траекторий $x_1(t)$ и $x_2(t)$ размерности соответствующих элементов одинаковы. В этом случае элементы корреляционных матриц также размерны: $[c_{\nu\mu}] = [x_\nu] \cdot [x_\mu]$. Для обеспечения корректности вычислений необходимо, чтобы элементы единичной матрицы также были размерны и их размерности совпадали с размерностями соответствующих элементов корреляционной матрицы. Вычисленное значение расстояния dG в этом случае безразмерно, хотя на него будут влиять изменения размерности параметров с учетом масштаба. Решение задач (2) и (3) зависит от выбранного значения d_0 , которое может меняться в зависимости от масштаба измерения.

Байесовские методы прогноза на основе фазовых траекторий

Анализ кластеризованных фазовых траекторий позволяет значительно расширить возможности экономического анализа в условиях больших данных. При большом объеме данных можно точкам z $3N$ -мерного фазового пространства поставить в соответствие вектор плотностей вероятностей рисков событий R_k ($k = 1, \dots, l$) $p(z) = (p_1(z), p_2(z), \dots, p_l(z))$; таким образом, например, выделяем области благоприятного и неблагоприятного финансового состояния как дополнительные оценочные кластеры точек z . Множество достижимости $D(z_0, T)$ включает все точки z , в которые предприятие может перейти за время T из точки z_0 . Вероятностная мера $P(z|z_0)$ – условная плотность вероятности достижения точки z при движении в кластере из точки z_0 определяет приближение кластера фазовых траекторий к оценочным кластерам в течение заданного промежутка времени T (горизонта планирования): $\int_{D(z_0, T)} P(z|z_0) dz = 1$.

Полная вероятность наступления рисков событий $P(R)$ может быть использована в качестве критерия финансового благополучия предприятия:

$$P(R) = \int_{D(z_0, T)} p(z)P(z|z_0) dz.$$

Аналогично можно выделить оценочные кластеры и для других событий, которые могут быть предметом финансового или иного социально-экономического анализа предприятий отраслевой экономической системы хлебобулочной промышленности.

На примере иерархической системы рынок–отрасль–предприятие (Амелькин & Логунова, 2018, Мелехин, 2019) получен универсальный для анализа поведения и выбора стратегии управления макросистем методологический подход обработки больших данных. Методологический подход основан на определении в фазовом пространстве метрики, позволяющей кластеризовать предприятия отраслевой экономической системы хлебобулочной промышленности со сходными критериями и возможностями развития.

Результаты и их обсуждение

Период технологического переоснащения предприятий хлебобулочной отрасли как период перевода производства на новую ступень инновационного развития, как правило, сопряжен с временной потерей производственных мощностей. При этом, чем больше уровень радикальности технологических инноваций, тем больше потери времени на переоснащение, масштабнее затраты средств на него и значительнее потери дохода от реализации. С другой стороны, чем более высокого уровня производственная технология будет внедрена, тем больше будет отдача от производства. (Наруков, 2010) Технологическое переоснащение предприятий хлебобулочной промышленности, как правило, сопряжено с высокой степенью износа основных фондов (Таблица 1)

Сложившаяся ситуация характеризуется высоким уровнем конкуренции на рынке сбыта основной продукции хлебопекарных предприятий - хлеба и хлебобулочных изделий. Следует отметить, что неблагоприятная тенденция в производстве происходит на фоне проблем в области стратегии и тактики конкурентной борьбы, несовершенстве в механизме управления конкурентоспособностью предприятия, что замедляет темпы экономического роста хлебопекарных предприятий (Таблица 2, Таблица 3).

В Таблице 3 представлены данные по производству основных видов пищевых продуктов.

В настоящее время трудно представить себе деятельность хлебопекарного предприятия без не-

Таблица 1

Степень износа основных фондов на конец года по субъектам Российской Федерации, по полному кругу организаций, в процентах* **

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Российская Федерация	45,3	45,3	47,1	47,9	47,7	48,2	49,4	47,7	48,1	47,3	46,6	37,8	39,0
Центральный федеральный округ	39,8	40,0	43,8	44,9	44,4	45,6	46,9	43,7	43,5	41,1	39,4	30,5	31,6
Белгородская область	37,8	38,1	38,2	38,5	40,3	42,5	43,5	44,0	44,4	43,9	44,5	32,5	33,2
Брянская область	49,9	50,3	50,4	49,2	49,3	49,3	49,5	49,9	47,8	48,2	48,6	35,7	37,0
Владимирская область	41,0	42,1	42,3	44,3	44,6	45,4	42,0	43,8	43,8	42,0	45,1	38,2	39,2
Воронежская область	47,3	46,1	47,5	46,2	47,2	47,1	45,4	44,8	44,8	39,1	40,3	31,4	31,3
Ивановская область	48,1	49,7	50,2	67,5	44,6	46,4	50,4	49,9	52,9	52,8	52,6	36,8	37,7
Калужская область	47,2	44,5	42,1	43,0	43,9	42,1	40,9	40,7	42,2	42,8	43,6	33,9	34,7
Костромская область	51,8	53,1	54,8	56,2	57,5	58,5	59,3	58,9	59,2	53,1	54,0	48,9	49,2
Курская область	53,2	53,1	53,8	53,2	53,0	52,5	54,4	52,0	51,4	48,9	50,4	33,9	35,7
Липецкая область	50,5	51,8	52,9	52,6	52,5	49,7	48,4	49,8	50,3	49,3	50,0	46,1	46,8
Московская область	40,5	41,4	42,2	43,8	44,0	45,2	46,4	40,9	42,2	37,8	38,9	24,1	25,9
Орловская область	45,3	46,6	47,0	49,2	46,9	47,5	49,9	50,6	50,2	50,2	48,6	35,7	36,6
Рязанская область	48,5	50,2	52,3	51,1	50,0	49,0	52,5	51,2	52,9	54,1	54,3	40,8	41,7
Смоленская область	50,8	52,4	52,6	52,2	50,2	51,3	52,7	51,0	51,2	51,8	52,2	51,2	47,1
Тамбовская область	48,1	48,7	50,1	50,0	49,4	48,2	49,8	50,1	50,7	49,4	48,6	43,7	44,6
Тверская область	47,2	47,0	47,4	50,9	48,4	49,9	46,3	49,7	47,8	47,8	47,6	44,8	44,6
Тульская область	42,5	41,5	41,6	42,8	41,7	42,3	42,6	41,3	41,3	42,3	41,7	31,0	32,6
Ярославская область	51,8	52,2	53,3	50,8	51,1	50,7	47,4	49,4	49,3	48,6	47,6	45,6	45,7
г. Москва	36,1	35,9	42,0	43,0	43,0	44,6	46,7	42,4	41,9	39,3	36,3	29,1	30,2

* Показатель степени износа основных фондов рассчитан как отношение накопленного на конец года износа основных фондов (разницы полной учетной и остаточной балансовой стоимости) к полной учетной стоимости основных фондов по видам на ту же дату, в процентах.

** Федеральная служба государственной статистики. <https://rosstat.gov.ru/>

прерывной конкурентной экономической борьбы, способность предприятия работать в динамичной конкурентной среде, как минимум в неизменном виде, а лучше с положительной динамикой, является фактором грамотно выстроенного организационно-экономического механизма управления конкурентоспособностью. Несвоевременная реакция предприятия на изменения потребностей рынка несет реальный финансовый ущерб.

Все вышеперечисленное, а также отсутствие организационно-экономического механизма управления конкурентоспособностью хлебопекарных предприятий, позволяющего разработать и реализовать стратегию, направленную на формирование долговременных конкурентных преимуществ и повышение экономической эффективности предприятий (Гаджибек, 2012).

При использовании метрики (4), (5) для анализа временных рядов возникают две проблемы:

При $\overline{x_1} = \overline{x_2}$ $dG = 0$ вне зависимости от направления траекторий.

- Если $x_1(t)$ и $x_2(t)$ – противоположно направленные траектории, то корреляция между ними существенна и не отличается от корреляции между сонаправленными траекториями. Вместе с тем расстояние между такими траекториями должно быть существенно.

Для решения этих проблем необходимо учитывать направление изменения параметров предприятий, а не ограничиваться изучением временного ряда, как статистического множества точек. Расширим пространство параметров, до-

Таблица 2

Потребление хлебных продуктов (на душу населения в год; килограммов)*

	2015	2016	2017	2018	2019	2019, в % к 2018	2020	2020, в % к 2019
Российская Федерация	118	117	117	116	116	100,0	116	100,0
Центральный федеральный округ (ЦФО)	120	119	119	117	117	100,0	117	100,0
Белгородская область	139	141	141	140	139	99,3	139	100,0
Брянская область	107	110	109	104	107	102,9	103	96,3
Владимирская область	116	117	119	118	118	100,0	115	97,5
Воронежская область	137	135	135	134	133	99,3	134	100,8
Ивановская область	110	107	109	111	112	100,9	113	100,9
Калужская область	110	110	111	109	109	100,0	109	100,0
Костромская область	101	102	102	103	104	101,0	104	100,0
Курская область	146	146	146	146	146	100,0	142	97,3
Липецкая область	144	144	145	144	144	100,0	145	100,7
Московская область	123	122	122	120	119	99,2	121	101,7
Орловская область	111	113	115	116	118	101,7	117	99,2
Рязанская область	116	116	117	118	119	100,8	120	100,8
Смоленская область	123	122	125	125	126	100,8	125	99,2
Тамбовская область	154	155	155	153	153	100,0	154	100,7
Тверская область	130	133	128	126	122	96,8	124	101,6
Тульская область	105	105	111	111	107	96,4	108	100,9
Ярославская область	99	95	96	96	97	101,0	96	99,0
г. Москва	112	110	108	106	106	100,0	106	100,0

* Потребление основных продуктов питания населением Российской Федерации. <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13278?print=1>

бавив скорости изменения параметров предприятий, а, в случае достаточно большого периода наблюдений – изменения скоростей параметров предприятий. При гладкой аппроксимации параметров полученный вектор можно записать, как $z(t) = (x(t), x'(t), x''(t))$. Размерность пространства при этом увеличивается до $3N$.

Равенство средних значений векторов $z_1(t), z_2(t)$ может быть достигнуто только при равных значениях $\overline{x_1} = \overline{x_2}, \overline{x_1'} = \overline{x_2'}$ и $\overline{x_1''} = \overline{x_2''}$, что соответствует одинаковым направлениям первых двух производных. Одновременно решается и вторая задача, так как при противоположно направленных

Таблица 3

Производство отдельных видов пищевых продуктов*

	2019		2020		
	год	I квартал	I полугодие	9 месяцев	год
	тысяч тонн				
Мука из зерновых культур, овощных и других растительных культур; смеси из них	9417	2283	4530	6751	9164
Крупа, мука грубого помола и гранулы из зерновых культур, не включенные в другие группировки	1001	256	499	709	984
	в процентах к соответствующему периоду предыдущего года				
Мука из зерновых культур, овощных и других растительных культур; смеси из них	101,2	100,9	101,3	98,8	97,3
Крупа, мука грубого помола и гранулы из зерновых культур, не включенные в другие группировки	98,7	99,4	103,5	98,9	98,3

* О производстве круп по виду в России в 2017-2021 гг. <https://ab-centre.ru/news/o-proizvodstve-kруп-po-vidu-v-rossii-v-2017-2021-gg>

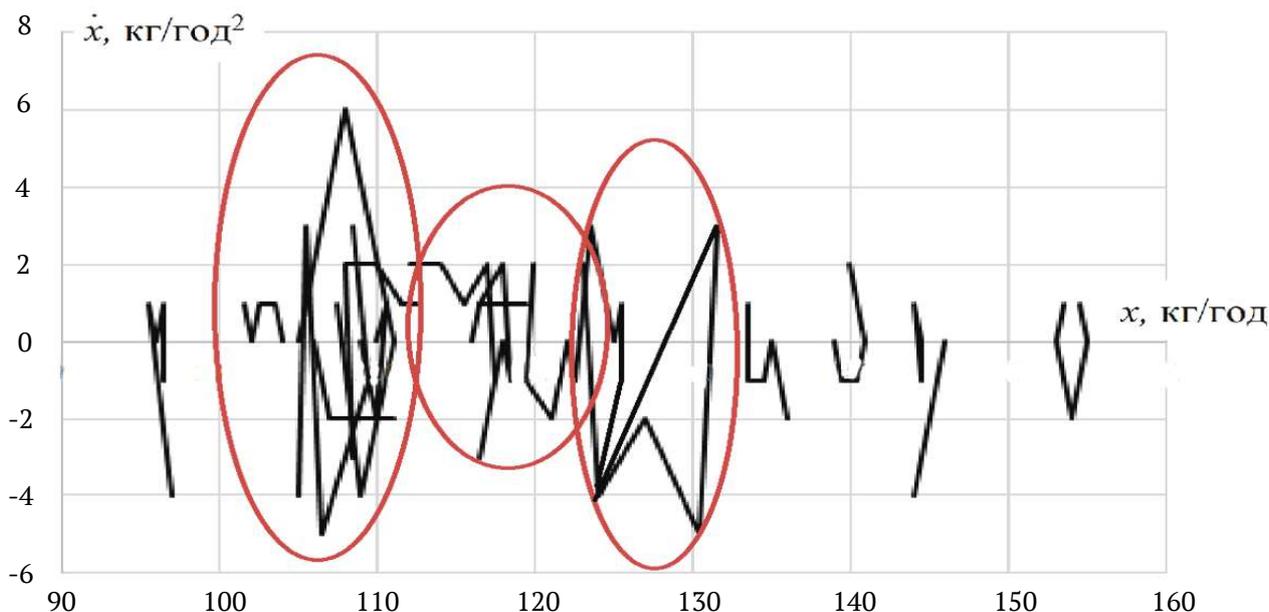


Рисунок 1. Кластеризация хлебобулочной отрасли по среднему потреблению хлебобулочных изделий x (кг/год)

ных траекториях скорости изменения параметров отличаются знаками, что существенно увеличивает расстояние между траекториями.

Вектор $z(t)$ формирует фазовую траекторию предприятия. При формировании кластеров фазовых траекторий можно путем экстраполяции средних фазовых траекторий определить ожидаемые значения параметров при различных горизонтах планирования, выделить точки слияния фазовых траекторий и, наоборот, точки бифуркаций.

В условиях больших данных создать наглядное представление траекторий предприятий без дополнительного агрегирования показателей хозяйственно-финансовой деятельности затруднительно. По общим результатам работы предприятий хлебобулочной промышленности можно сделать некоторые выводы. Фазовый портрет предприятий хлебобулочной промышленности по результатам их деятельности (потреблению хлебобулочных изделий на душу населения в год) выявляет три кластера развития (Рисунок 1). Первый кластер характеризуется сравнительно большой дисперсией при относительно низком уровне потребления, второй — устойчивым потреблением, третий — наличием циклов.

Выводы

Построение метрики и использование фазовых портретов как траекторий вектора $z(t) = (x(t), x'(t))$,

$x''(t)$ позволяет использовать данные о предприятии без дополнительной обработки, что обеспечивает устойчивость по отношению к генерации псевдоцелей. Это особенно важно для предприятий пищевой промышленности, где плохо формализуемые качественные показатели значительно влияют на экономическую эффективность их работы.

В этом же пространстве можно выделить области, соответствующие различным уровням риска на каждой страте иерархической системы. Анализ развития траекторий кластеров и траекторий отдельных предприятий в рамках включающего их кластера обеспечивает высокие показатели надежности и полноты прогноза, рассчитанного на основе байесовских методов с различными горизонтами прогноза.

Практическое применение предложенного метода ограничивается проблемой «холодного старта»: для эффективной работы алгоритма необходимо наличие данных за продолжительный, статистически значимый период. При этом необходимо учесть внешние изменения: инфляционные процессы, изменения условий рынка, изменения предпочтений потребителя. Второй проблемой, требующей решения, является неоднородность данных для различных предприятий: ряд показателей, различных для разных предприятий, может быть ненаблюдаемым, общего стандарта мониторинга предприятий нет. Решение этих проблем позволит существенно повысить качество про-

гноза. Пути решения связаны с использованием метода коллаборативной фильтрации, но математическое обеспечение требует дальнейшей разработки.

Литература

- Амелькин, С. А. (2005). Предельные возможности процесса ресурсообмена в неоднородной открытой микроэкономической системе. *Математическое моделирование*, 4, 96-104.
- Амелькин, С. А., & Логунова, Н. Ю. (2018). Иерархические макросистемы как модели технологических бизнес-процессов в пищевой промышленности. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 4, 84-91.
- Афанасьева, Ю. И., & Шурпо, А. Н. (2019). Возможности цифровизации пищевых предприятий при обеспечении продовольственной безопасности России. *Вестник Брянского государственного технического университета*, 6, 77-83.
- Бареева, Л. А. (2007). *Развитие системы учетно-информационного обеспечения управления затратами хлебозаводов* [Кандидатская диссертация, Воронежский государственный аграрный университет им. К.Д. Глинки]. Воронеж, Россия.
- Басовский, Л. Е. (2010). *Прогнозирование и планирование в условиях рынка*. М.: ИНФРА-М.
- Бендат, Д. С., & Пирсол, А. Д. (1989). *Прикладной анализ случайных данных*. М.: Мир.
- Березин, И. С. (2003). *Практика исследования рынков*. М.: Бератор-Пресс.
- Буранова, Е. А. (2001). *Экономическое обоснование взаимодействия инвестиционных и инновационных процессов на предприятиях хлебопекарной отрасли* [Кандидатская диссертация, Рязанская государственная сельскохозяйственная академия]. Рязань, Россия.
- Гаджибек, В. П. (2012). *Организационно-экономический механизм управления конкурентоспособностью хлебопекарных предприятий: На примере предприятий Приморского края* [Кандидатская диссертация, Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет]. Владивосток, Россия.
- Голодухина, О. Н. (2009). *Развитие учетно-информационного обеспечения коммерческих организаций на основе моделирования учетных процедур* [Кандидатская диссертация, Рязанская государственная академия профессиональной переподготовки и повышения квалификации руководящих работников и специалистов инвестиционной сферы]. М., Россия.
- Земенцкий, Ю. В. (2017). Проблема экономической эффективности кластерных организаций. В *Проблемы обеспечения финансовой безопасности и эффективности экономических систем в XXI в.: Материалы Международной научно-практической конференции* (с. 72-77). СПб.: Санкт-Петербургский университет технологий управления и экономики.
- Касьяненко, Т. Г., & Полоско, А. С. (2015). Применение корреляционно-регрессионного анализа в оценке бизнеса сравнительным подходом. *Российское предпринимательство*, 20, 3611-3622.
- Качалов, Д. Л., Мишустин, А. В., & Фархадов, М. П. (2017). Современные методы обработки больших данных в крупномасштабных системах. В *Математические модели современных экономических процессов, методы анализа и синтеза экономических механизмов. Актуальные проблемы и перспективы менеджмента организаций в России: Труды 11-й Всероссийской научно-практической конференции* (вып. 11, с. 65-70). Самара: Самарский федеральный исследовательский центр Российской академии наук.
- Кузьминов, И. Ф. (2018). Ключевые тренды развития агротехнологий и пищевой промышленности: Анализ больших данных. *Вопросы питания*, 87(5), 222-223. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10332>
- Ландсбаум, М. Маркетинг. 2006. 21 век: Практическое пособие / М. Ландсбаум – Москва: ТК Велби, Проспект, 448 с.
- Литвак Б. Г. (2004). Экспертные технологии в управлении: учеб. пособие. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Дело, 2004. - 400 с.
- Мартемьянов, Ю. Ф., & Лазарева, Т. Я. (2010). *Экспертные методы принятия решений*. Тамбов: Тамбовский государственный технологический университет.
- Мелехин, В. Б., & Хачумов, В. М. (2019а). Многоуровневая модель ситуационного управления технологическими процессами обработки деталей в машиностроении. *Проблемы управления*, 1, 73-82. <https://doi.org/10.25728/ru.2019.1.8>
- Мелехин, В. Б., & Хачумов, В. М. (2019б). Оптимальное управление развитием машиностроительных предприятий. *Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика*, 8, 44-51. <https://doi.org/10.25791/pribor.08.2019.826>
- Наруков, В. В. (2010). *Управление технологическим переоснащением производства: Инновационный аспект* [Кандидатская диссертация, Государственная академия профессиональной переподготовки и повышения квалификации руководящих работников и специалистов инвестиционной сферы]. М., Россия.
- Никитина, М. А., Пчелкина, В. А., & Кузнецова, О. А. (2018). Технологические решения интеллектуальной обработки данных в пищевой промышленности

- сти. *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*, 80(2), 256-263.
- Новиков, В. С. (2001). *Совершенствование информационной технологии управления перерабатывающими предприятиями агропромышленного комплекса: на примере хлебопекарной промышленности Ивановской области* [Кандидатская диссертация, Ивановская государственная сельскохозяйственная академия]. Иваново, Россия.
- Образцова, А. А., & Зяблов, А. А. (2014). Основные направления и методы повышения эффективности производства на предприятиях пищевой промышленности. В *Индустриализация современного общества: Теория и практика* (с. 38-41). М.: Московский государственный университет пищевых производств.
- Павленко, Н. В. (2012). *Институциональная интеграция хлебопродуктового территориального комплекса в экономическое пространство региона: На материалах Ставропольского края* [Кандидатская диссертация, Северо-Кавказский государственный технический университет]. Майкоп, Россия.
- Понизовкин, Д. М., & Амелькин, С. А. (2011). Математическая модель коллаборативных процессов принятия решений. *Программные системы: Теория и приложения*, 4, 147-151.
- Спивак, А. А. (1999). *Оценка рисков производственной деятельности хлебопекарных предприятий потребительской кооперации* [Кандидатская диссертация, Белгородский университет потребительской]. Белгород, Россия.
- Старокожева, Л. Г., & Ларькина, Е. В. (2008). Определение финансовой устойчивости отрасли: проблемы построения динамической модели. *Таможенная политика России на Дальнем Востоке*, 2, 106-115.
- Степаненков, В. И. (2000). *Методические и организационные основы снижения издержек производства на предприятиях регионального хлебопекарного комплекса* [Кандидатская диссертация, Московская государственная технологическая академия]. М., Россия.
- Тишковский, Д. В. (2013). *Разработка методического аппарата для создания информационной системы предприятий хлебопекарной промышленности региона* [Кандидатская диссертация, Кубанский государственный технологический университет]. Краснодар, Россия.
- Филатов, В. В. (2017). *Развитие промышленного комплекса России на основе регулирования отраслевого рынка инноваций* [Докторская диссертация, Институт проблем рынка Российской академии наук]. М., Россия.
- Филатов, В. В., & Булавина, Т. А. (2020). Социально-экономические аспекты применения инновационных технологий в производстве хлебобулочных, макаронных и кондитерских изделий. *Health, Food & Biotechnology*, 2(2), 75-91. <https://doi.org/10.36107/hfb.2020.i2.s317>
- Хайров, Р. Р. (2015). *Процессный подход к разработке конкурентной стратегии предприятий хлебопекарной промышленности* [Кандидатская диссертация, Ростовский государственный экономический университет]. Ростов-на-Дону, Россия.
- Цирлин, А. М., Амелькин, С. А., & Амелькина, М. А. (2002). Модель производственной фирмы в открытой микроэкономической системе. *Математическое моделирование*, 14(4), 21-34.
- Шелехова, Н. В., Поляков, В. А., Серба, Е. М., & Шелехова, Т. М. (2018). Перспективы применения IT-технологий на предприятиях пищевой промышленности. *Пищевая промышленность*, 12, 86-89.
- Шустова М.В., Амелькин С.А. 2016. Прогнозирование состояния технической системы на основе байесовской оценки // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016661083, дата приоритета: 29.07.2016, дата регистрации: 29.09.2016
- Amelkin, S. A., & Gagarina, L. G. (2021). Extreme performance of heat engines as macrosystems with hierarchical efficiency criteria. In *Proceedings of the 2021 IEEE Conference of Russian young researchers in electrical and electronic engineering* (pp. 1956-1959), ElConRus.
- Tsirlin, A., & Amelkin, S. (2001). Dissipation and conditions of equilibrium for an open microeconomic system. *Open Systems & Information Dynamics*, 8(2), 157-168. <https://doi.org/10.1023/A:1011958701019>

Forecasting the Development of the Sectoral Economic System of Bakery Industry Enterprises Based on Clustering Methods of Phase Portraits

Nina Yu. Logunova

*Moscow State University of Food Production
11, Volokolamskoye Shosse, 125080,
Moscow, Russian Federation,
E-mail: logunina@yandex.ru*

This paper addresses the problem of plotting development trajectories of multiple subsystems forming a single macrosystem. One example of such subsystems is manufacturing enterprises whose business activities can be described by a multitude of indicators. Development trajectories can be used to analyze the dynamics of both individual enterprises and their groups (industry sectors) without aggregating information. Input data for analyzing a company's activities are fed from its accounting records, which serve as a knowledge base for making management decisions. This requires developing a methodological framework for the analysis and evaluation of strategic management initiatives and strategic management decisions under conditions of certainty, uncertainty and risk, which is especially important for innovation and allows the use of cluster analysis. Plotting a development trajectory in the form of a phase portrait, which includes both indicator values and their first and second derivatives, allows forming clusters of the closest trajectories. Such clusters provide additional tools for managing enterprises or entire industries to maximize their efficiency by forecasting enterprise development, refining implicit development criteria, and accounting for poorly formalizable business conditions. Plotting clusters requires introducing a metric in the phase space to account for the properties of development trajectories. For this purpose, a generalized metric was introduced that takes into account the correlation matrices of subsystem indicators as temporal series. When forming phase trajectory clusters, it is possible to determine expected parameter values at different planning horizons by extrapolating average phase trajectories, and to identify the convergence and bifurcation points of individual phase trajectories. This provides a universal big data processing technique for analyzing the behavior of a macrosystem and choosing an appropriate management strategy for it.

Keywords: forecasting, macrosystems, management accounting, subsystem development dynamics, Euclid-Mahalanobis distance, efficiency maximization, planning horizons.

References

- Afanas'eva, Yu. I., & Shurpo, A. N. (2019). Vozmozhnosti tsifrovizatsii pishchevykh predpriyatii pri obespechenii prodovol'stvennoi bezopasnosti Rossii [Opportunities for digitalization of food enterprises while ensuring food security in Russia]. *Vestnik Bryanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Bulletin of the Bryansk State Technical University]*, 6, 77-83.
- Amel'kin, S. A. (2005). Predel'nye vozmozhnosti protsessa resursoobmena v neodnorodnoi otkrytoi mikroekonomicheskoi sisteme [Limiting possibilities of the resource exchange process in a heterogeneous open microeconomic system]. *Matematicheskoe modelirovanie [Mathematical Modeling]*, 4, 96-104.
- Amel'kin, S. A., & Logunova, N. Yu. (2018). Ierarkhicheskie makrosistemy kak modeli tekhnologicheskikh biznes-protsessov v pishchevoi promyshlennosti [Hierarchical macrosystems as models of technological business processes in the food industry]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya [Storage and Processing of Farm Products]*, 4, 84-91.
- Amel'kin, S. A., Zakharov, A. V., & Khachumov, V. M. (2006). Obobshchennoe rasstoyanie Evklida Makhalanobisa i ego svoistva [Generalized distance of Euclid Mahalanobis and its properties]. *Informatsionnye tekhnologii i vychislitel'nye sistemy [Information Technology and Computing Systems]*, 4, 40-44.
- Barekova, L. A. (2007). *Razvitie sistemy uchetno-informatsionnogo obespecheniya upravleniya zatratami khlebozavodov [Development of a system of accounting and information support for cost management of bakeries]* [Candidate Dissertation, Voronezhskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet im. K.D. Glinki]. Voronezh, Russia.

- Basovskii, L. E. (2010). *Prognozirovanie i planirovanie v usloviyakh rynka* [Forecasting and planning in market conditions]. Moscow: INFRA-M.
- Bendat, D. S., & Pirsol, A. D. (1989). *Prikladnoi analiz sluchainykh dannykh* [Applied random data analysis]. Moscow: Mir.
- Berezin, I. S. (2003). *Praktika issledovaniya rynkov* [Market research practice]. Moscow: Berator-Press.
- Buranova, E. A. (2001). *Ekonomicheskoe obosnovanie vzaimodeistviya investitsionnykh i inno-vatsionnykh protsessov na predpriyatiyakh khlebopekarnoi otrasli* [Economic justification for the interaction of investment and innovation processes at the enterprises of the baking industry] [Candidate Dissertation, Ryazanskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaistvennaya akademiya]. Ryazan', Russia.
- Filatov, V. V. (2017). *Razvitie promyshlennogo kompleksa Rossii na osnove regulirovaniya otraslevogo rynka innovatsii* [Development of the industrial complex of Russia on the basis of regulation of the sectoral market of innovations] [Doctoral Dissertation, Institut problem rynka Rossiiskoi akademii nauk]. Moscow, Russia.
- Filatov, V. V., & Bulavina, T. A. (2020). Sotsial'no-ekonomicheskie aspekty primeneniya innovatsionnykh tekhnologii v proizvodstve khlebobulochnnykh, makaronnykh i konditer-skikh izdelii [Socio-economic aspects of the application of innovative technologies in the production of bakery, pasta and confectionery products]. *Health, Food & Biotechnology*, 2(2), 75-91. <https://doi.org/10.36107/hfb.2020.i2.s317>
- Gadzhibek, V. P. (2012). *Organizatsionno-ekonomicheskii mekhanizm upravleniya konkurento-sposobnost'yu khlebopekarnykh predpriyatii: Na primere predpriyatii Primorskogo kraia* [Organizational and economic mechanism for managing the competitiveness of bakery enterprises: On the example of enterprises of Primorsky Krai] [Candidate Dissertation, Dal'nevostochnyi gosudarstvennyi tekhnicheskii rybokhozyaistvennyi universitet]. Vladivostok, Russia.
- Golodukhina, O. N. (2009). *Razvitie uchetno-informatsionnogo obespecheniya kommercheskikh organizatsii na osnove modelirovaniya uchetnykh protsedur* [Development of accounting and information support for commercial organizations based on the modeling of accounting procedures] [Candidate Dissertation, Ryazanskaya gosudarstvennyi agrotekhnologicheskii universitet imeni professora P. A. Kostycheva]. Ryazan', Russia.
- Kachalov, D. L., Mishustin, A. V., & Farkhadov, M. P. (2017). Sovremennye metody obrabotki bol'shikh dannykh v krupnomasshtabnykh sistemakh [Modern methods of processing big data in large-scale systems]. In *Matematicheskie modeli sovre-mennykh ekonomicheskikh protsessov, metody analiza i sinteza ekonomicheskikh mekha-nizmov. Aktual'nye problemy i perspektivy menedzhmenta organizatsii v Rossii: Trudy 11-i Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* [Mathematical models of modern economic processes, methods of analysis and synthesis of economic mechanisms. Actual problems and prospects of management of organizations in Russia: Proceedings of the 11th All-Russian Scientific and Practical Conference] (vol. 11, pp. 65-70). Samara: Samarskii federal'nyi issledovatel'skii tsentr Rossiiskoi akademii nauk.
- Kas'yanenko, T. G., & Polosko, A. S. (2015). Primenenie korrelyatsionno-regressionnogo analiza v otsenke biznesa sravnitel'nym podkhodom [Application of correlation and regression analysis in business valuation by comparative approach]. *Rossiiskoe predprinimatel'stvo* [Russian Entrepreneurship], 20, 3611-3622.
- Khairov, R. R. (2015). *Protsessnyi podkhod k razrabotke konkurentnoi strategii predpriyatii khlebopekarnoi promyshlennosti* [Process approach to the development of a competitive strategy for bakery enterprises] [Candidate Dissertation, Rostovskii gosudarstvennyi ekonomicheskii universitet]. Rostov-na-Donu, Russia.
- Kuz'minov, I. F. (2018). Klyuchevye trendy razvitiya agrotekhnologii i pishchevoi promyshlennosti: Analiz bol'shikh dannykh [Key trends in the development of agricultural technologies and the food industry: Big data analysis]. *Voprosy Pitaniya* [Nutrition Issues], 87(5), 222-223. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10332>
- Martem'yanov, Yu. F., & Lazareva, T. Ya. (2010). *Ekspertnye metody prinyatiya reshenii* [Expert Decision Methods]. Tambov: Tambovskii gosudarstvennyi tekhnologicheskii universitet.
- Melekhin, V. B., & Khachumov, V. M. (2019a). Mnogourovnevaya model' situatsionnogo upravleniya tekhnologicheskimi protsessami obrabotki detalei v mashinostroenii [Multilevel model of situational control of technological processes of processing parts in mechanical engineering]. *Problemy upravleniya* [Management Issues], 1, 73-82. <https://doi.org/10.25728/pu.2019.1.8>
- Melekhin, V. B., & Khachumov, V. M. (2019b). Optimal'noe upravlenie razvitiem mashino-stroitel'nykh predpriyatii [Optimal management of the development of machinebuilding enterprises]. *Pribory i sistemy. Upravlenie, kontrol', diagnostika* [Devices and Systems. Management, Control, Diagnostics], 8, 44-51. <https://doi.org/10.25791/pribor.08.2019.826>
- Narukov, V. V. (2010). *Upravlenie tekhnologicheskim pereosnashcheniem proizvodstva: Innovatsionnyi aspekt* [Management of technological reequipment of production: An innovative aspect] [Candidate

- Dissertation, Gosudarstvennaya akademiya professio-nal'noi perepodgotovki i povysheniya kvalifikatsii rukovodyashchikh rabotnikov i spetsialistov investitsionnoi sfery]. Moscow, Russia.
- Nikitina, M. A., Pchelkina, V. A., & Kuznetsova, O. A. (2018). Tekhnologicheskie resheniya in-tellektual'noi obrabotki dannykh v pishchevoi promyshlennosti [Technological solutions for intelligent data processing in the food industry]. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologii [Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies]*, 80(2), 256-263.
- Novikov, V. S. (2001). *Sovershenstvovanie informatsionnoi tekhnologii upravleniya perera-batyvayushchimi predpriyatiyami agropromyshlennogo kompleksa: Na primere khlebope-karnoi promyshlennosti Ivanovskoi oblasti [Improvement of information technology for managing processing enterprises of the agro-industrial complex: On the example of the baking industry of the Ivanovo region]* [Candidate Dissertation, Ivanovskaya gosudarstvennaya sel'skokhozyaistvennaya akademiya]. Ivanovo, Russia.
- Obraztsova, A. A., & Zyablov, A. A. (2014). Osnovnye napravleniya i metody povysheniya ef-fektivnosti proizvodstva na predpriyatiyakh pishchevoi promyshlennosti [The main directions and methods of increasing the efficiency of production at food industry enterprises]. In *Industrializatsiya sovremennogo obshchestva: Teoriya i praktika [Industrialization of Modern Society: Theory and Practice]* (pp. 38-41). Moscow: Moskovskii gosudarstvennyi universitet pishchevykh proizvodstv.
- Pavlenko, N. V. (2012). *Institutsional'naya integratsiya khleboproduktovogo territorial'nogo kompleksa v ekonomicheskoe prostranstvo regiona: na materialakh Stavropol'skogo kraia [Institutional integration of the bakery territorial complex into the economic space of the region: On the materials of the Stavropol Territory]* [Candidate Dissertation, Severo-Kavkazskii gosudarstvennyi tekhnicheskii universitet]. Maikop, Russia.
- Ponizovkin, D. M., & Amel'kin, S. A. (2011). Matematicheskaya model' kollaborativnykh protsessov prinyatiya reshenii [Mathematical model of collaborative decision-making processes]. *Programmnye sistemy: Teoriya i prilozheniya [Software Systems: Theory and Applications]*, 4, 147-151.
- Shelekhova, N. V., Polyakov, V. A., Serba, E. M., & Shelekhova, T. M. (2018). Perspektivy pri-meneniya IT-tekhnologii na predpriyatiyakh pishchevoi promyshlennosti [Prospects for the use of IT technologies in food industry enterprises]. *Pishchevaya pro-myshlennost' [Food Industry]*, 12, 86-89.
- Spivak, A. A. (1999). *Otsenka riskov proizvodstvennoi deyatel'nosti khlebopekarnykh pred-priyatii potrebitel'skoi kooperatsii [Assessing the risks of production activities of bakery enterprises of consumer cooperation]* [Candidate Dissertation, Belgorodskii universitet potrebitel'skoi]. Belgorod, Russia.
- Starokozheva, L. G., & Lar'kina, E. V. (2008). Opre-delenie finansovoi ustoichivosti otras-li: problemy postroeniya dinamicheskoi modeli [Determining the Financial Sustainability of an Industry: Problems of Building a Dynamic Model]. *Tamozhennaya politika Rossii na Dal'nem Vostoke [Customs policy of Russia in the Far East]*, 2, 106-115.
- Stepanenkov, V. I. (2000). *Metodicheskie i organizatsionnye osnovy snizheniya izderzhek proizvodstva na predpriyatiyakh regional'nogo khlebopekarnogo kompleksa [Methodical and organizational bases for reducing production costs at the enterprises of the regional bakery complex]* [Candidate Dissertation, Moskovskaya gosudarstvennaya tekhnologicheskaya akademiya]. Moscow, Russia.
- Tishkovskii, D. V. (2013). *Razrabotka metodicheskogo apparata dlya sozdaniya informatsion-noi sistemy predpriyatii khlebopekarnoi promyshlennosti regiona [Development of a methodological apparatus for creating an information system for enterprises of the baking industry in the region]* [Candidate Dissertation, Kubanskii gosudarstvennyi tekhnologicheskii universitet]. Krasnodar, Russia.
- Tsirlin, A. M., Amel'kin, S. A., & Amel'kina, M. A. (2002). Model' proizvodstvennoi fir-my v otkrytoi mikroekonomicheskoi sisteme [Model of a manufacturing firm in an open microeconomic system]. *Matematicheskoe Modelirovanie [Mathematical Modeling]*, 14(4), 21-34.
- Zementskii, Yu. V. (2017). Problema ekonomicheskoi effektivnosti klasternykh orga-nizatsii [The problem of economic efficiency of cluster organizations]. In *Problemy obespecheniya finansovoi bezopasnosti i effektivnosti ekonomicheskikh sistem v XXI v.: Materialy Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [Problems of Ensuring Financial Security and Efficiency of Economic Systems in the 21st Century: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference]* (pp. 72-77). S-Petersburg: Sankt-Peterburgskii universitet tekhnologii upravleniya i ekonomiki.
- Amelkin, S. A., & Gagarina, L. G. (2021). Extreme performance of heat engines as macrosystems with hierarchical efficiency criteria. In *Proceedings of the 2021 IEEE Conference of Russian young researchers in electrical and electronic engineering* (pp. 1956-1959), ElConRus.
- Tsirlin, A., & Amelkin, S. (2001). Dissipation and conditions of equilibrium for an open microeconomic system. *Open Systems & Information Dynamics*, 8(2), 157-168. <https://doi.org/10.1023/A:1011958701019>

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@mgupp.ru

Благовещенская Маргарита Михайловна

Московский государственный университет пищевых производств

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

E-mail: mmb@mgupp.ru

Благовещенский Иван Германович

Московский государственный университет пищевых производств

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

E-mail: igblagov@mgupp.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 (Бальхин и др., 2017а; Бальхин 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 молочнокислых 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. Ионон, 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. Татиринов (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., Ересью Ю.Н., Моттль В.В., Гонсалес Р., Sloan А., Crownover R., Vrscay E., Peng F., Davis G., Freeman G., Lin П., Kaplan M., Keller M., Varma M., Bamsley M., Ghazel M., Zmeäkal 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 Хрестиа от фирмы Omron, так как она является единственной крупной фирмой занимающийся ими на территории России. Самой высокотехнологичной системой в линейке Omron является Хрестиа. 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 Хрестиа 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, Хрестиа 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 Хрестиа-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 неоправдательно 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

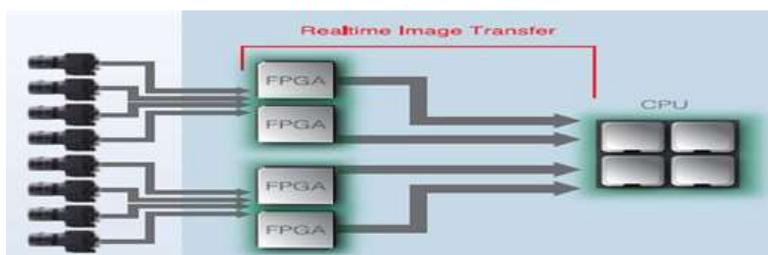


Рисунок 2. Блок инспекции качества маркировки

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 видеочамера 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 видеочамеры 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

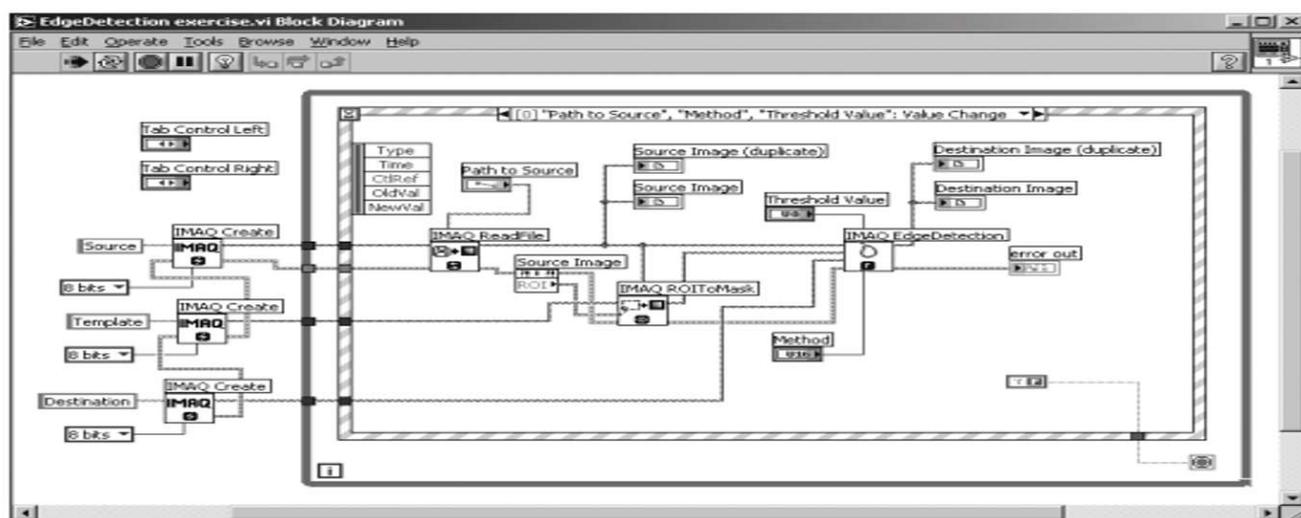


Рисунок 3. Настройка блока инспекции качества маркировки с помощью программного обеспечения Sysmac Studio Automation

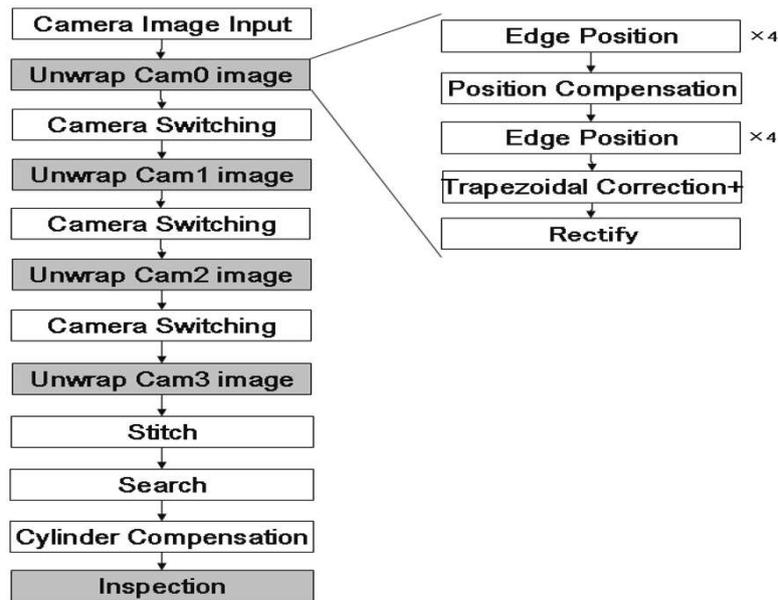


Рисунок 4. Алгоритм изучения объекта с последующим объединением изображений

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

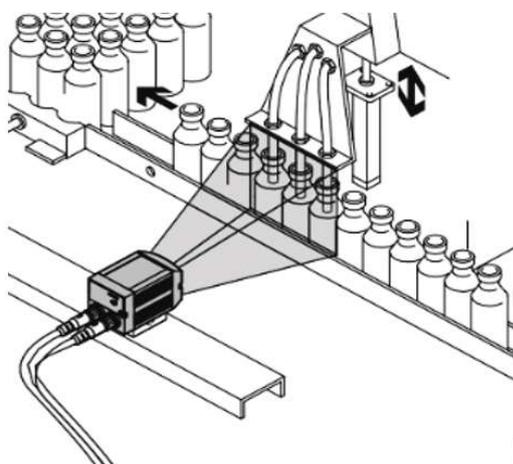


Рисунок 5. Линия производства кефира с установленной системой контроля качества маркировки

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

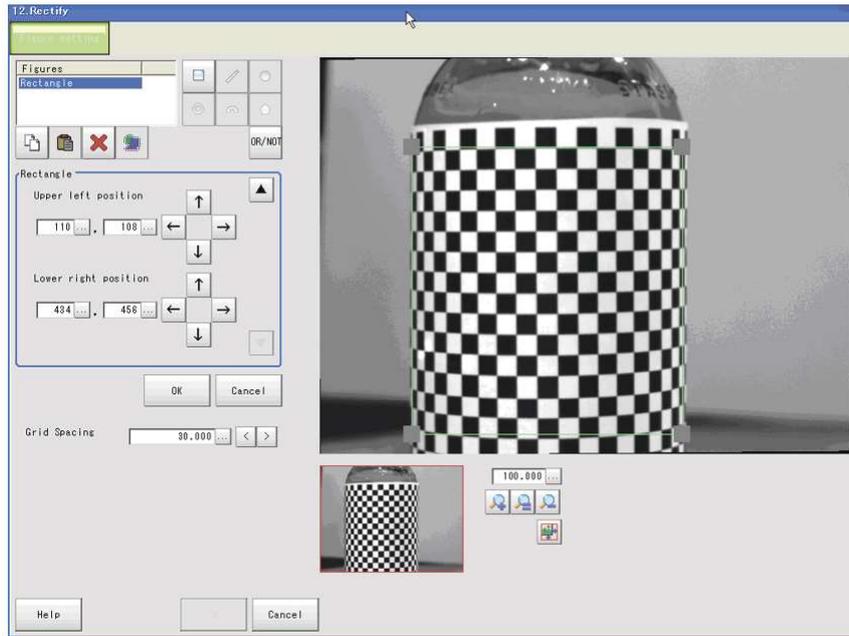


Рисунок 6. Оптимизация исследуемого изображения

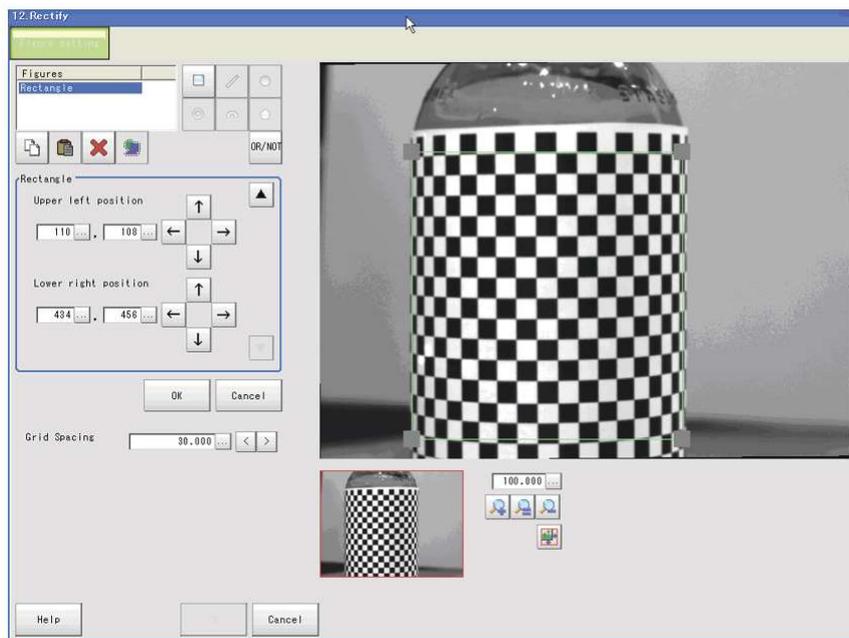


Рисунок 7. Развернутое выходное изображение сетки

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.

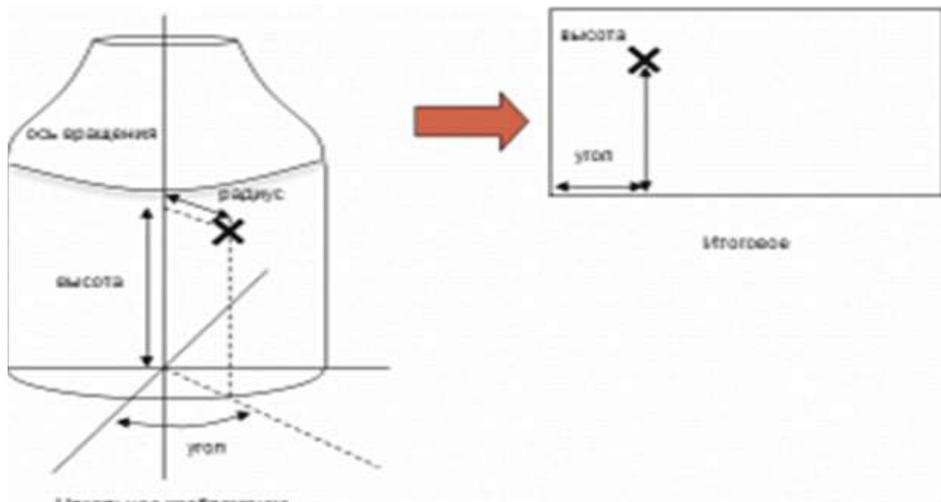


Рисунок 8. Перевод цилиндрической формы бутылки в плоскую

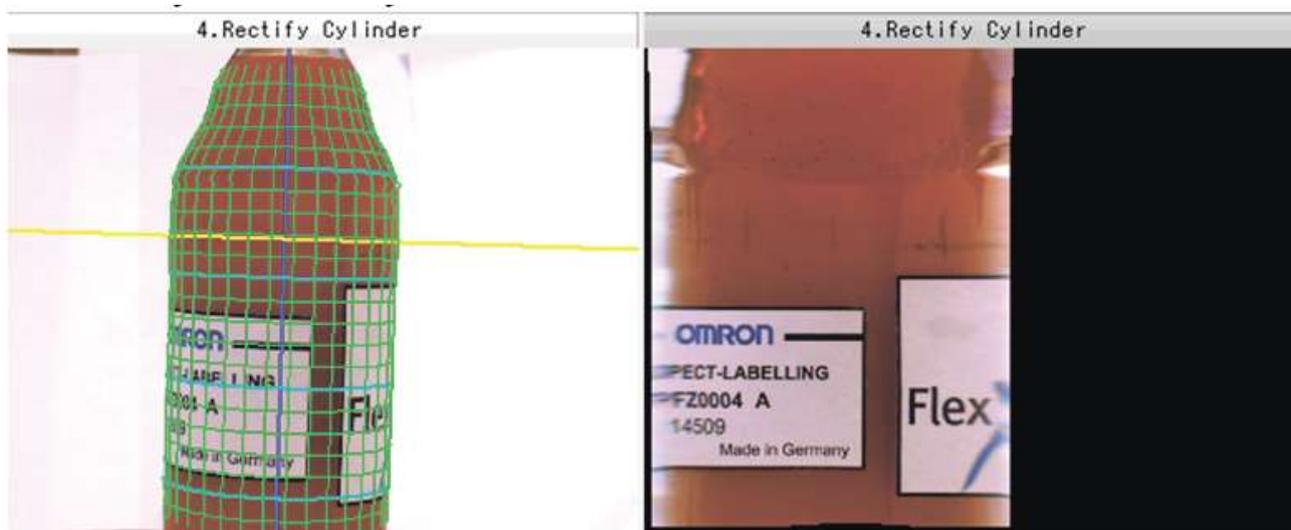


Рисунок 9. Исследование наличия погрешностей и дефектов на поверхности бутылки

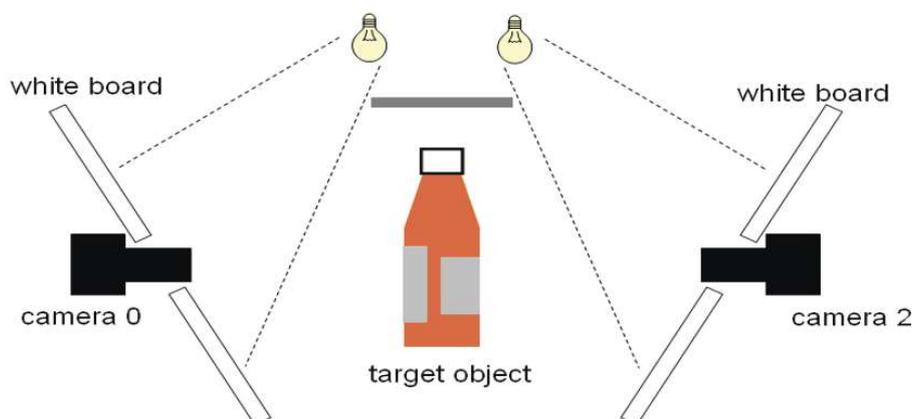


Рисунок 10. Пример расположения видеодатчиков в линии производства кефира



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 Рисунок 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 Рисунок 11 представлена блок схема алгоритма обработка изображения.

Были проведены опыты для установления оптимального расстояния от видеокamеры 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.

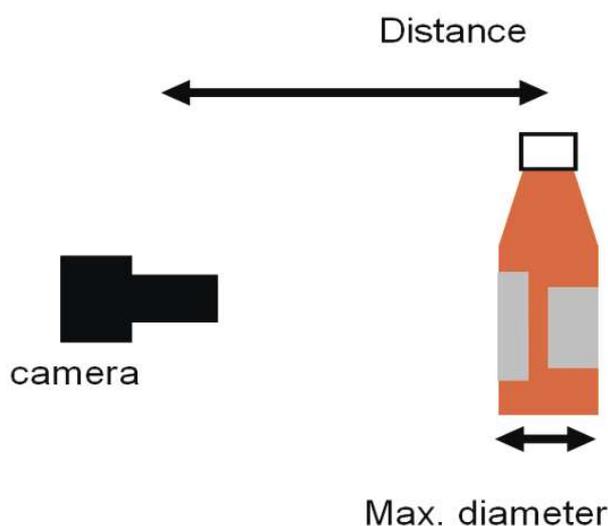


Рисунок 12. Исследования по установлению оптимального расстояния от видеокamеры до исследуемого объекта

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.
- Бальхин, 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.
- Бальхин, 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.
- Бальхин, 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 электрокаплеструйной 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., & 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: 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 обособленного 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>