

## 1.2. ВЛИЯНИЕ СИСТЕМНОЙ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОБЩЕСТВА НА МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИКОЙ

Меденников В.И., – д.т.н., ВЦ РАН, Москва

*В работе рассматриваются последствия формирования единой цифровой платформы управления экономикой России, существенно влияющие на методы математического моделирования управления экономикой. Показано, что в пространстве проектирования информационно-управляющих систем данные, алгоритмы решения функциональных задач, к которым относятся математические модели, и инструментарий автоматизации находятся в комплементарных связях с сильным синергетическим эффектом. При этом комплементарность этих трех основных факторов эффективности цифровой экономики ведет к кардинальной смене методов моделирования, которые приводят к росту эффективности использования информации, так же, как и структурированные, все более интегрированные данные совершенствуют методы их обработки. В результате таких растущих взаимодействий данных, алгоритмов, инструментария, а также человеческих, финансовых и материальных ресурсов, которые также являются в некотором роде комплементарными активами, люди и экономика становятся все более ориентированы на информационные ресурсы, делая их одним из самых ценных активов. В этой ситуации алгоритмы в виде математических моделей приобретают «второе дыхание», получив большое поле структурированных, объективных данных, а также соответствующий инструментарий. В качестве примера новых подходов к моделированию рассматривается математическая модель конкурентоспособности продукции на рынке, а также анализируются огромные возможности для деятельности ученых, занимающихся моделированием управления экономикой, при научном подходе к применению цифровых технологий в сельском хозяйстве в точном земледелии, переживающем сейчас настоящий бум*

### Введение

Поводом для написания настоящей статьи послужил анализ статей и докладов на различных площадках по математическому моделированию управления производством в различных отраслях экономики, в которых в основном приводятся слегка усовершенствованные под реалии сегодняшнего дня методы, применяемые в конце прошлого века без учета коренных изменений в управлении, грядущих при комплексной, системной цифровизации экономики. И это наблюдается на уважаемых площадках известными специалистами, например, на ежегодных конференциях MLSD в ИПУ РАН. В своей последней работе [Меденников, 2021] я дал анализ результатов отказа ответственных за реализацию программы цифровой экономики (ЦЭ) от системного подхода, подобно реализации сравнимого по масштабам космического проекта, с назначением генерального конструктора со своей научной и опытно-производственной базой и разработкой единой концепции, архитектуры, стандартов и т.д. ЦЭ. Вместо этого реализация ЦЭ была отдана на откуп крупным госкорпорациям и холдингам, что породило цифровой феодализм. Данный подход, с одной стороны, корнями уходит в отказ от реализации в свое время проекта ОГАС [Глушков, 1975] руководством страны, с другой стороны, предопределен пониманием разработчиками программы, скорее всего, того, какие громадные изменения нужно сделать в стране, чтобы осуществить цифровую трансформацию реальной экономики, вплоть до ликвидации госкорпораций, поэтому мы не акцентировали на данной проблеме внимания, а ограничились в основном только аспектом предоставления новых форм государственных услуг и цифровизации банковской сферы, представители которой в целях сиюминутных интересов извратили понятия цифровых платформ (ЦП) и цифровых экосистем (ЦЭС).

В результате в стране появилось огромное количество разработанных на основе оригинального проектирования онтологически и функционально несовместимых информационных систем (ИС), как в министерствах, региональных органах, так и на предприятиях страны. Идеи же ОГАС обеспечивали формирование единой системы сбора и анализа первичной учетной и статистической информации, разработку типовых ИС на основе выработанных стандартов. По истечении уже достаточного периода времени после принятия Программы цифровой экономики в стране мы видим негативные последствия такого решения. Так, в результате непонимания системности подхода к ЦЭ появляются заявления, правда, в силу абсолютной безграмотности в информатизации, что основным результатом выполнения программы ЦЭ должен явиться рост числа подключений фермеров к интернету [Петриков, 2021]. На основании такого подхода директор института аграрных проблем и информатики академик РАН Петриков А. В. даже принял решение о ненужности тематики исследований по цифровой экономике АПК и закрыл ее в собственном институте. Более того, он пошел дальше и предлагает закрыть ИТ-кафедры в аграрных ВУЗах, обосновывая такое решение тем, что цифровизацией АПК должны заниматься специальные айтишные организации.

Минсельхоз, полагающийся на рыночный подход в области цифровизации АПК, придерживается такого же мнения. В результате – в АПК нет ни одного НИИ, комплексно занимающегося исследованиями в области ЦЭ. Тем самым наносится ощутимый удар по социально-образовательному уровню будущих исполнителей и потребителей цифрового сельского хозяйства. Вслед за Минсельхозом в [Кон-

цепция, 2020] группой академиков предлагается также позадачный подход к научно-технологическому развитию цифрового сельского хозяйства – «Умное сельское хозяйство». Так, рассматриваются отдельные направления, такие, как «Умное землепользование», «Умное поле», «Умный сад», «Умная теплица», «Умная ферма» без разработки единой архитектуры, онтологического моделирования на принципах интеграции информационных ресурсов (ИР), без учета мировых тенденций в области цифровизации сельского хозяйства в виде создания системы управления информацией, т.е. сбора, обработки, хранения и распространения необходимых данных на основе повсеместной интеграции разрозненных данных в единую систему. Более того, утверждается, что «экспертная команда программы ЦЭ полагает, что в рамках цифровой трансформации должно создаваться множество информационных платформ». Чувствуется, что документ разрабатывали люди, довольно далекие от информатизации. Что было бы, если бы новый трактор разрабатывался подобным образом без его проекта с техническими требованиями – колеса отданы на откуп одной организации, кабина – другой, двигатель – третьей. Аналогичная ситуация сложилась и во всей РАН. Так, директор института биомедицинской химии академик Андрей Лисица поставил в вину Президиуму РАН тот факт, что РАН проспала информатизацию общества. В результате появляются работы, в которых утверждается, что «попытки решения управленческих задач за счет ЭВМ приводили к огромным затратам труда и средств, и все это кануло в “лету”, информатизация сельского хозяйства принесла только вред и никакого эффекта в ВВП страны не принесла» [Ушачев, 2013].

Проведенный анализ состояния информационных научных и образовательных ресурсов на сайтах аграрных ВУЗов и НИУ в 2021 году показал, что существует значительный цифровой разрыв между современным состоянием и потенциалом технологий разработки и наполнения контентом их сайтов, который стремительно увеличивается. Казалось бы, в условиях пандемии, в связи со снижением покупательной способности многих слоев населения, ужесточением санитарных норм, введенных ограничений на миграцию трудовых ресурсов, повсеместным нарушением существующих процессов в производственно-логистических цепочках, снижением возможностей проведения полевых дней для внедрения и разъяснения товаропроизводителям преимуществ и технологий инновационных разработок, наука должна была бы отреагировать адекватно, но это незаметно. Например, наука в качестве выхода из данной ситуации могла бы предложить переход к научно-обоснованным севооборотам, которые влияют на эффективность всего производственного процесса путем наиболее рационального использования основного ресурса – земельного в комплексе с финансовыми, биоклиматическими, человеческими, информационными ресурсами, средствами питания и защиты культур, орудиями и машинами. Должен был бы осуществиться перенос полевых дней и переобучения работников в онлайн формат в виде развития сервисов консультационной деятельности, нормативно-правовой информации (НПИ), дистанционного обучения (ДО), и более безболезненный переход на современные цифровые платформы управления (ЦПУ) логистикой, комплексность которого сможет помочь осуществить наука посредством формирования единого информационного структурированного пространства научных ресурсов. Такое пространство должно обслуживать не только сферу бизнеса, науки, но и образования, госуправления, прочих пользователей. Для этого нужна достоверная, однородная, онтологически выверенная информация в виде публикаций, разработок, баз данных (БД), пакетов прикладных программ (ППП).

Однако наблюдается тенденция за период пандемии резкого снижения количества и качества информационных научных и образовательных ресурсов. Так, у НИУ число разработок снизились с 18806 до 5410, публикаций – с 43718 до 8274БД – с 238 до 124, число консультантов – с 231 до 14. У ВУЗов число разработок снизились с 4660 до 3359, БД – с 675 до 0, число консультантов – с 259 до 76.

Видимо, такой взгляд на ЦЭ и руководства страны, и академиков РАН, и НИУ не мог не сказаться на подходах и к математическому моделированию управления экономикой. Хотя наиболее прозрачные ученые, мнения которых будут приведены в дальнейших главах, “бьют в набат” по этому поводу. Исходя из актуальности тематики, в работе рассматриваются направления развития математического моделирования при формировании единой цифровой платформы управления экономикой России.

### **1. Результаты математического моделирования формирования единой цифровой платформы управления экономикой страны**

Еще в 90-е годы было показано [Меденников, 1993], что по степени влияния на объект управления информационно-управляющие системы (ИУС) условно делятся на 4 класса.

1. Системы, которые на каждом уровне и в каждом звене управления автоматизируют существующие функции управления.
2. Системы, которые оптимизируют систему управления в части затрат на информационную технику и передачу информации, дублирование функций и данных.
3. Системы, которые изменяют структуру системы управления объектом.
4. Системы, которые способствуют изменению самого объекта, например, структуры производства.

Анализ реализации мероприятий ЦЭ, проведенный выше, показывает, что страна занимается цифровизацией существующих экономических отношений, то есть систем первого класса, хотя и современными инструментальными средствами. Как выразился У. Черчилль, генералы всегда начинают войну старыми методами. Из теории же комплементарности, разработанной Милгромом и Робертсом [Milgrom, 1990], подтвержденной многочисленными исследованиями, что вложения в ИКТ более эф-

фективны, когда высок уровень двух других комплементарных активов – организационного и человеческого капиталов, следует, что вложения в цифровизацию более продуктивны при внедрении систем четвертого класса. Так, в результате исследований, проведенных на основе теории комплементарности компанией Economist Intelligence Unit в 2003г., были сформулированы очень важные для России выводы относительно влияния ИКТ на производительность и экономический рост [Акаев, 2017].

1. ИКТ действительно способствуют экономическому росту, но только по достижении минимального порога развития инфраструктуры ИКТ. Следовательно, распространенность и использование ИКТ должны достичь определенной критической массы, прежде чем они начнут оказывать существенное позитивное воздействие на экономику страны.

2. Существует значительная задержка во времени между инвестициями в ИКТ-сферу и проявлением положительного влияния ИКТ на экономическое развитие и производительность труда. Отсюда следует, что нельзя ожидать быстрой и весомой отдачи от инвестиций в ИКТ. Чтобы получить ощутимый эффект от использования ИКТ, требуется тщательно продуманное их внедрение в экономику с привлечением смежных нематериальных активов, без которых положительный эффект инвестиций от ИКТ не возникает.

3. Таким образом, для стран, чей индекс развития ИКТ ниже порогового уровня, экономический эффект от внедрения ИКТ либо отсутствует, либо вообще может оказаться отрицательным.

Одно из значимых исследований в этом направлении было проведено также Тимоти Бреснаном и Шейном Гринстейном [Акаев, 2017]. Исследование подтвердило, что вложения в ИКТ более эффективны, когда высок уровень двух других комплементарных активов – организационного и человеческого капиталов. То есть инвестиции в ИКТ связаны со значительными затратами на изменение организационного и человеческого капиталов.

В работе [Brynjolfsson, 2002] найдено доказательство того, что сочетание ИКТ и определенных организационных практик создаёт большую стоимость, чем каждая из них в отдельности. Вложения в компьютерный капитал сильно влияют на стоимость компании. Каждый доллар, вложенный в ИКТ, связан с увеличением рыночной стоимости компании примерно на 12 долларов в отличие от других материальных активов, которые увеличивают стоимость чуть более, чем на 1 доллар. Таким образом, для цифровой трансформации сначала необходимо усовершенствовать управление, повысить качество кадрового потенциала, а потом – внедрять стандарты цифрового управления, в противном случае можно навсегда закрепить управленческую отсталость. Данный вывод особенно актуален для АПК в силу значительного разрыва между этими направлениями.

Приведенные выше выводы подтверждаются данными Capgemini Consulting и MIT Sloan School of Management, приведенными на международных Лихачевских научных чтениях в докладе В.В. Зябрикова «Цифровизация менеджмента: перспективы и скрытые угрозы для культурного развития нации». Они демонстрируют, что показатели финансовой эффективности зависят не только от того, как используются цифровые технологии и другие новые методы управления: совместно или по отдельности [Зябриков, 2021]. Если фирма улучшает кадровый потенциал в системе своего менеджмента классическими средствами без использования цифровых технологий, то наблюдается рост ее прибыли на 9%, а если одновременно с использованием цифровых технологий – на 26%.

Если же фирма пытается внедрять цифровые технологии без совершенствования своего кадрового потенциала, то наблюдается не рост, а снижение прибыли на 11%. При этом вообще игнорировать цифровую трансформацию кадрового менеджмента недопустимо, поскольку в этом случае снижение прибыли фирмы по сравнению с цифровыми конкурентами достигает 24%.

На основе данных исследований и активной цифровизации производства в наиболее развитых экономиках мира в течение нескольких лет сформировался ряд основополагающих принципов его цифровой трансформации [Райков, 2020]. Для данной работы наиболее важны следующие два: формирование системы управления информационными ресурсами на основе рациональной их интеграции в некое единое структурированное пространство; идеологическое переосмысление стратегий и технологий управления производством. Конечно, нельзя не отметить, что отмеченные принципы взаимосвязаны с некоторыми другими. Например, с прецизионным производством, оптимизирующим использование ресурсов со всеми вытекающими отсюда последствиями; с использованием технологий дистанционного зондирования земли; с целевой подготовкой и переподготовкой кадров.

Рассмотренные основополагающие принципы цифровой трансформации производства являются следствием эволюции общемировых информационных средств, в которой «отделение» данных от программного обеспечения (ПО) связано с развитием более мощных средств их сбора, хранения, обработки и передачи. Здесь возникает экономическая целесообразность в тиражировании программных продуктов на некоторые предприятиях [Меденников, 2021]. При этом в технологиях разработки ПО можно выделить четыре отличительных этапа, на каждом из которых происходила существенная трансформация трех основных осей измерения проектного пространства информационных систем (ИС): информационных ресурсов (ИР), приложений и инструментария (программно-технических средств).

ПО первого этапа разрабатывалось в основном под потребности конкретного предприятия или, в крайнем случае, для узкого круга одинаковых предприятий. Это требует больших затрат на его сопро-вождение. На втором этапе функциональные возможности ИС расширились, что определялось совер-

шенствованием ИКТ. Данный этап привел к кооперации, стандартизации, интеграции разработок и, соответственно, к уменьшению стоимостных показателей. Данный процесс позволил оптимизировать управленческие функции, методы обработки информации, в частности, привел к появлению международных методологических стандартов управления типа ERP. Третий этап характеризуется появлением систем управления базами данных (СУБД) и локальных вычислительных сетей (ЛВС), что привело уже к физическому и логическому отделению ИР и ИС от конкретных вычислительных средств за счет размещения их на виртуальных компьютерах в узлах ЛВС. Четвертый этап связан с практической реализацией в эпоху ЦЭ теоретической проблемы интеграции ИР, автоматизируемых задач и инструментария в чрезвычайно актуальную в экономическом и практическом плане задачу их объединения в единую информационно-управляющую среду. Данную проблему невозможно решить без формирования цифровых стандартов на все оси проектного пространства ИС. Приведенное обоснование перехода на методы интеграции и типизации при разработке ИС привело к разработке математической модели формирования ЦПУ экономикой [Меденников, 2019].

С помощью модели удалось получить ряд цифровых подплатформ, в сумме представляющих единую ЦП управления сельским хозяйством.

#### **Облачная подплатформа сбора и хранения пооперационной первичной учетной информации всех предприятий в единой базе данных**

Первая подплатформа представляет собой цифровой стандарт на первичные информационные ресурсы с далеко идущими последствиями. Вся первичная учетная информация может быть сформирована в универсальном виде (стандарте): вид операции, объект операции, место проведения, кто проводил, дата, интервал времени, задействованные средства производства, объем операции, вид потребленного ресурса, объем потребленного ресурса. Следуя западной терминологии, данный цифровой стандарт позволяет сформировать подплатформу сбора и хранения пооперационной первичной учетной информации всех предприятий в облачной единой БД (ЕБДПУ). Данная структура нашла подтверждение в форме первичных учетных данных фермерских хозяйств в Германии, хранящихся в виде некоторой формы карт истории полей за многие десятилетия: так, один фермер при посещении его хозяйства показал архив этих данных за сто лет. Фермеры могут продемонстрировать все операции на каждом поле, точное время их, на чем делалось и кем, какие ресурсы использовались и длительность операций. Да и в России агрономы должны были вести карты истории полей, введенные постановлением Совета министров РСФСР от 6 мая 1961 года N 511 «О ведении в колхозах и совхозах шнуровой книги истории полей севооборотов и агротехнического паспорта полей севооборотов», с отражением данной информации в соответствующих документах, заброшенных с началом перестройки.

В последние 2-3 года данный цифровой стандарт начал активно внедряться в США при разработке облачных платформ и сервисов в виде следующих специализированных подплатформ: подплатформ-агрегаторов первичного сбора и накопления сельскохозяйственной информации и прикладных подплатформ (управленческие задачи) [J'son & Partners, 2021].

На рис. 1 представлен стандарт структуры первичного учета, который нашел подтверждение и в других отраслях народного хозяйства, в том числе в логистике.

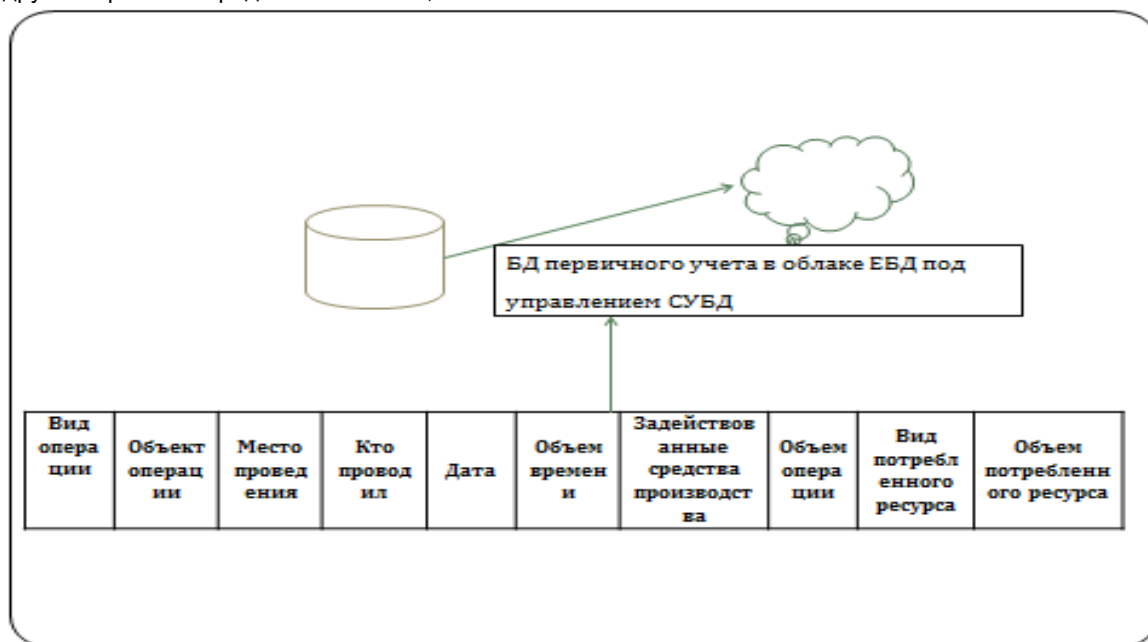


Рисунок 1. Цифровой стандарт структуры первичного учета

**Облачная подплатформа технологического учета всех предприятий в единой базе данных**

Вторая подплатформа представляет собой цифровой стандарт на онтологические (концептуальные) и логические модели технологических БД в производственных отраслях, например, в растениеводстве, животноводстве, механизации и т.д., единые для всех сельскохозяйственных предприятий страны. На рис.2 приведена схема облачного хранения технологических БД в сельском хозяйстве.

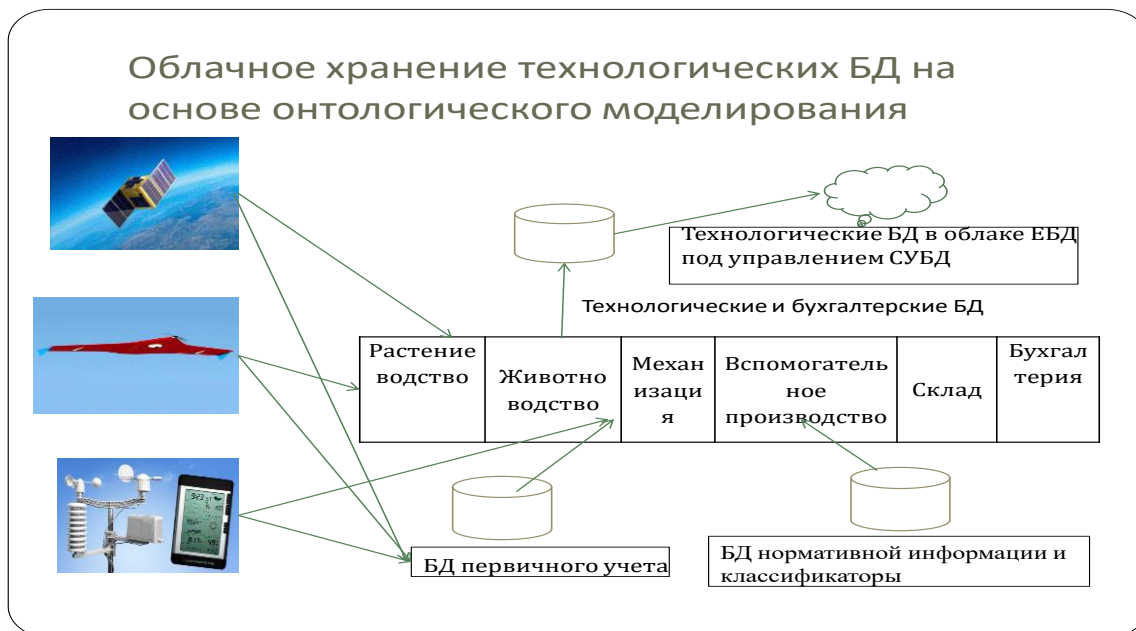


Рисунок 2. Облачное хранение технологических БД

А на рис. 3 приведена укрупненная концептуальная информационная модель растениеводства, где в скобках указано количество атрибутов в соответствующем информационном блоке.



Рисунок 3. Укрупненная концептуальная информационная модель растениеводства

Облачная подплатформа алгоритмов (управленческих задач)

Третья подплатформа представляет собой цифровой стандарт описания алгоритмов управленческих задач (база знаний), единых для всех предприятий. Так, в растениеводстве выделено около 240 функциональных задач по управлению растениеводством с едиными согласованными алгоритмами для всех сельскохозяйственных предприятий России.

В качестве примера приведем перечень некоторых задач, решение которых будет опираться на технологии точного земледелия.

#### 1. Растениеводство в целом.

##### 1.1 Учет:

- автоматизированное ведение книги истории полей;
- учет фактического размещения культур в севооборотах.

##### 1.2 Планирование:

- расчет оптимальной структуры производства отрасли растениеводства с учетом внесения соответствующих условий по объемам производства и ограничений по ресурсам;
- планирование обеспечения животноводства кормами;
- расчет оптимальной структуры площадей кормовых культур по видам их использования;
- расчет оптимальной структуры севооборотов;
- расчет оптимального размещения культур в севооборотах при изменяющихся внешних условиях;
- расчет оптимального размещения в пространстве перекрестноопыляющихся родительских и гибридных форм отдельных сельскохозяйственных культур с учетом выполнения условий по структуре производства и структуре севооборота;
- расчет потребностей и составление заявок на приобретение тары и других материальных средств для растениеводства;
- планирование обеспечения агроматериалами.

##### 1.3 Прогнозирование:

- прогнозирование развития отрасли растениеводства.

##### 1.4 Анализ:

- расчет бонитета почв;
- анализ использования природно-климатического и производственного потенциала в растениеводстве;
- анализ фактической структуры посевных площадей в севооборотах.

#### 2. Почва.

##### 2.1. Учет:

- учет агрофизического состояния почв;
- учет агрохимического состояния поля, участка.

##### 2.2. Отчетность:

- агрохимпаспорт поля;
- агрохимические картограммы.

##### 2.3. Планирование:

- расчет баланса питательных веществ в почве.

##### 2.4. Прогнозирование:

- прогнозирование содержания гумуса в почве.

##### 2.5. Анализ:

- анализ рельефа с целью размещения культур и проведения агромероприятий.

#### 3. Агротехнология.

##### 3.1. Общие вопросы технологии.

###### 3.1.1. Учет:

- учет полевых технологических операций (сроков проведения, качества проведения и т.д.);
- учет неполевых технологических операций.

###### 3.1.2. Планирование:

- разработка дифференцированных технологий возделывания сельскохозяйственных культур;
- планирование работ по технологическим периодам;
- выбор оптимального сочетания технологических операций от окончания уборки предшественников до прогнозируемого срока начала посева озимых культур;
- выбор оптимального сочетания технологических операций от посева до прекращения вегетации озимых культур;
- выбор оптимального сочетания технологических операций в период возобновления вегетации;
- выбор оптимального сочетания технологических операций при возделывании полевых культур от начала полевых работ до прогнозируемого срока уборки;
- расчет оптимальных вариантов уборочных работ с учетом ограничений по ресурсам и минимизации потерь урожая;
- расчет технологических карт по культурам и сортам;
- планирование работ для многолетних насаждений;
- по подготовке плодовых годных насаждений к зимовке;

- по омолаживанию садов;
- планирование применения стимуляторов роста, ингибиторов и других препаратов.

### 3.1.3. Прогнозирование:

- прогноз сроков проведения технологических мероприятий:
- в частности, срока начала уборки урожая.

### 3.1.4. Оперативное управление:

- расчет сроков, норм, способа сева в зависимости от качества посевного материала, подготовки почвы, метеоусловий.

### 3.1.5. Анализ:

- анализ соблюдения сроков и качества выполнения технологических операций.

## ***Трансформация технологий управления производственно-логистической цепочкой продукции при формировании единой ЦПУ экономикой России***

В свете изложенных возможностей единой ЦПУ АПК, смежных отраслей и единой ЦПУ логистикой страны рассмотрим новые возможности цифрового инструмента прослеживаемости продукции. Как уже отмечалось выше, некий аналог ЦПУ в виде ЕБДПУ и базы знаний в последние 2-3 года начал активно внедряться в США. Рассмотрим данный процесс более подробно. Компания J'son & Partners Consulting считает также, что использование технологий двух видов указанных выше облачных платформ в цепочке формирования добавленной стоимости аграрной продукции (оптовые компании, логистика, розничные сети) предоставит возможность перехода к прямым продажам, когда производитель прослеживает конечного потребителя, объем и структуру его спроса, а за счет использования математических моделей производит ту продукцию, нужную потребителю и в нужное ему время, а управление доставкой продукции происходит путем автоматического обмена информацией между участниками цепочки поставок через облачный сервис и минимизации использования складской и логистической инфраструктуры оптовых посредников [Цифровизации, 2021]. Такая цифровизация даст возможность исключить из цепочки множество ненужных посредников, на которых сейчас приходится до 80% стоимости в розничной цене товара. Считается, что в сумме эти два фактора могут увеличить объем потребления сельхозпродукции в России в 1,5 раза в денежном выражении. При этом происшедшее снижение розничных цен будет компенсировано ростом объема потребления товаров так, что маржинальность бизнеса сельхозтоваропроизводителей даже вырастет при снижении рисков. Парк тракторов в отрасли за счет этого может увеличиться на 300 тыс. штук, комбайнов – на 200 тыс. штук, а использование удобрений может вырасти в девять раз.

При этом эти сервисы будут доступны в том числе для малых хозяйств, что позволит существенно повысить эффективность отрасли и снизить риски деятельности для всех участников цепочки формирования добавленной стоимости: поставщиков ресурсов, потребителей продукции и транспортных фирм.

Данный сервис в последнее время получил вполне конкретное практическое воплощение в виде концепции прослеживаемости продукции, товаров, под которой понимается цифровой инструмент, позволяющий достоверно информировать партнера, контролирующие органы, конечного пользователя об изготовителе, сроках, качестве, цене и других характеристиках товара. В России вслед за данными тенденциями также начались попытки в отдельных отраслях реализовать первую платформу, правда, опять же фрагментарно, без онтологического моделирования входных параметров, с многократным дублированием вводимой информации. Так, в АПК еще в 2018г. была узаконена федеральная государственная ИС электронной ветеринарной сертификации «Меркурий», в которой все компании, участвующие в обороте товаров животного происхождения, обязаны зарегистрироваться и участвовать. В 2020г. требования по работе с данной системой ужесточили в части соблюдения прослеживаемости товара от сырья до продукта на торговой полке, а также по срокам и количеству вводимых параметров с увеличением степени наказаний за несоблюдение этих требований.

В настоящее время в Минсельхозе прорабатывается Федеральная государственная система прослеживаемости зерна и продуктов его переработки. В целом по стране в соответствии с Федеральным законом от 09.11.2020 № 371-ФЗ «О внесении изменений в части первую и вторую Налогового кодекса Российской Федерации» и Законом Российской Федерации «О налоговых органах Российской Федерации» ряд таможенных товаров подлежит регистрации в системе прослеживаемости товаров. Соответственно, на организации, участвующие в указанных системах, ложится усиленная налоговая нагрузка в виде дополнительной отчетности в налоговую инспекцию с соответствующим контролем и санкциями. Планируется, что в дальнейшем список систем и товаров будет расширяться.

Однако позадачная разработка информационных систем (ИС) прослеживаемости продукции без разработки цифровых стандартов, исходя из основных принципов цифровой экономики [Райков, 2020], приведет к тому, что в России появятся тысячи ни функционально, ни онтологически несовместимых систем, от которых производители взбунтуются. Например, ИС Меркурий с трудом внедряется который год в силу отсутствия интерфейсов с ИС предприятий, цифровых стандартов на информационные ресурсы, алгоритмы решения задач.

Ну и наконец, рассмотрим направление, где ЦПУ наиболее полно отражает роль ЦЭ в мире, выраженное в виде одного из основных принципов цифровой трансформации общества – пересмотр

идеологии, технологии и организации управления предприятиями, оформленных в виде стандартов, в результате сращения информационных технологий и технологий управления людьми. Наиболее дальновидные эксперты об этом предупреждают. Так, директор Института экономики РАН Е.Б. Ленчук пишет о том, что надо акцентировать внимание на цифровизации именно реального сектора экономики, где она дает особый экономический эффект [Ленчук, 2021]. Видный экономист Агеев А.И. утверждает также, что уровень цифровизации банковской деятельности, связи, СМИ будет выше, но все-таки именно состояние промышленности является индикатором цифровой зрелости всей экономики [Агеев, 2019]. Внедрение новых производственных технологий потребует глубоких изменений системы управления на всех уровнях. При этом такие технологии, как централизованные хранилища и центры обработки данных, широкополосный доступ в интернет и прочие, на которых акцентируют внимание многие компании и эксперты [Петриков, 2021], имеют очень незначительное влияние на развитие цифровой экономики. Необходима синхронность процессов цифровизации, а лучше – с опережающим принятием управленческих решений, создающих цифровые экосистемы. Требуется единое понятийное поле, единое семантическое пространство за счет создания стандартов и соответствующих систем управления.

Одним из качественных изменений, связанных с внедрением ЦПУ экономикой страны, станет сдвиг в сторону коллективного сознания и кооперативных форм взаимодействия взамен индивидуализма. Сегодня производственная и сбытовая цепочка устроена таким образом, что каждый участник, оценивая свои риски, закладывает их в цену своего продукта. При этом каждый следующий участник цепочки «выкупает» риски, заложенные предыдущими участниками цепочки, прибавляет свои и снова закладывает в маржу, которая, таким образом, постоянно возрастает. В результате реализатор конечной продукции аккумулирует все риски и «продает» их рыночному потребителю. В итоге все риски оплачивает население. Такое взаимодействие (с постоянной аккумуляцией риска) делает всю цепочку невосприимчивой к цифровизации. Каждый участник думает только о своём бизнесе, не интересуясь полной картиной [Цифровые, 2021].

ЦПУ и использование математических моделей, умных контрактов, входящих в БД знаний платформы могут в корне изменить ситуацию (рис. 4). Современные инструменты позволяют прозрачным и корректным образом оценить и учесть вклад каждого из участников цепочки в себестоимости конечного продукта. В таком случае становится возможной следующая модель: все участники цепочки становятся участниками «умного контракта» и, работая в единой ЦПУ, отдают свою продукцию следующему участнику по себестоимости (не закладывая ни рисков, ни маржи), либо на реализацию (бесплатно). При этом в системе фиксируется объективный вклад каждого участника. Реализатор конечной продукции продает ее по заранее оговорённой цене либо по рыночной (тогда маржа формируется автоматически). В момент продажи, когда выручка появляется в системе, все участники цепочки получают прибыль, которая автоматическим образом распределяется между ними, пропорционально их вкладу в конечный продукт.



Рисунок 4. Схема прослеживаемости продукции при интеграции ЦПУ АПК и ЦП логистики

Возможно, ключевым изменением станет фундаментальный сдвиг в мышлении участников – каждый из них будет уже не сам по себе, но частью единого «организма»: будет понимать общую цель, свое место в системе, на равных разделять все успехи и провалы общего дела. Целью подобных «цепочек-организмов» будет не максимизация сиюминутной прибыли, но создание конкурентного преимущества. Таким образом, ЦПУ позволяет отследить весь жизненный цикл товара и корректно учесть все транзакции; является основой реализации умных контрактов; становится выгодной всем участникам цепочки: позволяет равномерно распределить риски между всеми участниками, что приводит к снижению издержек и возрастанию инновационной восприимчивости участников; каждый из участников получит экономическую выгоду от подобной кооперации, которая будет выражаться либо в повышении операционной прибыли, либо снижении рисков, либо и в том, и в другом.



## 2. Математическая модель формирования оценки конкурентоспособности предприятия при формировании единой ЦПУ экономикой

Возрастающие требования в мире в области нормирования и регулирования производства некоторых товаров, в частности лекарств и продовольствия, получившие название прослеживаемости, на протяжении всего жизненного цикла от станка (поля) до прилавка, предъявляют особые требования к продукции этих отраслей. При этом в последнее время в качестве целеполагания деятельности предприятий все чаще рассматривают показатели конкурентоспособности, поскольку весь мир при этом ориентирован в первую очередь на качество, мобильность, другие составляющие понятия конкурентоспособности. В общем виде с точки зрения производителя продукции конкурентоспособность – это его способность сохранять и расширять рынки сбыта за счет целенаправленной деятельности как по отношению к качественным и ценовым характеристикам своей продукции, так и по отношению к производителям-конкурентам. Обеспечению конкурентоспособности предприятия подчинены все решения, связанные с выходом на новые рынки сбыта, реорганизацией организационной структуры, модификацией и освоением новых видов продукции, изменением объемов ее выпуска, сменой основных производственных фондов, изменением хозяйственных связей и маркетинговой политикой. Таким образом, конкурентоспособность предприятия на рынке выражается через качество и цену. Ошибочность принятия за показатель конкурентоспособности только цены приводится в [Эффективные, 2021] при анализе стратегии одной из крупных компаний в стране. Ради обеспечения конкурентоспособности своей продукции руководители предприятий вынуждены постоянно следить за ситуацией на рынке, за динамикой нормативно-законодательной базы, финансовым рынком, потребностями и материальным положением потребителей, постоянно принимая решения о необходимости инвестирования в новое технологическое оборудование, о совершенствовании существующей продукции либо вообще переходе на новые виды продукции с реорганизацией структуры производства и управления им. Таким образом, основными показателями конкурентоспособности предприятия являются цена и качество всей совокупности его продукции.

Оценка конкурентоспособности основывается на сравнении характеристик анализируемой продукции с конкретной потребностью и выявлении их соответствия друг другу. Для объективной оценки необходимо использовать те же критерии, которыми оперирует потребитель, выбирая товар на рынке. Поэтому важно определить критерии, существенные с точки зрения потребителя, а потому и подлежащие анализу. Для оценки конкурентоспособности используются косвенные критерии, которые можно разделить на потребительские и экономические. Потребительские критерии конкурентоспособности представлены характеристиками качества. Качество продукции – целостная совокупность ее потребительских свойств, обуславливающих степень пригодности данной продукции удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением в конкретных условиях потребления. Качество продукции является следствием используемого сырья, технологий, состояния оборудования, системы менеджмента качества и т.д. Экономическими критериями конкурентоспособности товаров являются цена и система скидок. Цена продукции является следствием затрат на производство и реализацию продукции. Для разных категорий потребителей и групп товаров конкурентоспособность обеспечивается различными группами цен: закупочными, реализационными и потребления.

На основании вышеизложенного можно предложить несколько методик оценки конкурентоспособности товаров. Так, маркетинговые методики оценки конкурентоспособности товаров осуществляются по объему их продаж в зависимости от некоторых качественных характеристик, исходя из предположения, что объем продаж конкурентных товаров свидетельствует о потребительских предпочтениях и поэтому может служить критерием конкурентоспособности. Например, еще в эпоху выполнения программы страны по электронизации сельского хозяйства при разработке модели формирования зеленого конвейера агрокомбината «Кубань», который имел около 150 магазинов, несколько кафе, домов отдыха на всем побережье Черного моря, строилась функция спроса обширной номенклатуры продукции в зависимости от цен и сезона на основании собранной ежедневной информации о ценах, объемах и нескольких качественных характеристиках на рынках, в магазинах на протяжении нескольких лет. На основании данной информации составлялся план производства овощей (зеленый конвейер), продукции переработки и прочей продукции с оптимизацией ее доставки.

Рассмотренная выше ЦПУ, созвучная западной концепции интеграции данных и систем [J'son & Partners, 2021], дает возможность осуществлять мониторинг всех производимых действий, в том числе, перемещений, с техническими средствами, животными, трудовыми и материальными ресурсами, в частности, и с произведенной продукцией и т.д. с соответствующими затратами, ценами, качественными характеристиками, то есть позволит осуществить прослеживаемость продукции. Такая цифровая трансформация предприятий, с одной стороны, позволит выразить в числовом виде критерий конкурентоспособности, с другой, окажет огромное влияние на конкурентоспособность продукции на рынке. Приведем два способа оценки конкурентоспособности товаров при переходе АПК на единую ЦПУ.

Первый. Искомые индикаторы конкурентоспособности на основании огромной статистической информации, которая будет накоплена в облаке, можно найти с помощью производственной функции, например функции Кобба – Дугласа в виде:  $y_{ijk} = F_{ijk}(W_i, y_i, z_{ko}, V_{ik}, z_{kc}, L_k, M_k, \Phi_k, IN_k, r_k)$ , где  $y_{ijk}$  – значе-

ние  $j$  – го индикатора конкурентоспособности  $i$  – ой продукции  $k$  – го предприятия,  $j \in J$ ,  $i \in I$ ,  $n \in N$ ,  $k \in K$ ,  $j=1$  отражает качество продукции,  $j=2$  – себестоимость,  $W_i$  – объем спроса  $i$  – ой продукции на рынке;  $y_i$  – нормативные требования, требования третьих лиц по качеству  $i$  – ой продукции;  $z_{ko}$  – затраты на ИКТ общего пользования  $k$  – го предприятия,  $V_{ik}$  – объем выпуска  $i$  – ой продукции  $k$  – го предприятия;  $z_{kc}$  – общие затраты на цифровизацию  $k$  – го предприятия;  $L_k$  – инвестиции в качество человеческого капитала  $k$  – го предприятия;  $M_k$  – материально-технические ресурсы  $k$  – го предприятия;  $\Phi_k$  – объем располагаемых финансовых ресурсов на инвестиционную деятельность  $k$  – го предприятия,  $IN_k$  – общие инвестиции в инновационное производство предприятия  $k$  – го предприятия,  $r_k$  – интегральная оценка рисков.

Определим через  $y_{jk}$   $j$  – й индикатор конкурентоспособности  $k$  – го предприятия, где  $y_{jk} = \sum_{i=1}^I \alpha_i y_{ijk}$ ,  $\sum_{i=1}^I \alpha_i = 1$ ,  $0 \leq \alpha_i$ . Тогда назовем выражение  $y_k$  интегральным индикатором конкурентоспособности  $k$  – го предприятия:

$y_k = \beta_1 y_{1k} + \beta_2 y_{2k}$ , где  $\beta_1 + \beta_2 = 1$ ,  $0 \leq \beta_1$ ,  $0 \leq \beta_2$ . В этой ситуации, введя через  $c_{ik}$  – прогнозную или реальную цену  $i$  – ой продукции  $k$  – го предприятия на рынке, можно ставить задачу об увеличении интегрального индикатора конкурентоспособности  $k$  – го предприятия без учета рисков

$y_k = \max(\beta_1 y_{1k} + \beta_2 y_{2k})$ , при ограничениях:  $y_i \leq y_{ik}$  (требования по качеству  $i$  – ой продукции);  $\sum_{k=1}^K V_{ik} \leq W_i$  (суммарный объем выпускаемой продукции для продажи не должен превышать объема

спроса  $i$  – ой продукции на рынке);  $f_{ik}(y_{i2k}) \leq c_{ik}$  (цена  $i$  – ой продукции  $k$  – го предприятия на рынке не должна быть ниже ее себестоимости, выраженной через соответствующий индикатор конкурентоспособности);  $z_{ko} + z_{kc} + L_k + IN_k \leq \Phi_k$  (финансовые, инвестиционные ограничения, а также, как указывалось выше, комплементарные ограничения).

Второй. Обобщенный индикатор конкурентоспособности ищется по сравнению с лучшими практиками с применением методов квалиметрии, которые ввел в оборот в 1968г. военный инженер Азгальдов Г.Г. для исследования проблемы количественной оценки качества продукции [Азгальдов, 2012]. Тогда определим через  $p_{ijk}^j$  – значение  $j$  – ой качественной характеристики  $i$  – ой продукции  $k$  – го предприятия,  $i \in I$ ,  $j \in J_1$ ,  $k \in K$ .

В качестве базовой качественной характеристики выберем наилучшую среди предприятий в каждой продукции:  $p_{ijk}^b = \max_{j \in J_1} p_{ijk}^j$ . Тогда единичная оценка  $j$  – ой качественной характеристики  $i$  – ой

продукции  $k$  – го предприятия будет выглядеть следующим образом:  $q_{ijk}^1 = p_{ijk}^1 / p_{ijk}^b$ .

Теперь можно вывести ряд интегральных качественных индикаторов конкурентоспособности. Интегральная качественная характеристика  $i$  – ой продукции  $k$  – го предприятия будет выглядеть

следующим образом:  $q_{ik}^1 = \sum_{j=1}^{J_1} \alpha_j^1 q_{ijk}^1$ , где  $\sum_{j=1}^{J_1} \alpha_j^1 = 1$ ,  $0 \leq \alpha_j^1$ .

Интегральная качественная характеристика  $k$  – го предприятия будет выглядеть соответственно  $q_k^1 = \sum_{i=1}^I \alpha_i^2 q_{ik}^1$ , где  $\sum_{i=1}^I \alpha_i^2 = 1$ ,  $0 \leq \alpha_i^2$ .

Аналогично получим  $p_{ijk}^2$  – значение  $j$  – ой ценовой характеристики  $i$  – ой продукции  $k$  – го предприятия  $i \in I$ ,  $j \in J_2$ ,  $k \in K$ , а также их интегральные ценовые индикаторы

конкурентоспособности  $q_{ik}^2$ ,  $q_k^2$  и интегральный индикатор конкурентоспособности  $k$  – го предприятия, учитывающий и ценовые, и качественные индикаторы:

$$q_k^0 = \beta_1 q_k^1 + \beta_2 q_k^2, \text{ где } \beta_1 + \beta_2 = 1, 0 \leq \beta_1, 0 \leq \beta_2.$$

Более подробное изложение математической модели формирования оценки конкурентоспособности предприятия при формировании единой ЦПУ экономикой приведено в [Medennikov, 2020].

### 3. Направления математического моделирования при интеграции технологий дистанционного зондирования Земли, геоинформационных систем, точного земледелия, искусственного интеллекта в цифровую платформу управления АПК

Представленная ЦПУ приобретает особенное значение в настоящее время, когда технологии дистанционного зондирования земли (ДЗЗ) и геоинформационные системы (ГИС) начинают активно внедряться в такой относительно молодой сфере аграрного производства, как точное земледелие (ТЧЗ), требующей сочетания большого количества данных и технологий. На рис. 5 представлена схема перспективной ЦПУ применения указанных технологий в сельском хозяйстве. Рассмотрим отдельные звенья данной схемы. В настоящее время вся информация ДЗЗ находится в гетерогенных структурах БД наземных различных ведомственных комплексов и центров. Информация в большинстве случаев передается потребителям в виде снимков, которые приходится как-то дешифровать, затрачивая значительные средства. Эффективным способом решения данной проблемы было бы создание единой ГИС ДЗЗ с единым центром дешифровки, откуда пользователи смогут получать готовые оцифрованные снимки. Следует отметить, что в этом направлении появились подвижки. Появилось предложение в Концепции развития российской космической системы ДЗЗ на период до 2025 года о создании Единой территориально-распределенной информационной системы ДЗЗ (ЕТРИС ДЗ) с интеграцией всех информационных ресурсов ДЗЗ в единое геоинформационное пространство. Данная система существенно облегчит и удешевит доступ различных потребителей ДЗЗ.

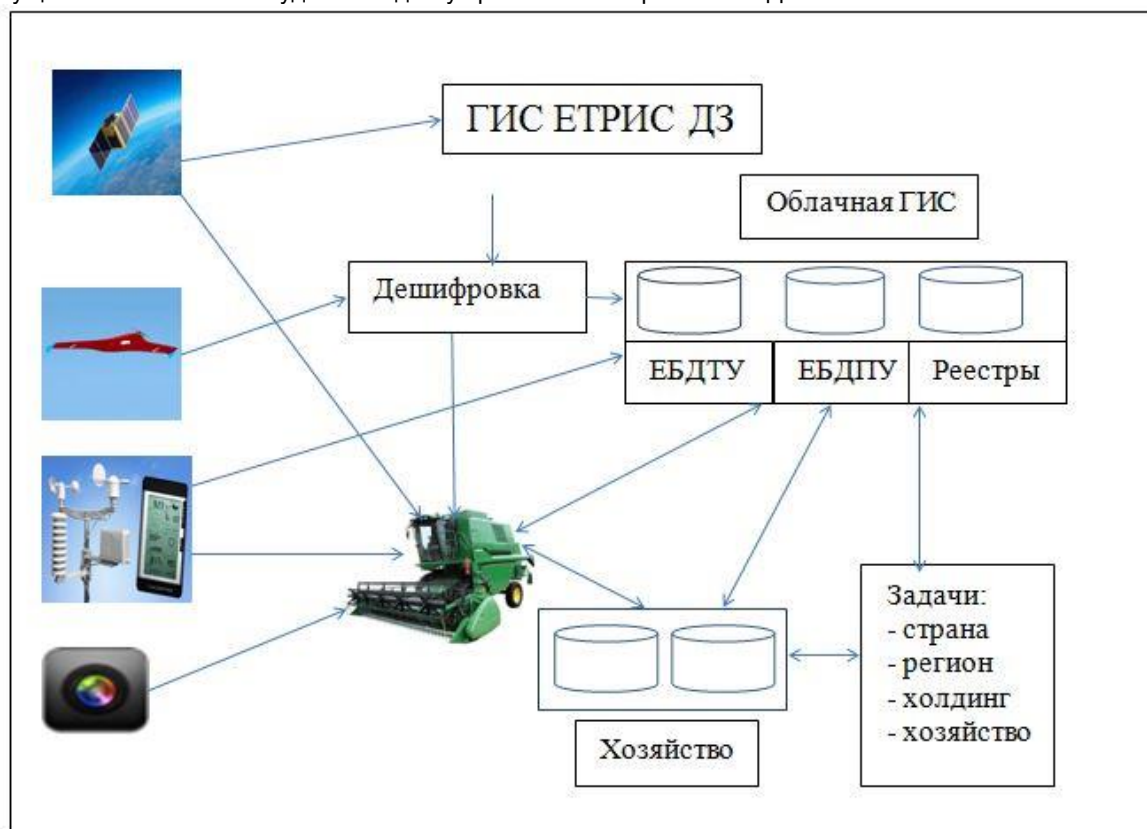


Рисунок 5. Схема перспективной цифровой платформы применения ГИС, ДЗЗ в ТЧЗ

Информация после дешифровки должна попадать в облачную ГИС (ОГИС), объединяющую ЕБДПУ, ЕБДТУ и БД данных реестров всех материальных, интеллектуальных и человеческих ресурсов АПК. В качестве примера возможности формирования подобной ГИС можно привести существующую в ЕС Единую административно-управляющую систему (IACS), включающую данные о земельных участках и их землепользователях. Далее, информация со всех источников, космических, БПЛА, мачт, гаджетов, датчиков наземных и установленных на сельскохозяйственной технике, попадает в облачную

ГИС и часть – непосредственно на принимающую аппаратуру полевых агрегатов. Таким образом, в ОГИС будет сосредоточена вся информация обо всех операциях, совершенных на каждом участке, с каждой головой (группой) животных, с каждым техническим средством всеми работниками на протяжении всего года. Будут отслеживаться все перемещения продукции и материалов, любой техники.

Данная ЦПУ на основе технологий Д33, ГИС и ТЧЗ представляет собой реализацию сквозных технологий в АПК на основе цифровых стандартов, которая при этом: создаст основу системы оперативного управления, планирования, будучи инструментом для экономического анализа производства на основе математического моделирования, big data, нейросетей в различных срезах от конкретных производственных участков, головы скота, поля, средства производства, работника на каждом уровне вплоть до федерального уровня с отслеживанием всех перемещений животных, техники, материальных ресурсов, людей и т.д. на протяжении всего жизненного цикла их использования и деятельности. Экономика страны становится прозрачной.

Более того, такая ЦПУ позволит разработать типовые информационно управляющие системы (ИУС), а также типовые сайты организаций и органов управления АПК с уменьшением затрат на ЦЭ отрасли в десятки-сотни раз (рис.6).

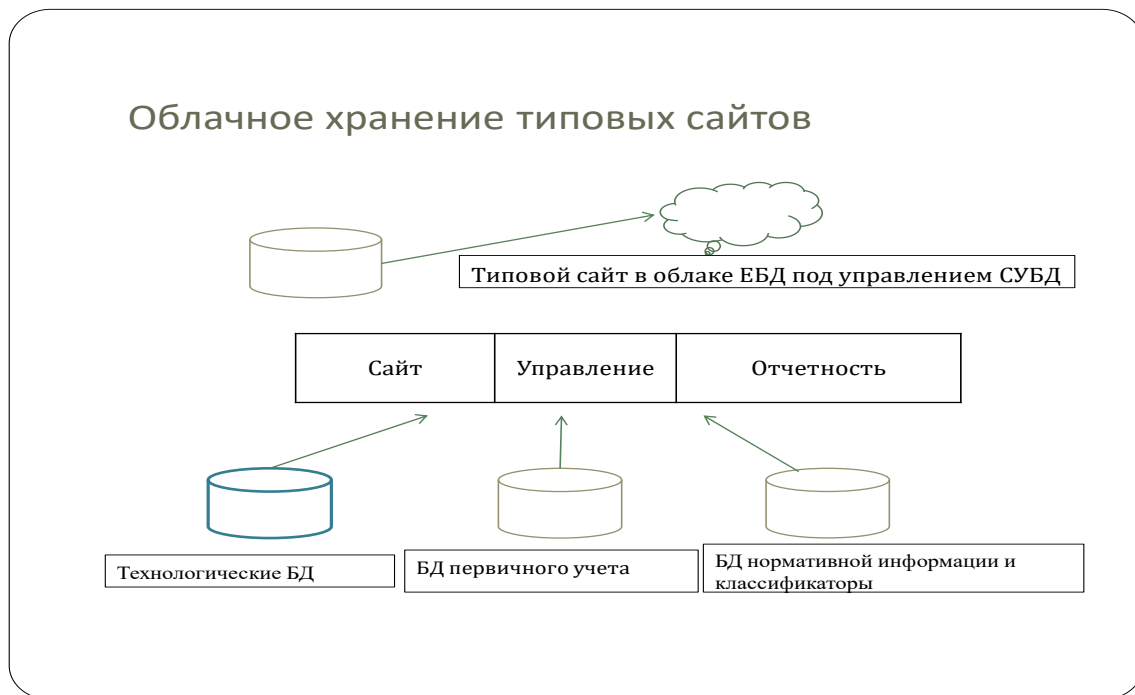


Рисунок 6. Облачное хранение типовых сайтов организаций и органов управления АПК

В конце прошлого века П. Дэвид [David, 1990] выдвинул идею технологии общего пользования, развитие которой приводит к возникновению целого комплекса новых прикладных технологий. Идентифицировать данные технологии позволяют такие отличительные характеристики:

- наличие значительного технологического потенциала для развития и внедрения в новые отрасли человеческой деятельности;
- большое разнообразие технологий, видов бизнеса, в которых они могут быть использованы;
- проявление высокого уровня комплементарности с возникшими на их основе новыми технологиями в производстве;
- пропорциональное изменение комплементарных активов в виде материально-технических ресурсов, систем и структур управления, человеческого капитала.

На наш взгляд, необходимо в явном виде выразить еще одну значительную черту – экономическую, которая и является главным мотиватором появления технологий общего пользования, называемого Р. Фостером технологическим разрывом, следствием чего новая технология должна существенно превышать результативность действующей технологии [Foster, 1987].

Рассмотрим наличие или хотя бы тенденций проявлений этих признаков у технологий Д33 на современном этапе развития цифровой экономики. Процесс интеграции как ИС, так и ИР реализуется более быстрыми темпами в отраслях с незначительной долей материально-технических ресурсов и более структурированной информацией, например, в логистике, в государственных услугах, в банковской деятельности, в сфере связи и т.д. Это неизбежно произойдет и с технологиями Д33, данные ко-

торых необходимы потребителям по всей цепочке их использования. Рассмотрим лишь те данные ДЗЗ в различных отраслях страны, которые используются в сельском хозяйстве с целью оценки уровня интеграции этих данных, поскольку в этой отрасли технологии ДЗЗ предполагают наибольшее развитие в силу пространственного характера ее деятельности.

#### *ДЗЗ в картографии*

Инвентаризация и картирование полей, мониторинг границ рабочих участков полей, решение задач установления границ землепользований и определение их площадей для последующей разработки систем земледелия.

#### *ДЗЗ в метеорологии и климатологии*

Именно в метеорологии данные ДЗЗ начали применять первыми. На ранних этапах ДЗЗ использовались исключительно в этих целях на базе метеорологических спутников. Снимки из космоса дают картину строения облачного покрова и циркуляцию воздушных масс в нем с отображением территориального теплового баланса, изменения водяного состава в виде пара, температуры в атмосфере, состояния озонового слоя и массы других показателей. На рис. 9 представлена единая онтологическая информационная модель растениеводства на основе интеграции 240 функциональных задач только в растениеводстве [Ерешко, 2018]. Так, метеорологические данные ДЗЗ представлены в 168 атрибутах раздела «Атмосфера» и в 46 – «Агрометеорологическая характеристика поля».

#### *ДЗЗ в гидрологии*

Технологии ДЗЗ в этом случае являются основой для мониторинга половодья и паводка; процессов снеготаяния, водосборов, водозаборов; контроля испарений, осадков, качества и запасов воды в почве и снеге; прогнозирования гидрологических ситуаций и т.д.

#### *ДЗЗ в лесном хозяйстве*

Технологии ДЗЗ в этой отрасли пересекаются с сельским хозяйством при мониторинге лесных массивов лесопосадок, раннего обнаружения пожаров, вредителей, заболеваний деревьев. Кроме того, в силу того, что основные объекты в обеих отраслях являются растительными, интеграция их может быть по единому инструментарию автоматизированного дешифрирования снимков растительного покрова на основе различных вегетационных индексов, например, наиболее известного индекса NDVI, отражающего количество фотосинтетически активной биомассы.

#### *ДЗЗ в охране окружающей среды*

Поскольку антропогенный характер неблагоприятного воздействия людей на природу, на сельскохозяйственные угодья хорошо отслеживается на снимках ДЗЗ, то такая информация позволяет организовать соответствующий мониторинг, прогноз развития экологической ситуации с последующим принятием решения по минимизации последствий такого воздействия. В настоящее время сельское хозяйство, наряду с промышленностью, транспортом, энергетикой, становится одним из главных загрязнителей природы. В свою очередь, экологические проблемы в сельском хозяйстве наиболее проявляются в растениеводстве в виде эрозии почвы, химического загрязнения земли и водоёмов, губительного влияния на ряд видов живых организмов. Анализ онтологической модели (рис. 9) показывает, что из 946 ее показателей более половины имеют отношение к экологии. Приведем некоторые примеры. В группе «Земля» (291 показатель) в подгруппу «Севооборот» входит 30 показателей. В подгруппе «Участок» группы «Поле» имеются показатели: «Запрещающие условия использования земельного участка», «Геоморфологические характеристики», «Мелиоративная характеристика», «Грунтовые воды», «Засоление», «Почва», «Агрофизическая характеристика», «Гидрофизическая характеристика», «Состояние почвы». Аналогично, в подгруппу «Культура» (108 показателей) входят следующие показатели: «Экологическая группа сорта», «Поражаемость болезнями по видам болезней», «Поражаемость вредителями» и т.д.

#### *ДЗЗ при чрезвычайных ситуациях*

Технологии ДЗЗ в этом случае являются основой для оперативного мониторинга, прогноза и оценки последствий чрезвычайных ситуаций при наводнениях, землетрясениях, что позволит принять более грамотное решение по борьбе с последствиями этих бедствий.

Для придания технологиям ДЗЗ остальных характерных черт технологий общего пользования рассмотрим опыт применения отдельных элементов ДЗЗ, а также состояние с уровнем взаимодополняемости и комплементарности активов в сельском хозяйстве страны. В настоящее время затраты на ИКТ во всем мире становятся одними из основных ресурсных затрат с прогнозом достичь в 2021 году величины порядка \$4 трлн. [Gartner, 2021]. Хотя следует признать, что страна не готова к полномасштабной цифровой трансформации сельского хозяйства. Об этом говорит и отсутствие в программе цифровой экономики интеграционных процессов в сторону формирования ЦП управления отраслями, и отсутствие генерального конструктора ЦЭ со своей научной и опытно-производственной базой, и своеобразный цифровой феодализм в результате передачи функций исполнителей мероприятий программы ряду отраслевых госкомпаний. Об этом говорит и слабый социальный заказ на комплексную цифровизацию в силу недостаточного использования традиционных факторов повышения эффективности производства и качества продукции в отрасли. Наконец, об этом говорят и выводы теории комплементарности о недостаточном уровне развития других активов для массового внедрения совершенных цифровых технологий в виде материально-технической базы и человеческого капитала (рис.

12). Так, существующий парк сельскохозяйственной техники в России является устаревшим: по расчетам исследователей, до 70% техники изношено физически, а доля морально устаревшей техники превышает 90%. По данным Минпромторга, в стране ежегодные потери от этого достигают 15 млн. т зерна, мяса — свыше 1 млн. т, молока — около 7 млн. т. и т.д. [Состояние, 2021].

Как отмечено выше, самое значительное применение цифровые технологии в отрасли получили в ТЧЗ, переживающем сейчас настоящий бум, суть которого заключается в интеграции новых агротехнологий и высокоточного позиционирования на основе технологий ДЗЗ, а также дифференцированных высокоэффективных и экологически безопасных агротехнических мероприятий на полях на основе подробной информации о химико-физических характеристиках каждого участка, что ведет к необходимости интеграции огромного количества информации, с обработкой которой могут справиться лишь технологии искусственного интеллекта (ИИ), требующего достаточного количества структурированных и надежных данных. Большие надежды возлагаются также на технологии ИИ и в точном животноводстве.

В цифровых технологиях сельского хозяйства многие страны видят основное средство повышения эффективности и качества продукции отрасли в мире на фоне истощения других факторов ее роста, к которым относятся: получение более продуктивных сортов культурных растений, изобретение более энергоэффективных сельскохозяйственных механизмов, формирование оптимальных систем агротехнологий, появление эффективных средств защиты и подкормки насаждений. Банк Goldman Sachs считает, что применение цифровых технологий дает шанс увеличить производительность отрасли в мире на 70% (\$800 млрд.) к 2050г. При этом ведущими технологиями являются ТЧЗ, которые приведут к такому росту урожайности, к которому не приводило появление тракторов, химических удобрений, пестицидов, гербицидов и генномодифицированных семян и растений [Цифровизация, 2021]. При этом технологии ТЧЗ эволюционировали от цифровизации отдельных операций до комплекса операций, причем, не только в растениеводстве, но и с интеграцией операций в смежных отраслях. Значительное снижение стоимости цифровых технологий продвинуло их до такого уровня, что появилась возможность получать информацию о каждой операции с любым агропромышленным объектом и связанным с ним окружением с точным анализом последствий всех действий. Учет и мониторинг максимально возможного количества сельскохозяйственных процессов становится основной целью в разработке стратегий цифровизации крупнейших агропромышленных и машиностроительных фирм в мире. Так, если в 2014 году для информирования фермеров ежедневно на «умных» фермах производилось 190 тыс. замеров, то к 2050 году количество замеров вырастет до 4,1 млн в день. Ориентироваться в этом потоке информации самостоятельно практически невозможно [Искусственный, 2021]. Одна из задач применения ИИ в АПК — обобщение, анализ и обработка данных различных средств мониторинга и выдача рекомендаций на их основе.

Поскольку сельское хозяйство России значительно отстает от темпов цифровизации отрасли в развитых странах в условиях отсутствия ясной стратегии в этой сфере со стороны Минсельхоза, то, исходя из российских особенностей, наличия огромного числа факторов, влияющих как на саму отрасль, так и на ее цифровизацию, ограниченности ресурсов, необходим научный, комплексный подход к цифровой трансформации отрасли с учетом финансовых, трудовых, материально-технических ресурсов. Особенно это касается технологий ТЧЗ, являющихся интегратором значительного числа сельскохозяйственных технологий, ДЗЗ и ИИ.

В настоящее время почти все известные технологии ТЧЗ не обходятся без применения приложений ИИ, приведем наиболее значимые, предлагаемые рынком разработки ИИ [Искусственный, 2021].

#### **Машинное обучение при мониторинге полей**

Израильский стартап Taranis предоставляет точную информацию о состоянии растений на основе показаний полевых датчиков, метеостанций, аэрофотосъемки, что позволяет своевременно выявлять негативные факторы в виде идентификации болезней и вредителей, дефицита питательных веществ с выработкой рекомендаций по оперативному вмешательству.

Платформа Watson Decision Platform for Agriculture от IBM дает консультации при возникновении рисков поражений кукурузы на основе данных ДЗЗ (индекса ND-NDVI) о дозах, типе пестицидов и оптимальных сроках их внесения. Фермеры получают прогнозы урожайности и др.

Платформа искусственного интеллекта Health Change Maps and Notifications компании Farmers Edge оперативно информирует фермера об эффективности работы техники, состоянии растений, появлении вредителей или болезней, дефиците питательных веществ и др.

Приложение Field Manager от Bayer на мобильном телефоне даёт пользователю информацию о возможных рисках с посевами и рекомендации о способах их предотвращения на основе обработки данных ДЗЗ и большого количества других данных из БД.

Платформа Hummingbird Technologies обеспечивает фермеров информацией о текущем состоянии и объемах растительной массы, наличии сорняков, дефиците у растений азота и др. не только на основе данных ДЗЗ, но и наземных средств мониторинга, снимков БПЛА.

#### **Технологии ИИ для борьбы с сорняками**

В настоящее время активно развиваются работы по применению ИИ для борьбы с сорняками и вредителями. Так, компаниями Bayer и Bosh разрабатывается технология умного опрыскивания Smart Spraying, которая будет «узнавать» сорняк и определять вид и необходимое количество пестицида. «Убийца сорняков» от компании EcoRobotix способен самостоятельно перемещаться по полю, диффе-

ренцированно распознавая и обрабатывая обнаруженные сорняки. Утверждается, что технология позволит в 20 раз сократить объем использования гербицидов.

Автономная система WeedSeeker компании Trimble производит точечное опрыскивание сорной растительности. Система идентифицирует сорняки с помощью светодиодов, сканирующих поверхность в красном и инфракрасном диапазоне. Отраженный свет автоматически анализируется, при обнаружении растения сигнал подается на форсунку, которая срабатывает точно над ним.

#### **Технологии ИИ идентификации болезней растений**

ИИ в настоящее время помогает фермерам после идентификации заболевания растений выбрать методы их лечения с расчетом экономических показателей. Процесс происходит на основе фотографий поражённой части растения. Аналогичное мобильное приложение Plantix компании Peat предоставляет фермерам возможность идентификации свыше 60 болезней растений. Приложение содержит огромную БД снимков с идентификацией по сортам растений, видам бактерий, заболеваний и др.

Приложение Scouting Bayer-BASF также помогает диагностировать заболевания, нарушения развития, степень обеспеченности азотом растений на основе обработки фотоснимков.

#### **Технологии ИИ в цифровизации животноводства**

Зарубежный опыт цифровизации животноводства показывает, что почти все технологические операции в отрасли поддаются цифровой трансформации с использованием ИИ. Приведем основные направления данной трансформации.

- Улучшение качественных условий содержания животных за счет умных систем управления световым режимом, микроклиматом, кормлением, навозоудалением, поскольку комфорт животных влияет на их продуктивность.

- Селекция пород. Селекция позволит максимально точно вывести породу по заданным требованиям и свойствам (отсутствие генетической предрасположенности к определенным болезням, мясные и молочные качества, скорость роста и созревания). В настоящее время большие надежды возлагаются именно на методы ИИ, например, на разработку методов анализа геномной информации для оценки племенной ценности животного в раннем возрасте. Ведутся исследования по выбору пола животного, молочной продуктивности, толщины отруба для стейка.

- Анализ качества молока; диагностика и профилактика заболеваний животных; соблюдение санитарно-гигиенических норм.

#### **Выводы**

В работе приведены результаты расчетов по формализованному математическому описанию единой цифровой платформы управления экономикой страны на примере АПК агропромышленного комплекса как наиболее сложной с точки зрения управления относительно всех других отраслей из-за наличия больших межотраслевых связей, огромного разнообразия биологических видов животных и растений, природных факторов, земельных ресурсов, значительных рисков, связанных с погодой. Результаты отражают эволюцию интеграционных информационных технологий, базирующихся на главенствующих принципах цифровой трансформации производственной экономики: формирование системы управления информационными ресурсами на основе рациональной их интеграции в некое единое структурированное пространство; идеологическое переосмысление стратегий и технологий управления производством. Данный подход позволил осуществить разработку математической модели формирования указанной единой цифровой платформы управления производством в составе трех подплатформ, которые обеспечивают существенное влияние комплементарных связей алгоритмов и информационных ресурсов на цифровую трансформацию управления и, как следствие, на пересмотр подходов к моделированию управления экономикой. Рассмотрены как общие аспекты трансформации данных подходов, так и ряд примеров, демонстрирующих новые принципы математического моделирования в условиях реализации ЦПУ, в частности, математическая модель конкурентоспособности продукции на рынке. Дан анализ направлений математического моделирования при интеграции технологий дистанционного зондирования Земли, геоинформационных систем, точного земледелия, искусственного интеллекта в цифровую платформу управления АПК.

#### **Литература:**

1. Меденников В.И. (Меденников) Системный анализ цифровых экосистем производственных отраслей на примере АПК // Цифровая экономика. 2021, №3(15), С. 34-51.
2. Глушков В.М. (Глушков) Макроэкономические модели и принципы построения ОГАС. – М.: «Статистика». 1975.
3. Петриков А.В. (Петриков). Цифровизация АПК и совершенствование аграрной и сельской политики. [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.viapi.ru/news/detail.php?ID=228044> (дата обращения 22.07.2021).
4. Концепция «Научно-технологического развития цифрового сельского хозяйства «Цифровое сельское хозяйство» [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.viapi.ru/news/detail.php?ID=161383&sphrase\\_id=6282533](http://www.viapi.ru/news/detail.php?ID=161383&sphrase_id=6282533) (дата обращения 03.12.2021).

5. Ушачев И.Г. (Ушачев) Система управления – основа реализации модели инновационного развития агропромышленного комплекса России. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. М. ГНУ ВНИИЭСХ, 2013
6. Меденников В.И. (Меденников) Теоретические аспекты синтеза структур компьютерного управления агропромышленным производством. // Аграрная наука. 1993. N 2. С. 16-18.
7. Milgrom P., Roberts J. (Milgrom) The Economics of Modern Manufacturing: Technology, Strategy and Organization // American Economic Review, 1990. Vol. 80(3). P. 511–528.
8. Акаев А.А., Рудской А.И. (Акаев) Конвергентные ИКТ как ключевой фактор технического прогресса на ближайшие десятилетия и их влияние на мировое экономическое развитие. International Journal of Open Information Technologies ISSN: 2307-8162 , 2017, vol. 5, no. 1, стр. 1-18.
9. Erik Brynjolfsson, Lorin Hitt, Shinkyu Yang. (Brynjolfsson) Intangible Assets: Computers and Organizational Capital // Brookings Papers on Economic Activity. 2002, vol.2, No.1.
10. Зябриков В.В. (Зябриков) Цифровизация менеджмента: перспективы и скрытые угрозы для культурного развития нации [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.lihachev.ru/chten/2018/sec4/zajbrikov/> (дата обращения 03.09.2021).
11. Райков А.Н., Меденников В.И. (Райков) Анализ опыта цифровой трансформации в мире для сельского хозяйства России. Тенденции развития Интернет и цифровой экономики // Труды III Всероссийской с международным участием научно-практической конференции. Симферополь: ИП Зуева Т.В. 2020. С. 57-62.
12. Меденников В.И. (Меденников) Математическая модель формирования цифровых платформ управления экономикой страны // Цифровая экономика. 2019. №1(5). С. 25-35.
13. J'son & Partners Consulting. (J'son & Partners) Analysis of the market of cloud IoT platforms and applications for digital agriculture in the world and prospects in Russia // Retrieved from [https://json.tv/en/ict\\_telecom\\_analytics\\_view/analysis-of-the-market-of-cloud-iot-platforms-and-applications-for-digital-agriculture-in-the-world-and-prospects-in-russia](https://json.tv/en/ict_telecom_analytics_view/analysis-of-the-market-of-cloud-iot-platforms-and-applications-for-digital-agriculture-in-the-world-and-prospects-in-russia).
14. Цифровизации сельского хозяйства в России не хватает данных (Цифровизации) [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.iksmedia.ru/news/5533967-Czifrovizacii-selskogo-hozyajstva.html#ixzz6KBD7IYEP>
15. Ленчук Е. (Ленчук) Цифровая экономика в России? Секундочку ... [Электронный ресурс]. – URL: <https://zen.yandex.ru/media/freeconomy/cifrovaia-ekonomika-v-rossii-sekundochku-5ccc6762a8ac8300b3495949> (дата обращения 17.06.2021).
16. Агеев А.И. (Агеев) Насколько Россия подготовлена к вызовам XXI века // НГ-ЭНЕРГИЯ от 16.01.2019.
17. Цифровые инструменты цифровой экономики: базовые вопросы и определения (Цифровые) [Электронный ресурс]. – URL: <http://integral-russia.ru/2019/09/10/tsifrovye-instrumenty-tsifrovoj-ekonomiki-bazovye-voprosy-i-opredeleniya/16320.html/> (дата обращения: 12.11.2021).
18. Ерешко Ф.И., Кульба В.В., Меденников В.И. (Ерешко) Интеграция цифровой платформы АПК с цифровыми платформами смежных отраслей // АПК: экономика, управление. 2018. № 10. С. 34-46.
19. Меденников В.И. (Меденников) Математическое моделирование цифровых платформ и стандартов для управления экономикой страны // Журнал “Информатизация образования и науки”, 2020, 3(47), 2020. С. 57-72.
20. Эффективные модели стратегического менеджмента (Эффективные) [Электронный ресурс]. – URL: <http://rosinvest.com/page/effektivnye-modeli-strategicheskogo-menedzhmenta> (дата обращения 12.03.2021).
21. Азгальдов Г.Г., Костин А.В., Садовов В.В. (Азгальдов) Квалиметрия для всех: Учебное пособие. – М.: ИД ИнформЗнание, 2012, 165 с.
22. Medennikov V. (Medennikov) The Impact of Digital Transformation on the Competitiveness of Small and Medium Agro-Industrial Enterprises // Proceedings of the International Conference on Policies and Economics Measures for Agricultural Development (AgroDevEco 2020). Atlantis Press, 2020. – P. 241-247.
23. David P.A. (David) The dynamo and the computer: an historical perspective on the modern productivity paradox. // The American Economic Review, American Economic Association. 1990. Vol. 80(2). P. 355-361.
24. Foster R. (Foster) Renovation of production: the attackers win: М.: Progress, 1987.
25. Gartner: (Gartner) Global IT Spending On Software And Services -- Including Cloud -- On The Rise // 2020. URL: <https://www.crn.com/slide-shows/channel-programs/gartner-global-it-spending-on-software-and-services-including-cloud-on-the-rise>.
26. Состояние МТП. (Состояние) URL: <http://www.agroyug.ru/news/id-28566>.
27. Искусственный интеллект в сельском хозяйстве (Искусственный) URL: <https://agroppravda.com/news/novye-technologii/11301-iskusstvennyj-intellekt-v-selskom-hozjajstve>



## References in Cyrillics

1. Medennikov V.I. (Medennikov) Sistemnyy analiz cifrovyyh ekosistem proizvodstvennyh otraslej na primere APK // Cifrovaya ekonomika. 2021, №3(15), S. 34-51.
2. Glushkov V.M. (Glushkov) Makroekonomicheskie modeli i principy postroeniya OGAS. – M.: «Statistika». 1975.
3. Petrikov A.V. (Petrikov). Cifrovizatsiya APK i sovershenstvovanie agrarnoy i sel'skoj po-litiki. Retrieved from [Elektronnyy resurs]. – URL: <http://www.viapi.ru/news/detail.php?ID=228044> (data obrashcheniya 22.07.2021).
4. Konceptsiya «Nauchno-tehnologicheskogo razvitiya cifrovogo sel'skogo hozyajstva «Cifrovoe sel'skoe hozyajstvo» [Elektronnyy resurs]. – URL: [http://www.viapi.ru/news/detail.php?ID=161383&sphrase\\_id=6282533](http://www.viapi.ru/news/detail.php?ID=161383&sphrase_id=6282533) (data obrashcheniya 03.12.2021).
5. Ushachev I.G. (Ushachev) Sistema upravleniya – osnova realizatsii modeli innovatsionnogo razvitiya agropromyshlennogo kompleksa Rossii. Materialy Vserossiyskoj nauchno-prakticheskoy konferentsii. M. GNU VNIIESH, 2013
6. Medennikov V.I. (Medennikov) Teoreticheskie aspekty sinteza struktur komp'yuternogo upravleniya agropromyshlennym proizvodstvom. // Agrarnaya nauka. 1993. N 2. S. 16-18.
7. Milgrom P., Roberts J. (Milgrom) The Economics of Modern Manufacturing: Technology, Strategy and Organization // American Economic Review, 1990. Vol. 80(3). P. 511–528.
8. Akaev A.A., Rudskoj A.I. (Akaev) Konvergentnye IKT kak klyuchevoy faktor tekhnicheskogo progressa na blizhayshe desyatiletii i ih vliyanie na mirovoe ekonomicheskoe razvitiye. International Journal of Open Information Technologies ISSN: 2307-8162 , 2017, vol. 5, no. 1, str. 1-18.
9. Erik Brynjolfsson, Lorin Hitt, Shinkyu Yang. (Brynjolfsson) Intangible Assets: Computers and Organizational Capital // Brookings Papers on Economic Activity. 2002, vol.2, No.1.
10. Zyabrikov V.V. (Zyabrikov) Cifrovizatsiya menedzhmenta: perspektivy i skrytye ugrozy dlya kul'turnogo razvitiya natsii [Elektronnyy resurs]. – URL: <https://www.lihachev.ru/chten/2018/sec4/zajbrikov/> (data obrashcheniya 03.09.2021).
11. Rajkov A.N., Medennikov V.I. (Rajkov) Analiz opyta cifrovoj transformatsii v mire dlya sel'skogo hozyajstva Rossii. Tendentsii razvitiya Internet i cifrovoj ekonomiki // Trudy III Vserossiyskoj s mezhdunarodnym uchastiem nauchno-prakticheskoy konferentsii. Simferopol': IP Zueva T.V. 2020. S. 57-62.
12. Medennikov V.I. (Medennikov) Matematicheskaya model' formirovaniya cifrovyyh platform upravleniya ekonomikoj strany // Cifrovaya ekonomika. 2019. №1(5). S. 25-35.
13. J\son & Partners Consulting. (J\son & Partners) Analysis of the market of cloud IoT platforms and applications for digital agriculture in the world and prospects in Russia // Retrieved from [https://json.tv/en/ict\\_telecom\\_analytics\\_view/analysis-of-the-market-of-cloud-iot-platforms-and-applications-for-digital-agriculture-in-the-world-and-prospects-in-russia](https://json.tv/en/ict_telecom_analytics_view/analysis-of-the-market-of-cloud-iot-platforms-and-applications-for-digital-agriculture-in-the-world-and-prospects-in-russia).
14. Cifrovizatsii sel'skogo hozyajstva v Rossii ne hvataet dannyh (Cifrovizatsii) [Elektronnyy resurs]. – URL: <http://www.iksmmedia.ru/news/5533967-Cifrovizatsii-selskogo-xozyajstva.html#ixzz6KBD7IYEP>
15. Lenchuk E. (Lenchuk) Cifrovaya ekonomika v Rossii? Sekundochku ... [Elektronnyy resurs]. – URL: <https://zen.yandex.ru/media/freeconomy/cifrovaia-ekonomika-v-rossii-sekundochku-5ccc6762a8ac8300b3495949> (data obrashcheniya 17.06.2021).
16. Ageev A.I. (Ageev) Naskol'ko Rossiya podgotovlena k vyzovam HHI veka // NG-ENERGIYa ot 16.01.2019.
17. Cifrovyje instrumenty cifrovoj ekonomiki: bazovye voprosy i opredeleniya (Cifrovyje) [Elektronnyy resurs]. – URL: <http://integral-russia.ru/2019/09/10/tsifrovyje-instrumenty-tsifrovoj-ekonomiki-bazovye-voprosy-i-opredeleniya/>
18. Ereshko F.I., Kul'ba V.V., Medennikov V.I. (Ereshko) Integratsiya cifrovoj platformy APK s cifrovymi platformami smezhnyh otraslej // APK: ekonomika, upravlenie. 2018. № 10. S. 34-46.
19. Medennikov V.I. (Medennikov) Matematicheskoe modelirovanie cifrovyyh platform i standartov dlya upravleniya ekonomikoj strany // Zhurnal "Informatizatsiya obrazovaniya i nauki", 2020, 3(47), 2020. S. 57-72.
20. Effektivnyje modeli strategicheskogo menedzhmenta (Effektivnyje) [Elektronnyy resurs]. – URL: <http://rosinvest.com/page/effektivnyje-modeli-strategicheskogo-menedzhmenta> (data obrashcheniya 12.03.2021).
21. Azgal'dov G.G., Kostin A.V., Sadovov V.V. (Azgal'dov) Kvalimetriya dlya vsekh: Uchebnoe posobie. – M.: ID InformZnanie, 2012, 165 s.
22. Medennikov V. (Medennikov) The Impact of Digital Transformation on the Competitiveness of Small and Medium Agro-Industrial Enterprises // Proceedings of the International Conference on Policies and Economics Measures for Agricultural Development (AgroDevEco 2020). Atlantis Press, 2020. – P. 241-247.
23. David P.A. (David) The dynamo and the computer: an historical perspective on the modern productivity paradox. // The American Economic Review, American Economic Association. 1990. Vol. 80(2). P. 355-361.

24. Foster R. (Foster) Renovation of production: the attackers win: M.: Progress, 1987.
25. Gartner: (Gartner) Global IT Spending On Software And Services -- Including Cloud -- On The Rise // 2020. URL: <https://www.crn.com/slide-shows/channel-programs/gartner-global-it-spending-on-software-and-services-including-cloud-on-the-rise>.
26. Sostoyanie MTP. (Sostoyanie) URL: <http://www.agroyug.ru/news/id-28566>.
27. Iskusstvennyj intellekt v sel'skom hozyajstve (Iskusstvennyj) URL: <https://agropravda.com/news/novye-technologii/11301-iskusstvennyj-intellekt-v-selskom-hozajstve>

*Виктор Иванович Меденников (dommed@mail.ru)  
Вычислительный центр им. А. А. Дородницына  
ФИЦ «Информатика и управление» РАН, Москва*

#### **Ключевые слова**

Цифровая экономика, агропромышленный комплекс, комплементарные связи, алгоритмы, математическая модель, эволюция информационных систем, цифровая платформа управления.

***Victor Medennikov. Influence of the society's digital system transformation on the methods of mathematical modeling of economic management***

#### **Keywords**

Digital economy, agro-industrial complex, complementary links, algorithms, mathematical model, evolution of information systems, digital management platform.

DOI: 10.34706/DE-2021-04-02

JEL classification C02 – Математические методы

#### **Abstract**

The paper examines the consequences of the formation of a unified digital platform for managing the Russian economy, which significantly affect the methods of mathematical modeling of economic management. It is shown that in the design space of information and control systems, data, algorithms for solving functional problems, which include mathematical models, and automation tools are in complementary relationships with a strong synergistic effect. At the same time, the complementarity of these three main factors of the efficiency of the digital economy leads to a radical change in modeling methods, which lead to an increase in the efficiency of using information, as well as structured, increasingly integrated data improve the methods of their processing. As a result of such growing interactions of data, algorithms, tools, as well as human, financial and material resources, which are also complementary assets in some way, people and the economy are becoming more focused on information resources, making them one of the most valuable assets. In this situation, algorithms in the form of mathematical models acquire a "second wind", having received a large field of structured, objective data, as well as the corresponding instrumentation. As an example of new approaches to modeling, a mathematical model of the competitiveness of products in the market is considered. It also analyzes the huge scope for the activities of scientists engaged in modeling economic management, with a scientific approach to the application of digital technologies in agriculture in precision agriculture, which is now experiencing a real boom.