

АННОТАЦИЯ

диссертации на соискание ученой степени доктора философии (PhD)
по специальности 6D075100 – «Информатика, вычислительная техника
и управление»

Астапенко Натальи Владимировны
на тему: «Разработка информационной системы мониторинга
зернохранилищ на основе бесконтактных 3D измерений»

В Послании народу Казахстана «Казахстанский путь-2050: Единая цель, единые интересы, единое будущее» Президент – Лидер Нации Нурсултан Назарбаев отметил важность перевода агропромышленного комплекса на инновационные рельсы. Президент, в частности, сказал: «Конкуренция в глобальном агропроизводстве будет возрастать. На земле должны работать прежде всего те, кто внедряет новые технологии и непрерывно повышает производительность, работает на основе лучших мировых стандартов». Внедрение интеллектуальных решений и технологий во многих отраслях промышленности позволило существенно повысить производительность, качество продукции, эффективность использования ресурсов и оптимизировать управление технологическими процессами. В этой связи в агропромышленном комплексе Республики Казахстан ведутся работы по внедрению новой техники и технологий. Однако большинство разработок представляют собой информатизацию и автоматизацию бухгалтерского учета.

Зарубежные компании в вопросе внедрения интеллектуальных решений в агропромышленном комплексе продвинулись дальше. Например, в Китае производят современные зернохранилища, в которых предусмотрены системы контроля верхнего и нижнего уровня загрузки зерна, а также термоподвесы для непрерывного контроля температуры зерновой массы и система управления вентиляцией для охлаждения зерна. Итальянская фирма TECNOIMPIANTI предлагает секционные зерносклады, которые недостаточно автоматизированы, так как включают в себя только системы автоматизированного управления загрузкой, распределения, выгрузки, вентиляции, контроля температуры и влажности. Существуют компании на территории СНГ, занимающиеся проектированием и поставкой комплектующих для автоматизации зернохранилищ, однако их технические решения ограничиваются узким кругом задач и не исключают вовлечения человека в процесс управления, что позволяет оценить предлагаемые системы автоматизации процесса хранения и переработки зерна как недостаточно эффективные.

Для обеспечения продовольственной безопасности и стабильного экономического развития страны необходимы работы по внедрению интеллектуальных технологий в процессы автоматизации и повышению эффективности хранения сельскохозяйственной продукции, особенно

учитывая условия повышения конкуренции со стороны зарубежных производителей зерна.

Актуальность темы исследования. Одним из ведущих направлений современного развития информационных систем является автоматизация управления и контроля технологических процессов. Решение подобных задач позволяет снизить влияние так называемого человеческого фактора и, соответственно, повысить качество продукции и выполнить оптимизацию операций в хранении сырья.

В области сельского хозяйства также ведутся работы по автоматизации технологических процессов. Северо-Казахстанская область – один из ведущих аграрных регионов страны (обеспечивает третью часть от всего объема производства зерновых и масличных культур в РК), что явилось предпосылкой актуальности проведения научных исследований в области автоматизации агропромышленных задач и, в частности, процессов мониторинга зернохранилищ с целью обеспечения качественной и количественной сохранности зерна. Обычно процедуры обеспечения количественно-качественной сохранности зерна осуществляются в форме визуального осмотра мест хранения зерна, однако результаты практики показали, что сложившиеся традиционные формы работы зернохранилищ выявляют такие глобальные проблемы как хищение зерна и сохранение качества зерна.

В лаборатории Северо-Казахстанского государственного университета имени М.Козыбаева был разработан опытный образец зернохранилища инновационного типа с использованием горизонтальных силосов, описанный в инновационном патенте РК №25280 от 08.12.2011г. Применение технологии горизонтальных силосов поможет снизить стоимость строительства и реконструкции элеваторов для хранения зерна при одновременном улучшении качества, увеличения сроков хранения и снижения текущих затрат на хранение, что будет способствовать снижению себестоимости казахстанского зерна и повышению его конкурентоспособности.

В связи с вышесказанным, актуальным является разработка эффективной информационной системы мониторинга зернохранилища с горизонтальными силосами, которая позволит осуществлять количественный контроль загрузки, хранения и выгрузки зернохранилища, осуществлять контроль качества сохранности зерна по результатам измерений температуры, влажности, уровня углекислого газа и, при необходимости, выдавать уведомления о нарушении хода технологического процесса. В рамках представленного научного исследования предполагается разработка информационной системы, позволяющей осуществлять автоматизацию технологического процесса хранения зерна.

Основной целью исследований является разработка способов, средств и алгоритмов для осуществления функционирования информационной системы мониторинга зернохранилища с горизонтальными силосами на основе параметров температуры, влажности, уровня углекислого газа и

бесконтактных 3D измерений поверхности зерна. Особенность системы заключается в автоматизации переходов между операциями технологического процесса зернохранилища с горизонтальными силосами и активном мониторинге, то есть контроле и управлении, самих операций.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить следующие **задачи**:

- анализ современного состояния теоретических и прикладных исследований в области автоматизации технологических процессов зернохранилищ;
- анализ возможности применения существующих решений для автоматизированного измерения количества зерновой массы в зернохранилище;
- разработка способа автоматической регистрации 3D измерений для получения количественных характеристик насыпи, образующейся при выполнении операция загрузки, перемешивания и выгрузки в зернохранилище;
- разработка алгоритмов обработки информации о пространственных координатах точек поверхности и расчета количественных характеристик насыпи на их основе;
- исследование технологического процесса хранения зерна в зернохранилище инновационного типа;
- проектирование информационной системы, автоматизирующей количественный и качественный мониторинг зернохранилища с горизонтальными силосами и формирующей управляющие сигналы к исполнительному оборудованию;
- разработка алгоритмов, осуществляющих информационное и математическое обеспечение режимов работы объекта управления;
- разработка автоматизированной информационной системы мониторинга зернохранилища с горизонтальными силосами на основе параметров температуры, влажности, уровня углекислого газа и бесконтактных 3D измерений поверхности зерна.

Объектом исследования является технологический процесс зернохранилища инновационного типа с горизонтальными силосами, охватывающий рабочие операции от приемки зерна до выгрузки его из силоса. Опытный образец зернохранилища был создан в рамках научных исследований коллектива ученых СКГУ им. М.Козыбаева и внедрен в производственный процесс ТОО «Фирма Диканшы».

Предметом исследования являются модели, способы и алгоритмы для осуществления активного мониторинга параметров, оказывающих влияние на ход технологического процесса зернохранилища с горизонтальными силосами.

Методы исследования: аналитические исследования, анализ и синтез, компьютерное моделирование и проектирование, применение методов расчета и проектирования интеллектуальных систем. В процессе реализации диссертационных исследований будут применяться методы обработки и

отображения цифровой информации, средств автоматизации на основе систем беспроводной передачи информации, и проведение испытаний в процессе функционирования опытного переносного зернохранилища.

Научная новизна:

- разработан инновационный способ автоматической регистрации 3D измерений поверхности зерна в хранилище, который может быть применен для распознавания поверхностей иных сыпучих объектов;
- разработана методика создания 3D-измерителя для автоматизированного получения множества точек поверхности;
- разработаны алгоритмы обработки информации о пространственных координатах точек поверхности, образующейся в зернохранилище в результате операций загрузки, выгрузки или перемешивания;
- разработаны алгоритмы расчета максимальной высоты насыпи и объема зерна на основе бесконтактных 3D измерений в зернохранилище инновационного типа;
- разработана модель информационной системы мониторинга и управления технологическим процессом зернохранилища с горизонтальными силосами на основе параметров температуры, влажности, уровня углекислого газа и 3D измерений поверхности зерна;
- разработаны способы и алгоритмы, осуществляющие математическое и информационное обеспечение режимов работы зернохранилища с горизонтальными силосами, в том числе с применением теории идентификационных измерений.

Практическая значимость:

1. Разработана система 3D измерений пространственных координат точек поверхности зерновой массы, образованной в результате заполнения зернохранилища. Применение способа получения координат точек поверхности позволяет осуществить непрерывное наблюдение за количественной сохранностью зерна.
2. Разработана автоматизированная информационная система мониторинга зернохранилища с горизонтальными силосами на основе параметров температуры, влажности, уровня углекислого газа и 3D измерений поверхности зерна. Данная информационная система позволит обрабатывать результаты замеров, выдавать результаты анализа в виде управляющих сигналов к транспортному оборудованию и уведомлений по работе зернохранилища.
3. Разработанные в процессе диссертационного исследования модели, способы и алгоритмы смогут найти применение при разработке информационных систем мониторинга и управления иных объектов, входящих в состав агропромышленного комплекса.

Апробация результатов. Основные научные и практические результаты исследований по теме диссертаций докладывались и обсуждались на:

- III международной научной конференции «Математическое и компьютерное моделирование», г.Омск, Российская Федерация, 2015;

- международной научной конференции «Дистанционные методы зондирования Земли и фотограмметрия, мониторинг окружающей среды, геоэкология», г.Новосибирск, Российская Федерация, 2016;
- XII международной научно-практической конференции «Science without borders», г.Шеффилд, Англия, 2016;
- XIII международном научном конгрессе «Machines. Technologies. Materials. 2016», г.Варна, Болгария, 2016;
- международной научно-практической конференции «Уалихановские чтения-20», г.Кокшетау, Республика Казахстан, 2016;
- международной научно-технической конференции «Динамика систем, механизмов и машин», г.Омск, Российская Федерация, 2016;
- IV международной научной конференции «Математическое и компьютерное моделирование», г.Омск, Российская Федерация, 2016;
- V Международной научной конференции, посвященной памяти Р.Л. Долганова «Математическое и компьютерное моделирование», г.Омск, Российская Федерация, 2017;
- семинарах кафедры «Информационные системы» Северо-Казахстанского государственного университета имени М.Козыбаева.

Научные исследования, представленные в диссертационной работе, проводились в рамках грантового финансирования Министерства образования и науки РК по теме «Разработка интеллектуальной системы удаленного мониторинга и управления технологическим процессом хранения зерна в зернохранилище инновационного типа».

Разработанная в рамках диссертационной работы система 3D измерений на основе применения стационарно расположенных видеокамер и лазеров, а также алгоритмы, способы определения объема зерновой массы и управления технологическим процессом получили положительные результаты в производственных условиях ТОО «Фирма Диканшы».

Основные положения, выносимые автором на защиту. Способ автоматической регистрации 3D измерений точек поверхности, образующейся в зернохранилище в результате выполнения операций технологического процесса. Алгоритмы распознавания трехмерных координат точек поверхности зерна. Способ и алгоритмы расчета количественных характеристик зерновой насыпи в хранилище: высота насыпи и объем.

Математическое и информационное обеспечение информационной системы мониторинга и управления зернохранилищем с горизонтальными силосами. Алгоритмы поддержки функционирования технологического процесса хранения зерна.

Личный вклад автора. Результаты научного исследования, изложенные в диссертации, были получены автором самостоятельно.

Публикации по теме диссертационного исследования.

Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 21 научных трудах. Из них в журналах, входящих в базы данных Scopus и Web of science – 2, в казахстанских изданиях, рекомендуемых Комитетом по

контролю и науки Министерства образования и науки РК – 3, в российском издании с импакт-фактором РИНЦ – 1, монография – 1, в российском издании с Global Impact Factor – 1, в изданиях дальнего зарубежья – 2, в материалах международных конференций в Республике Казахстан – 2, в материалах зарубежных международных конференций – 9 (из них 1 в базах данных Scopus и Web of science).

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа изложена на 141 странице, состоит из введения, четырех разделов, заключения и списка использованных источников, включающий 143 наименований, 5 приложений.

Во введении обосновывается актуальность исследований, проводимых в рамках данной диссертационной работы, формулируются цель, постановка задачи, научная новизна и практическая значимость работы.

В первом разделе выполнен анализ современного состояния теоретических и прикладных исследований в области автоматизации технологических процессов зернохранилищ, осуществлена постановка задачи с определением места разрабатываемой информационной системы в технологическом процессе работы зернохранилища, выполнена характеристика объекта автоматизации – зернохранилища с горизонтальными силосами, а также рассмотрены возможности применения существующих решений для автоматизированного измерения поверхности зерна в зернохранилище.

Второй раздел посвящен организации и автоматизации процесса регистрации 3D измерений с помощью инновационного устройства 3D-измеритель, для которого была разработана методика создания и способы получения измерений точек поверхности зерновой массы, а также разработаны способы и алгоритмы получения количественных характеристик насыпи на их основе.

В третьем разделе выполнено исследование технологического процесса зернохранилища инновационного типа с горизонтальными силосами, на результатах проведенного исследования выполнено функциональное моделирование и проектирование информационной системы мониторинга и управления на основе параметров температуры, влажности, уровня углекислого газа и 3D измерений поверхности зерна.

В четвертом разделе излагаются результаты разработки информационной системы мониторинга и управления зернохранилищем с горизонтальными силосами в виде модели потоков данных, алгоритмов, осуществляющих поддержку функционирования операций технологического процесса, физической структуры хранилища данных и пользовательского интерфейса, а также излагаются результаты испытаний экспериментального внедрения системы 3D измерений в производственном процессе работы зернохранилища ТОО «Фирма Диканшы».