

РЕИНЖИНИРИНГ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ АГРОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ В УСЛОВИЯХ СКВОЗНОЙ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ¹

Д. В. Вакуленко, А. Г. Кравец

*Волгоградский государственный технический университет,
Волгоград, Российская Федерация*

Высокая динамичность и неопределенность внешней и внутренней среды актуализируют реализацию инновационных технологий в управлении бизнес-процессами в сфере агропромышленного комплекса (АПК). Акцентировано внимание на стратегическом характере процесса трансформации агропроизводства в рамках цифровой экосистемы. Рассмотрены перспективные технологии сбора и обработки данных дистанционного зондирования, полученные от различных спутниковых сенсоров, беспилотных средств, метеостанций; геоинформационных систем; систем глобального позиционирования. Рассмотрены основополагающие элементы реинжиниринга бизнес-процессов в условиях цифровой трансформации, создания систем управления для контроля развития сельскохозяйственных культур с использованием потоковой обработки данных дистанционного зондирования. Обоснованы факторы сдерживания и катализации производственных процессов в АПК, раскрыты особенности элементов организации цифровой пространственной среды, в значительной степени определяющие переход к единой системе информационного обеспечения агропромышленного предприятия. Предложена структурно-функциональная модель реинжиниринга бизнес-процессов, нацеленная на обеспечение устойчивости в принятии управленческих решений. В рамках процесса реинжиниринга предполагается создать информационную среду агропредприятия, состоящую из взаимосвязанных процедур слияния информации ее составных функциональных систем: системы автоматизированного мониторинга, системы автоматизированного распознавания специфики состояния элементов растительной поверхности и автоматизированной аналитической СППР по подбору агротехнологических приемов. Реинжиниринг бизнес-процессов согласно предложенной модели приведет к снижению рисков в части соблюдения временных факторов, увеличит объемы производства и доходность сельскохозяйственного предприятия за счет перехода к цифровым технологиям автоматизированного сбора и обработки больших данных, возможности принятия решений на основе автоматизированных аналитических систем и способности хранения в базе знаний сгенерированных цепочек агротехнологических операций для потребностей будущих периодов.

Ключевые слова: агропромышленный комплекс, структурно-функциональная модель, производственный процесс, цифровые технологии, данные дистанционного зондирования, цифровые решения.

Для цитирования: Вакуленко Д. В., Кравец А. Г. Реинжиниринг бизнес-процессов агропромышленных предприятий в условиях сквозной цифровой трансформации // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2021. № 3. С. 115–125. DOI: 10.24143/2072-9502-2021-3-115-125.

Введение

Характерная особенность нашего времени – проникновение цифровых технологий во все сферы жизни общества. В рамках цифровой трансформации агропромышленного комплекса (АПК) в Российской Федерации принята политика, направленная на внедрение ряда инновационных технологических проектов для нужд сельскохозяйственных предприятий, а также утвержден план мероприятий по созданию сквозных цифровых систем и платформенных решений для достижения роста производительности агропредприятий [1].

В Постановлении Правительства РФ «О государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия» [2] указано, что актуальной является задача обеспечения развития АПК посредством внедрения цифровых технологий и платформенных решений, а также оцифровка всех циклов сельскохозяйственного производства.

¹ Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-07-01200.

Активное освоение спектра инструментов точного земледелия и их объединение в системах Интернета вещей неминуемо приведут к тому, что механизмы управления предприятием как сложной системой будут адаптироваться к новым возможностям. Успешное решение всего комплекса проблем будет во многом определяться современным развитием системы комплексного мониторинга, который подразумевает пространственно-временные сопряженные наблюдения с помощью средств наземного и аэрокосмического базирования [3]. Такие изменения вскоре примут регулярный характер и приведут к более эффективному ведению хозяйства.

Детальное описание бизнес-процессов необходимо для понимания текущего положения дел и совершенствования управления деятельностью сельскохозяйственных предприятий. Чтобы наглядно оценить исследуемую деятельность, найти проблемные области и определить возможности для улучшений, в литературных источниках разрабатывается модель «КАК-ЕСТЬ», которая позволяет выявить узкие места, а модель «КАК-БУДЕТ» отображает совокупность процессов, обеспечивающих перевод системы в более устойчивое состояние путем разработки и реализации целенаправленных воздействий, задания правил и регламентов выполнения процессов для достижения желаемой цели [4–6]. В связи с этим возникает необходимость переосмысления бизнес-процессов предприятий АПК в новом контексте, когда акценты сдвинуты к области цифровых технологий.

Рабочие процедуры и организационные принципы существующей системы АПК

На базе методологии процессного подхода в данном исследовании будут формализованы бизнес-процессы предприятия по производству растениеводческой продукции и их декомпозиция.

Данная работа затрагивает процессный подход к моделированию основных бизнес-процессов агропромышленного предприятия в стандарте IDEF и предметное рассмотрение современных возможностей по созданию системы с элементами включения цифровых технологий, которая отличается от существующей регулярным пространственным наблюдением и автоматизированным анализом данных. С помощью нотации моделирования IDEF0 выполнена формализация основных бизнес-процессов в виде структурно-функциональных моделей, которые наглядно представляют совокупность выполняемых процедур.

В обобщенном графическом виде на рис. 1, 2 показана упорядоченная совокупность структурных элементов и соответствующих им потоков информации технологического цикла предприятия по производству растениеводческой продукции, включающая бизнес-процессы «Провести предпроектное планирование», «Наземный мониторинг факторов воздействия на производственный процесс» и «Разработка агротехнологических мероприятий».



Рис. 1. Модель существующих бизнес-процессов агропромышленного предприятия

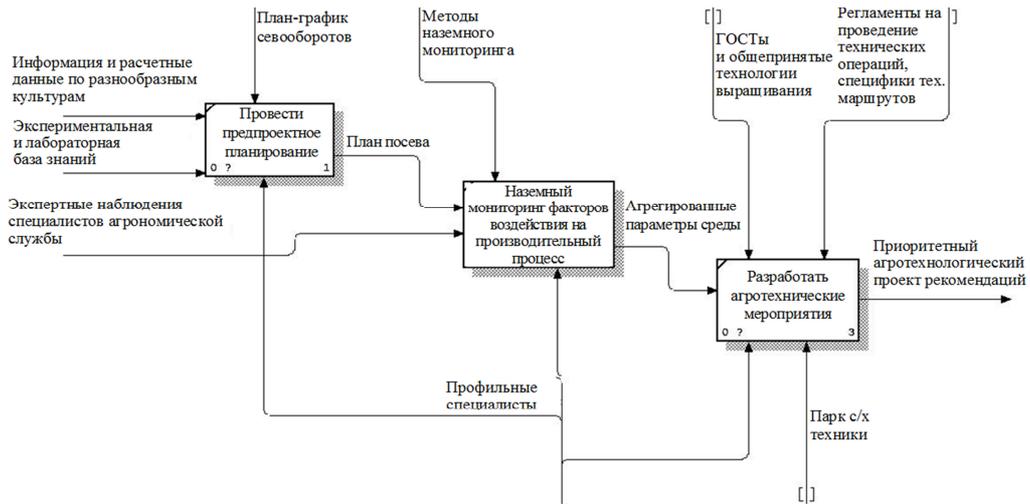


Рис. 2. Модель поэтапного взаимодействия ключевых бизнес-процессов

Более детальное описание исследуемых бизнес-процессов с возможностью включения логических элементов проведено с использованием диаграммы в нотации BPMN. Стартовое событие запускает параллельные операции по наземному мониторингу процессов естественного воспроизводства, возможностей производственного оборудования, атрибутивной и картографической истории полей. Это позволяет агроному привлекать необходимые ресурсы для обработки и удобрения почвы, формировать комплекс агротехнологических приемов по уходу за посевами (рис. 3).

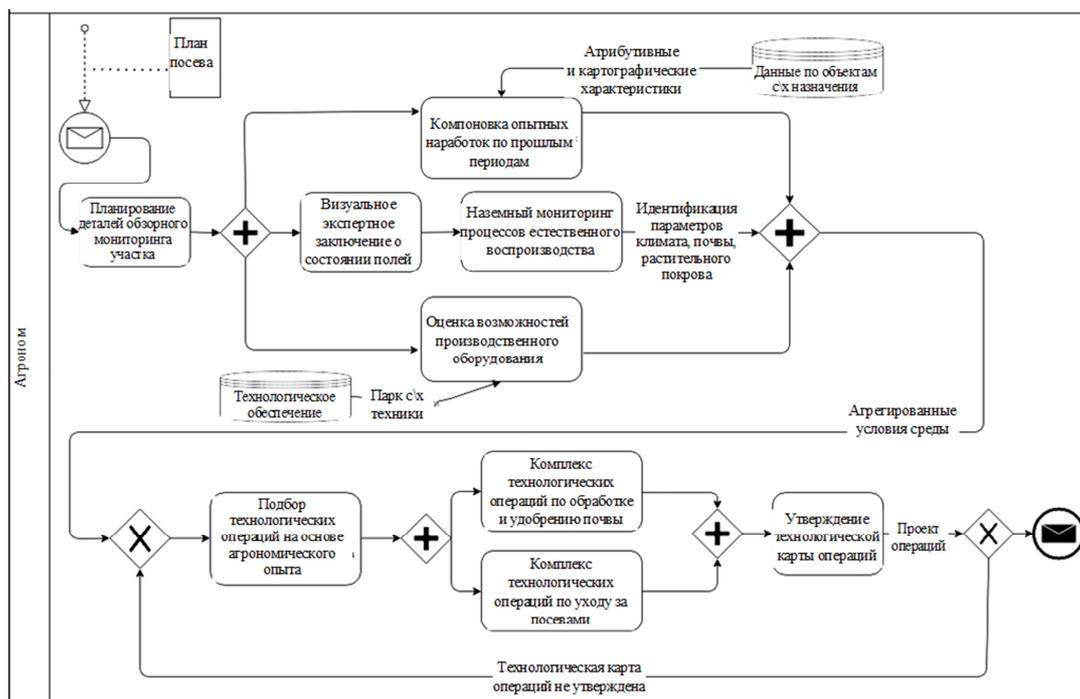


Рис. 3. Структурно-функциональная модель бизнес-процессов «Наземный мониторинг факторов воздействия на производственный процесс», «Разработка агротехнологических мероприятий» по традиционной схеме

Выявленные недостатки действующей системы, точки роста и пути развития

Анализ существующих процессов, схема которых представлена на рис. 3, дает основания констатировать низкий уровень использования информационных технологий в операциях по сбору и анализу основных индикаторов созревания культур, что приводит к недостаточной результативности технологических и проектных решений (табл.).

Сравнительная характеристика факторов сдерживания и катализации производственных процессов

Факторы, снижающие эффективность деятельности агропредприятия в модели AS-IS	Возможности, которые открывают современные информационные технологии
Высокая трудоемкость и длительность операций по сбору и обработке данных	Мобильность получения и обработки данных (фото, информации) дистанционного зондирования по интересующей территории
Ручные, механизированные способы сбора данных (низкая точность и высокая вероятность ошибки)	Геоинформационное картографирование полей аграрного профиля. Автоматизированные (облачные) средства обработки больших данных
Влияние человеческого фактора: решения принимаются на основе квалификации и жизненного опыта агронома и не всегда научно оправданны	Исследование процесса оптимальных условий производства сельскохозяйственной продукции путем привлечения аппарата многокритериальной оптимизации

Отсутствие объективной и своевременной информации на всех этапах производства продукции растениеводства приводит к тому, что затраты труда и ресурсов, вложенные в течение длительного периода, могут не в полной мере оправдать ожидания производителей. А значительные объемы информации, принадлежащие к различным предметным областям и хранящиеся в банках данных предприятия, требуют от специалистов оперативной обработки всех процессов в комплексном восприятии [7].

Специфика растениеводства накладывает ограничения на сроки разработки и утверждения управленческих решений, успеха в которых сложно достичь без привлечения инструментов анализа больших данных для генерации моделей адаптивных реакций на условия внешней среды. В этом плане цифровые технологии способны устранить сложившиеся трудности.

Данные обстоятельства обуславливают необходимость разработки новых инструментов поддержки принятия решений в растениеводстве и, впоследствии, внедрения интегрированной системы управления сельскохозяйственным предприятием [8].

Геоинформационное обеспечение цифрового земледелия

Аэрокосмические снимки предоставляют самую точную и реальную информацию о сложившейся ситуации с заданной периодичностью. В результате тематической обработки они совместимы с технологиями цифрового картографирования и являются инструментом комплексного анализа ситуации на пахотных землях [9] (рис. 4).

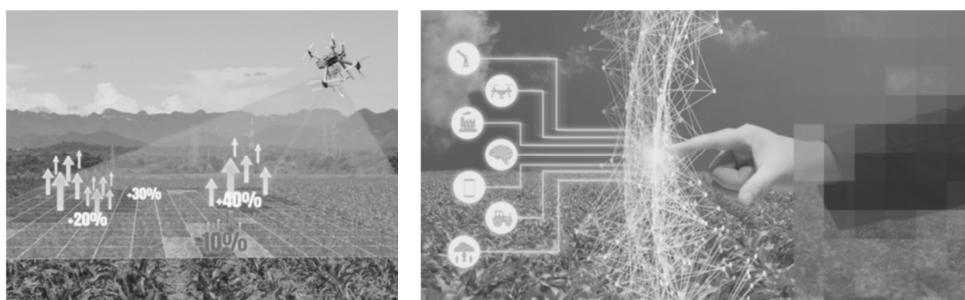


Рис. 4. Эволюция возможностей в решении хозяйственно-экономических вопросов агропредприятий в сети Интернета вещей (IoT)

Повышение урожайности за счет освоения спектра элементов точного земледелия, снижение нагрузки на окружающую среду, тренд на опережение проявления негативных воздействий в результате сложного сплетения факторов окружающей среды являются главными драйверами внедрения цифровых решений в области земледелия как в России, так и во всем мире.

В основу построения функциональной организационной структуры технологического цикла предприятия должен быть положен системный подход, интегрирующий современные научные методы исследований в области дистанционного зондирования Земли; унифицированные методики и технологии обработки и использования космической информации; аппарат систем поддержки принятия решений (СППР) [10], нацеленный на получение оптимальных технических решений по разработке цепочек агротехнологических операций с учетом условий произрастания культур [11].

Первоначально состояние участков, засеянных культурами, фиксируется с помощью сенсоров и устройств мониторинга. Затем происходит передача накопленных разнородных данных в банк хранения для первичных преобразований. Анализ данных с помощью интеллектуальных технологий обладает большими возможностями для развития адаптивного управления. Тестирование корректирующих технологических мероприятий может стать шагом к своевременному торможению деструкционных процессов для урожая (рис. 5).

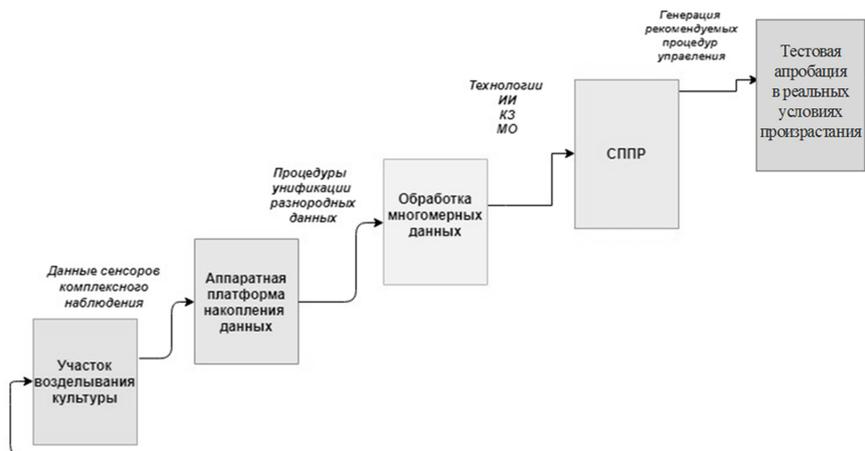


Рис. 5. Основные этапы цифрового управления сельским хозяйством: ИИ – искусственный интеллект; КЗ – компьютерное зрение; МО – машинное обучение [11]

Основные элементы организации единой цифровой пространственной среды

Механизмы для достижения устойчивого управления земельными ресурсами с помощью имеющейся информации в реальном времени о землях и выращиваемых сельскохозяйственных культурах представлены на рис. 6.



Рис. 6. Функциональное моделирование основных процедур производственных агропроцессов с техническими и технологическими элементами цифровой трансформации

Данные дистанционного зондирования (ДДЗ), полученные от различных спутниковых сенсоров, беспилотных средств, метеостанций. На этапе загрузки данных происходит сбор информации абиотических параметров окружающей среды, описывающих распространение и приживаемость сельскохозяйственной культуры в природе. Результаты измерений включают данные о величине солнечной радиации, параметрах воздуха (температура, влажность, точка росы, скорость и направление ветра), параметрах почвы (температура, влажность, кислотность) и состоянии посевов (спектр отраженного от посевов света в нескольких фиксированных диапазонах). Задаются начальные параметры, и происходит наполнение информации хранилищ информационной системы для возделывания заданного сорта с биологической точки зрения. Данные дистанционного зондирования послужат основой для экстраполяции полевых данных и анализа пространственного распределения характеристик растительных сообществ [12]. Ис-

следование открытых для доступа изображений из космоса в видимом и инфракрасном диапазонах [13] регистрируют состояние местности на четко известный момент и отражают фотосинтетическую активность культур на основе расчета спектральных индексов [14].

Географические информационные системы (ГИС), техники анализа больших данных и СППР. На данном этапе происходит синтез эмпирически накопленной информации с аппаратом анализа больших данных для последующего использования этих результатов (рис. 7).

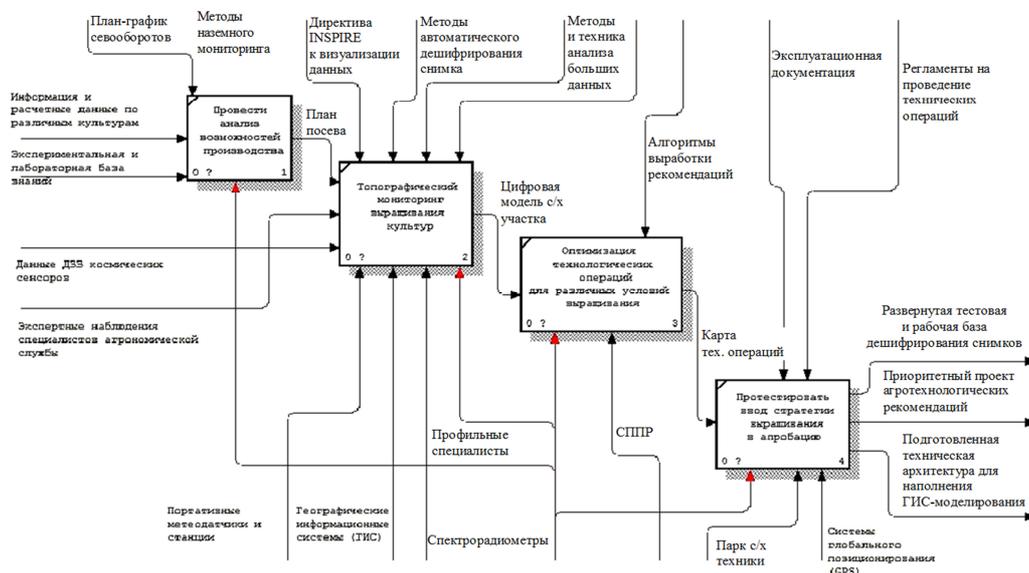


Рис. 7. Многоуровневый сценарий реинжиниринга бизнес-процессов при внедрении элементов точного земледелия

На этапе анализа первичные данные складываются в определенные знания об изучаемом объекте, формируются унифицированные витрины данных, а средства геоинформационного моделирования позволяют наложить слои распознанного картографического материала с возможностью визуализировать обстановку на картах местности [15]. Данные различных источников могут храниться и обрабатываться отдельно, совмещаться в информационном продукте на основе привязки к единой системе координат в виде комбинации слоев. Возможность независимого изменения и совместного отображения слоев данных позволяет получать свежие текущие данные из наземных источников для отображения на растровой подложке ДДЗ [16].

Методы анализа больших данных могут выявить неочевидные, на первый взгляд, закономерности. Система поддержки принятия решений будет рассматривать различные модели адаптивных реакций на условия внешней среды, формировать аналитические запросы и генерировать рекомендательные сообщения для конечного пользователя в отношении набора альтернативных вариантов его поведения в той или иной ситуации. В итоге будут сформированы карты-задания на реализацию агроприемов по технологии точного земледелия.

Системы глобального позиционирования (GPS) исполняют роль связующего звена между коллекциями данных и географическими информационными системами (рис. 7). В результате синтеза применимой в конкретном хозяйстве агротехнологии данные системы позволяют привязать данные, собранные с земли или с помощью дистанционного зондирования, и максимально корректно нанести их на карту-задание для проведения необходимых технологических операций на участках. Агротехнические операции, включенные в агротехнологию, можно проводить выборочно за счет реализованных механизмов генерации карт-заданий и таблиц агротребований [17].

В процессе трансформации традиционного сельскохозяйственного предприятия в цифровое устанавливается взаимодействие специалиста в области агрономии и аппаратно-программного комплекса, чтобы облегчить наукоемкие и трудоемкие задачи топографического мониторинга, анализа фонда пространственных данных, построения цепочек агротехнологических операций для сложившихся условий выращивания. Информационно и функционально взаимосвязанные между собой составляющие аппаратно-программного комплекса обеспечивают выполнение технологических процессов, объединенных задачей постоянного картографического слежения за изменениями местности на основе космической информации среднего и высокого пространственного разрешения.

Основными функциями аппаратно-программного комплекса являются получение и первичная обработка космической информации, проведение автоматизированного анализа разновременных материалов космической съемки и идентификация на них изменений объектов местности, формирование баз пространственных данных (метаданных) и подбор агротехнологических операций в сложившихся условиях внешней среды.

Предлагаемый механизм управления агротехнологиями с элементами внедрения цифровых технологий представлен на рис. 8 для исследуемых бизнес-процессов «Топографический мониторинг выращивания культур» и «Оптимизация технологических операций для различных условий выращивания».

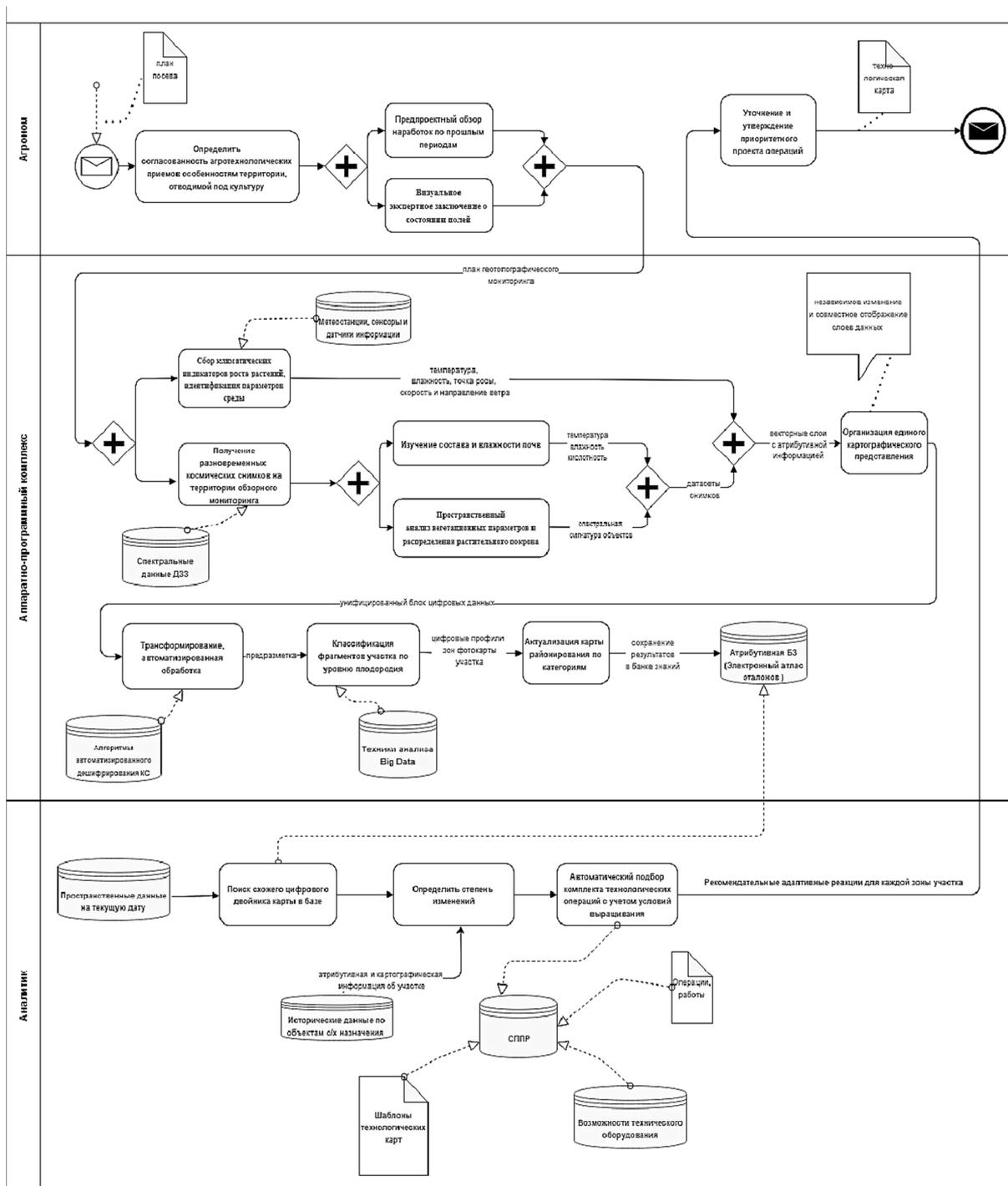


Рис. 8. Структурно-функциональная модель реинжиниринга бизнес-процессов «Топографический мониторинг выращивания культур» и «Оптимизация технологических операций для различных условий выращивания»

Реорганизованные бизнес-процессы, представленные структурно-функциональной моделью (рис. 8) в нотации BPMN, основаны на широком использовании современных цифровых технологий. Предлагается создать информационную среду предприятия, состоящую из взаимосвязанных процедур слияния информации от ее составных функциональных систем: системы автоматизированного мониторинга, системы автоматизированного распознавания специфики состояния элементов растительной поверхности и автоматизированной аналитической СППР по подбору агротехнологических приемов.

Все процессы начинаются с операции комплексной оценки агрономом плана посева, его сопоставления с применяемыми технологиями возделывания, сопоставления данных прошлых периодов, апробированных в условиях хозяйства, визуального осмотра текущего состояния земельного участка. Далее предполагается запуск параллельных подпроцессов автоматизированного сбора данных о динамике изменчивости почвенно-климатических параметров, получения многоспектральных снимков поверхности земельного участка.

Посредством сенсорно-технических средств данные всестороннего наблюдения наполняют цифровую лабораторную базу эталонов (сигнатур) картографического представления изучаемой местности. Результаты отснятых сцен подлежат дешифрованию и интерпретации для распределения по степени зрелости растительных групп и разбиения на зоны изменчивости показателей плодородия. Так измеренная отражательная способность на снимке сопоставляется с реальной вегетационной зрелостью в моменты наибольшего различия между отражательными способностями растительных объектов на многозональном снимке. На основе полученных данных и их анализа формируется база знаний сгенерированных цепочек агротехнологических операций. Такой подход избавляет агронома от проведения достаточно трудоемкого регулярного полевого обследования и позволяет получать качественно новые данные без существенных затрат.

Полученные знания об участке далее используются аналитиком для рассмотрения различных допустимых технологических карт выращивания и выбора экономически наиболее целесообразной карты. Системой поддержки принятия решений учитываются план посева культуры, необходимые операции по уходу согласно проведенной классификации по уровню плодородия участка, возможности и ограничения по ресурсной базе предприятия, варианты использования производственных мощностей и оборудования.

Заканчивается подпроцесс передачей перечня рекомендательных технологических мер ухода по зонам участка от аналитика агроному с последующим утверждением последним технологической карты операций.

Реинжиниринг бизнес-процессов согласно предложенной модели приведет к снижению рисков в части соблюдения временных факторов, увеличит объемы производства и доходность сельскохозяйственного предприятия за счет перехода к цифровым технологиям автоматизированного сбора и обработки больших данных, возможности принятия решений на основе автоматизированных аналитических систем и способности хранения в базе знаний сгенерированных цепочек агротехнологических операций для потребностей будущих периодов.

К достоинствам предлагаемой модели технической и технологической трансформации, структура которой показана на рис. 8, относятся:

- частичная компенсация и/или исключение ручного труда;
- получение данных на протяжении всего производственного цикла;
- возможность проведения статистического оперативного и интеллектуального анализа данных;
- ведение оперативного мониторинга состояния посевов;
- оценка всхожести сельскохозяйственных культур и их развития по цифровым картам (в виде ротофото- и векторных планов);
- эффективное использование ресурсов, повышение производительности труда.

В сельском хозяйстве все это особенно важно из-за сезонности и зависимости многих работ и их результата от внешних и не всегда поддающихся контролю факторов.

Заключение

Исследована актуальная современная задача организации системы цифрового землепользования, состоящая во внедрении автоматизированного режима сбора, обновления, анализа информации о ландшафтных метриках участка в различных временных срезах. Рассмотрены основополагающие элементы реинжиниринга бизнес-процессов в условиях цифровой трансформации.

ции, создания систем управления для контроля развития сельскохозяйственных культур с использованием потоковой обработки данных дистанционного зондирования. Изучена модель информационного сопровождения процессов производства для предприятий растениеводческого профиля, направленная на получение цифровых картографических моделей морфологии ландшафта и выработку рекомендаций по осуществлению адаптивно-ландшафтного земледелия.

Цифровой облик внутренней структуры участка обернется для специалистов пространственной основой для динамического сравнения исторической и текущей ситуации и повысит контроль над факторами неопределенности. Повышение уровня контроля состояния и использования земель позволит разработать качественные рекомендательные схемы по устойчивому сохранению урожая, влияющие на оптимальное расходование ресурсов производства, а также получение высокой урожайности культур.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гордеев А. В. Ведомственный проект «Цифровое сельское хозяйство»: офиц. изд. М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2019. 48 с. URL: <http://mcx.ru/upload/iblock/900/900863fae06c026826a9ee43e124d058.pdf> (дата обращения: 10.03.2021).
2. О государственной программе развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия: Постановление Правительства Российской Федерации от 14 июля 2021 г. № 717. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902361843> (дата обращения: 26.02.2021).
3. Технологии и инновации. Цифровая трансформация бизнеса. URL: <https://www.it.ua/ru/knowledge-base/technology-innovation/big-data-bolshie-dannye> (дата обращения: 08.11.2020).
4. Структурные методы анализа и проектирования. URL: <https://studfile.net/preview/5266140/page:3/> (дата обращения: 03.12.2020).
5. Удалова З. В. Особенности бизнес-процессов в сельскохозяйственных организациях и их влияние на формирование учетно-аналитического обеспечения. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-biznes-protsessov-v-selskohozyaystvennyh-organizatsiyah-i-ih-vliyanie-na-formirovanie-uchetno-analiticheskogo/viewer> (дата обращения: 15.11.2020).
6. Управление организационным поведением и механизмы управления. URL: <http://www.mtas.ru/about/smartman/mechanism/04.pdf> (дата обращения: 12.12.2020).
7. Хоменко Т. В., Квятковская И. Ю., Чертина Е. В. Информационно-аналитическая система управления региональным кластером аквакультуры и рыбного хозяйства // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. 2017. № 2. С. 117–124. DOI: 10.24143/2072-9502-2017-2-117-124.
8. Вакуленко Д. В., Кравец А. Г. Разработка системы информационной поддержки принятия управленческих решений в задаче оценки земель сельскохозяйственного назначения // Инновационные технологии в обучении и производстве: материалы XIV Всерос. науч.-практ. конф. (Камышин, 15 ноября 2019 г.): в 3-х т. Волгоград: Изд-во Волгогр. гос. техн. ун-та, 2019. Т. 2. С. 50–53.
9. Филиппов Д. В., Чурсин И. Н. Оценка качества цифровых аэрофотоснимков // Вестн. компьютер. и информац. технологий. 2018. № 1. С. 34–39.
10. Алексанян И. Ю., Космачева И. М., Максименко Ю. А., Сибикина И. В., Хоменко Т. В. Модель управления рисками для систем поддержки принятия решений в рыбохозяйственной отрасли // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. 2017. № 3. С. 108–116. DOI: 10.24143/2072-9502-2017-3-108-116.
11. Мужичек С. М., Обросов К. В., Сафонов В. А., Лисицын В. М. Эффективность мониторинга поверхности земли через слой кучевой облачности // Вестн. компьютер. и информац. технологий. 2019. № 11. С. 29–36.
12. Saiz-Rubio V. From Smart Farming towards Agriculture 5.0: A Review on CropDataManagement. URL: <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/2/207/htm> (дата обращения: 08.12.2020).
13. Афонин В. В., Савкина А. В., Никулин В. В. Оценка устойчивости структурно-яркостных свойств при цифровой обработке изображений // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. 2021. № 2. С. 39–46. DOI 10.24143/2072-9502-2021-2-39-46.
14. Чурсин И. Н., Филиппов Д. В., Горохова И. Н. Распознавание сельскохозяйственных культур по мультиспектральным космическим снимкам высокого разрешения // Вестн. компьютер. и информац. технологий. 2018. № 11. С. 22–27.
15. Комарова А. Ф., Журавлева И. В., Яблоков В. М. Открытые мультиспектральные данные и основные методы дистанционного зондирования в изучении растительного покрова // Принципы экологии. 2016. № 1. С. 40–74.
16. Каличкин В. К., Павлова А. И. Агрономические геоинформационные системы. Новосибирск: СФНЦА РАН, 2018. 347 с. URL: <https://sfscs.ru/docs/kalichkin.pdf> (дата обращения: 27.11.2020).
17. Якубайлик О. Э. Технологии формирования интерактивных тематических карт на геопортале // Вестн. компьютер. и информац. технологий. 2017. № 4. С. 23–28.

Статья поступила в редакцию 21.04.2021

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Дарья Витальевна Вакуленко – аспирант кафедры систем автоматизированного проектирования и поискового конструирования; Волгоградский государственный технический университет; Россия, 400005, Волгоград; dsvklnk@gmail.com.

Алла Григорьевна Кравец – д-р техн. наук, профессор; профессор кафедры систем автоматизированного проектирования и поискового конструирования; Волгоградский государственный технический университет; Россия, 400005, Волгоград; agk@gde.ru.



REENGINEERING OF BUSINESS PROCESSES OF AGROINDUSTRIAL ENTERPRISES IN CONDITIONS OF THROUGH DIGITAL TRANSFORMATION

D. V. Vakulenko, A. G. Kravets

*Volgograd State Technical University,
Volgograd, Russian Federation*

Abstract. The article describes the high dynamism and uncertainty of the external and internal environment, which actualize the implementation of innovative technologies in the management of business processes in the agro-industrial complex (AIC). Attention is focused on the strategic nature of the transformation of agricultural production within the digital ecosystem. The perspective technologies of collection and processing of remote sensing data obtained from various satellite sensors, unmanned vehicles, weather stations; geographic information systems; global positioning systems are considered. The fundamental elements of reengineering of business processes in the context of digital transformation, the creation of control systems to control the development of agricultural crops using streaming processing of remote sensing data are considered. The factors of restraining and catalyzing production processes in AIC are substantiated, the features of the elements of the organization of the digital spatial environment are revealed, which largely determine the transition to a unified information support system for an agro-industrial enterprise. A structural and functional model of reengineering of business processes is proposed, aimed at ensuring sustainability in making managerial decisions. As part of the reengineering process, it is planned to create an information environment for an agricultural enterprise, consisting of interconnected procedures for merging information of its component functional systems: an automated monitoring system, a system for automated recognition of the specifics of the state of plant surface elements and an automated analytical decision support system for selecting agrotechnological techniques. Reengineering of business processes according to the proposed model will reduce risks in terms of compliance with time factors, increase production volumes and profitability of an agricultural enterprise due to the transition to digital technologies for automated collection and processing of big data, the ability to make decisions based on automated analytical systems and the ability to store in the knowledge base the generated chains of agro-technological operations for the needs of future periods.

Key words: agro-industrial complex, structural and functional model, production processes, digital technologies, remote sensing data, digital solutions.

For citation: Vakulenko D. V., Kravets A. G. Reengineering of business processes of agroindustrial enterprises in conditions of through digital transformation. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics*. 2021;3:115-125. (In Russ.) DOI: 10.24143/2072-9502-2021-3-115-125.

REFERENCES

1. Gordeev A. V. *Vedomstvennyi projekt «Tsifrovoe sel'skoe khoziaistvo»: ofitsial'noe izdanie* [Departmental project Digital Agriculture: official publication]. Moscow, FGBNU «Rosinformagrotekh», 2019. 48 p. Available at: <http://mcx.ru/upload/iblock/900/900863fae06c026826a9ee43e124d058.pdf> (accessed: 10.03.2021).
2. *O gosudarstvennoi programme razvitiia sel'skogo khoziaistva i regulirovaniia rynkov sel'skokhoziaistvennoi produktsii, syr'ia i prodovol'stviia: Postanovlenie Pravitel'stva Rossiiskoi Federatsii ot 14 iuliia 2021 g. № 717* [On state program for development of agriculture and regulation of markets for agricultural products, raw materials and foodstuffs: Resolution of the Government of the Russian Federation of July 14, 2021 No. 717]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/902361843> (accessed: 26.02.2021).

3. *Tekhnologii i innovatsii. Tsifrovaia transformatsiia biznesa* [Technology and innovation. Business digital transformation]. Available at: <https://www.it.ua/ru/knowledge-base/technology-innovation/big-data-bolshie-dannye> (accessed: 08.11.2020).
4. *Strukturnye metody analiza i proektirovaniia* [Structural methods of analysis and design]. Available at: <https://studfile.net/preview/5266140/page:3/> (accessed: 03.12.2020).
5. Udalova Z. V. *Osobennosti biznes-protsessov v sel'skokhoziaistvennykh organizatsiiakh i ikh vliianie na formirovanie uchetno-analiticheskogo obespecheniia* [Characteristics of business processes in agricultural organizations and their impact on formation of accounting and analytical support]. Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-biznes-protsessov-v-selskohozyaystvennykh-organizatsiyah-i-ih-vliianie-na-formirovanie-uchetno-analiticheskogo/viewer> (accessed: 15.11.2020).
6. *Upravlenie organizatsionnym povedeniem i mekhanizmy upravleniia* [Management of organizational behavior and management mechanisms]. Available at: <http://www.mtas.ru/about/smartman/mechanism/04.pdf> (accessed: 12.12.2020).
7. Khomenko T. V., Kviatkovskaia I. Iu., Chertina E. V. *Informatsionno-analiticheskaiia sistema upravleniia regional'nym klasterom akvakul'tury i rybnogo khoziaistva* [Information-analytical management system of regional cluster of aquaculture and fish industry]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriia: Upravlenie, vychislitel'naia tekhnika i informatika*, 2017, no. 2, pp. 117-124. DOI: 10.24143/2072-9502-2017-2-117-124.
8. Vakulenko D. V., Kravets A. G. *Razrabotka sistemy informatsionnoi podderzhki priniatiia upravlencheskikh reshenii v zadache otsenki zemel' sel'skokhoziaistvennogo naznacheniiia* [Developing system of information support for making managerial decisions in problem of assessing agricultural land]. *Innovatsionnye tekhnologii v obuchenii i proizvodstve: materialy XIV Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Kamyshin, 15 noiabria 2019 g.): v 3-kh t.* Volgograd, Izd-vo Volgogr. gos. tekhn. un-ta, 2019. Vol. 2. Pp. 50-53.
9. Filippov D. V., Chursin I. N. *Otsenka kachestva tsifrovyykh aerofotosnimkov* [Evaluation of digital aerial photographs quality]. *Vestnik komp'uternyykh i informatsionnykh tekhnologii*, 2018, no. 1, pp. 34-39.
10. Aleksanian I. Iu., Kosmacheva I. M., Maksimenko Iu. A., Sibikina I. V., Khomenko T. V. *Model' upravleniia riskami dlia sistem podderzhki priniatiia reshenii v rybokhoziaistvennoi otrasli* [Risk management model for decision support systems in fishery industry]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriia: Upravlenie, vychislitel'naia tekhnika i informatika*, 2017, no. 3, pp. 108-116. DOI: 10.24143/2072-9502-2017-3-108-116.
11. Muzhichek S. M., Obrosof K. V., Safonov V. A., Lisitsyn V. M. *Effektivnost' monitoringa poverkhnosti zemli cherez sloi kuchevoi oblachnosti* [Efficiency of monitoring of earth's surface through cumulus layer]. *Vestnik komp'uternyykh i informatsionnykh tekhnologii*, 2019, no. 11, pp. 29-36.
12. Saiz-Rubio V. *From Smart Farming towards Agriculture 5.0: A Review on CropDataManagement*. Available at: <https://www.mdpi.com/2073-4395/10/2/207/htm> (accessed: 08.12.2020).
13. Afonin V. V., Cavkina A. V., Nikulin V. V. *Otsenka ustoichivosti strukturno-iarkostnykh svoystv pri tsifrovoi obrabotke izobrazhenii* [Assessing stability of structural and brightness properties in digital image processing]. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriia: Upravlenie, vychislitel'naia tekhnika i informatika*, 2021, no. 2, pp. 39-46. DOI 10.24143/2072-9502-2021-2-39-46.
14. Chursin I. N., Filippov D. V., Gorokhova I. N. *Raspoznavanie sel'skokhoziaistvennykh kul'tur po mul'tispektral'nym kosmicheskim snimkam vysokogo razresheniia* [Recognition of agricultural crops by multispectral satellite images of high resolution]. *Vestnik komp'uternyykh i informatsionnykh tekhnologii*, 2018, no. 11, pp. 22-27.
15. Komarova A. F., Zhuravleva I. V., Iablokov V. M. *Otkrytie mul'tispektral'nye dannye i osnovnye metody distantsionnogo zondirovaniia v izuchenii rastitel'nogo pokrova* [Open multispectral data and basic methods of remote sensing in studying vegetation cover]. *Printsipy ekologii*, 2016, no. 1, pp. 40-74.
16. Kalichkin V. K., Pavlova A. I. *Agronomicheskie geoinformatsionnye sistemy* [Agronomic geoinformation systems]. Novosibirsk, SFNTsA RAN, 2018. 347 p. Available at: <https://sfcsa.ru/docs/kalichkin.pdf> (accessed: 27.11.2020).
17. Iakubailik O. E. *Tekhnologii formirovaniia interaktivnykh tematicheskikh kart na geoportale* [Technologies of developing interactive thematic maps on geoportal]. *Vestnik komp'uternyykh i informatsionnykh tekhnologii*, 2017, no. 4, pp. 23-28.

The article submitted to the editors 21.04.2021

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Darya V. Vakulenko – Postgraduate Student of the Department of Computer-Aided Design and Search Engineering Systems; Volgograd State Technical University; Russia, 400005, Volgograd; dsvklnk@gmail.com.

Alla G. Kravets – Doctor of Technical Sciences, Professor; Professor of the Department of Computer-Aided Design and Search Engineering Systems; Volgograd State Technical University; Russia, 400005, Volgograd; agk@gde.ru.

