

ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВИЗАЦИИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА ПРИМЕРЕ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

Меденников В.И.,

*Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» РАН, Москва, Россия
dommed@mail.ru*

Богатырева Л.В.

*Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, Москва, Россия
lbogat@mail.ru*

Аннотация. Рассматриваются проблемы внедрения технологий искусственного интеллекта в сельское хозяйство в условиях все более очевидной тенденции цифровой трансформации отрасли в сторону точного производства, требующего интеграции научно-образовательных и производственных информационных ресурсов на базе их систематизации с целью добиться более значительной эффективности аграрной отрасли.

Ключевые слова: сельское хозяйство, математическое и когнитивное моделирование, точное земледелие, искусственный интеллект.

Введение

В силу традиционной консервативности аграрного производства цифровая трансформация его началась после значительного положительного опыта в других отраслях реальной экономики, полученного в развитых странах мира. Осознание результатов этого опыта дало возможность избежать многих ошибочных решений по инновационному переходу сельского хозяйства в направлении индустриального производства. Так, в [1] анализируются экспериментальные данные по производству пшеницы озимого сорта еще в 2018 г. в Великобритании. Исследования проходили на площади в один га без присутствия специалистов на опытном участке на протяжении всего года. А все производственные операции были произведены роботизированными сельскохозяйственными машинами, в результате которых была задокументирована очень большая урожайность в 70 ц/га. Наиболее популярное положение среди большого числа появившихся цифровых технологий в сельском хозяйстве постепенно занимает точное земледелие (ТЗ) [2]. В основе его технологий лежат аграрные технологические операции в виде прецизионного производства, опирающиеся на высокоточное позиционирование в виде значительного инструментария дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Однако, препятствием эффективности использования технологий ТЗ в российском сельскохозяйственном производстве являются несколько существенных факторов, а именно:

- прецизионное производство требует обязательного учета и интеграции значительного числа разнородных данных, например, почвенных в виде антропогенной, природной пространственно-временной неоднородности каждого участка, исчисляемой сотнями показателей [3];
- в настоящее время каждое предприятие отрасли, каждое научное учреждение пользуется своими онтологиями, не говоря уже о разночтениях в данном вопросе при межотраслевых взаимодействиях, что приводит к слабой эффективности интеграционных проектов, в конечном счете, к ведомственной разобщенности [4];
- тенденции совершенствования ТЗ таковы, что подобно цифровым технологиям животноводства, где для каждой особи выбираются индивидуальные рационы питания, нормы ухода путем внедрения соответствующих средств мониторинга с датчиков состояния его здоровья, качества и состава кормов, показателей производственных помещений, динамики температуры различных органов, в растениеводстве также разрабатываются экспериментальные технологии питания культур, внесения химических средств защиты их практически для каждого растения. Пока же в промышленных масштабах внедряется оборудование N-Sensor компании Yara, произведенное для прецизионного внесения азотного питания под культуры на минимальных участках 400 квадратных метров с учетом рельефа земельных угодий, физико-химических характеристик полей, спутниковых данных и информации из базы данных системы IACS [5];
- неоднородность культивируемых земельных участков, влияющих как следствие на урожайность размещаемых на них культур, зависит также и от с трудом понимаемых взаимоотношений и взаимовлияния почвы с ними. В результате ведутся исследования по адаптационной пахоте, поскольку установлено, что разница глубины вспашки даже в 5 см может увеличить затраты на топливо до 30 % [6];

- интеграционные технологии ТЗ, как и всей цифровой экономики (ЦЭ), диктующие комплексный подход к разработке информационно-управляющих систем (ИУС), ведут к резкому численному росту информатизации функций управления, финансовые и временные затраты на реализацию которых нарастают по экспоненте от их количества при том, что это требует все более квалифицированного кадрового состава. В силу большой стоимости разработки оригинальных таких систем, что делает практически невозможной для индивидуального предприятия в любой отрасли, выход виден в проектировании типовых для большого числа предприятий, иначе, некоторого цифрового двойника (ЦД), единого для некоторой отрасли [7]. Однако для этого должны быть созданы цифровые стандарты, в виде единого онтологического, информационного и алгоритмического обеспечения не только для одной, но и для ряда смежных отраслей.

Как видно из изложенного, резко растущее количество решаемых задач и данных, недостаточно формализуемых в силу этого и недофинансирования науки, из-за чего пока отсутствуют установленные взаимосвязи между ними, а также проблемы с формированием единого понятийного пространства вызывает трудности при прогнозировании и принятии управленческих решений в отрасли. Разрешить данные проблемы, о чем говорит и мировой опыт создания интеллектуальных информационных систем [8, 9], могут только технологии искусственного интеллекта (ИИ) на основе структуризации и интеграции информационных ресурсов (ИР). Как раз отсутствие таких данных называют основной проблемой ИИ.

Значительное снижение стоимости ИКТ и всех цифровых технологий дало возможность получать информацию о каждой технологической операции с любым элементом агробизнеса и связанной с ним средой с точным прослеживанием последствий их. Поэтому основной целью при разработке стратегий цифровой трансформации крупных инжиниринговых и аграрных фирм в мире становится мониторинг и учет оптимально возможного числа сельскохозяйственных процессов, что отражает одну из основных задач применения ИИ в сельском хозяйстве – обобщение, анализ и обработка данных из различных мониторинговых механизмов с последующей выработкой рекомендаций.

Поэтому в данной работе рассмотрим архитектуру интеллектуальной системы управления подотраслью растениеводства, которая опирается на ее когнитивное моделирование. Покажем, что когнитивное моделирование в свою очередь приведет к разработке единой цифровой платформы управления (ЦПУ) производством в сельском хозяйстве, онтологически и функционально реализующей данные задачи с единых научно-обоснованных позиций.

1. Рыночные предложения по технологиям ИИ в сельском хозяйстве

Анализ подходов к цифровизации производства в большинстве развитых стран показывает, что для ускорения данного процесса начали создавать инновационные центры с разработкой государственных программ [1]. Как показывает также анализ, большинство применяемых технологий ТЗ в той или иной мере использует приложения ИИ. Тогда в данном разделе проанализируем наиболее известные приложения, имеющиеся на рынке [10].

Так, стартап Taranis из Израиля выдает довольно много точной информации о состоянии анализируемых культур с помощью данных, получаемых от метеостанций, датчиков, расставленных в полях, и на различных источниках ДЗЗ. Такой набор информации оперативно выявляет негативные тенденции, представляющие угрозу для растений в виде опасных вредителей, болезней с прогнозированием дефицита питательных элементов.

Приложение Watson фирмы IBM на основе данных индекса ND-NDVI разрабатывает также рекомендации в случае проявления некоторых характерных признаков заболевания кукурузы по принятию решений в части применения вида пестицида, его объема, по временным срокам для обработки культуры. Приложение строит и прогнозы урожайности многих культур.

Платформа ИИ от Farmers, приложения Edge, Notifications, Health Change Maps и мобильный сервис Field Manager компании Bayer в реальном режиме информируют пользователей об эффективности функционирования агрегатов, о состоянии посадок, о проявлении негативных явлений подобно стартапу Taranis в виде опасных вредителей, болезней с прогнозированием дефицита питательных элементов.

Приложение Hummingbird Technologies формирует более подробную информацию в режиме реального времени о состоянии выращиваемых культур, объемных показателях их растительной массы, степени засоренности земель, недостатке азота у них и еще ряде других характеристик. Приложение для формирования этих показателей использует помимо данных ДЗЗ также и многие другие данные наземных датчиков наблюдения, беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Кроме пассивного использования мониторинговой информации для достижения указанных выше целей в настоящее время начинает разворачиваться активное применение технологий ИИ в исполнительных механизмах уже воздействия на всевозможные вредные объекты. В частности, в компаниях Bosh и Bayer проходят испытания устройств по распознаванию сорняков на базе методов интеллектуального распыления с оптимальным выбором дозировок и типов пестицидов. А так называемый «убийца сорняков» фирмы EcoRobotix обучен технологиям самостоятельного передвижения по посевам, распознавая при этом увиденные сорняки и воздействуя соответствующими мерами из арсенала на них. Существует расчет эффективности данной роботизированной установки, показывающий двадцатикратное сокращение применения химических средств защиты.

Похожая роботизированная установка WeedSeeker фирмы Trimble позволяет подобрать индивидуальную дозировку по опрыскиванию сорняков на основе информации при сканировании светодиодами в красном и инфракрасном диапазонах поверхности листьев. В случае обнаружения вредного сорняка ИИ дает команду на запуск исполнительного механизма по опрыскиванию лишь точно его.

В настоящее время совершенствование этих технологий привели к тому, что ИИ дает расчет экономической эффективности выбора того или иного подхода к лечению культур, базой которого является огромный банк данных структурированных по определенным классам изображений сортов, видов болезней, типам бактерий и прочих показателей. Методы расчетов опираются на сравнении фотографий пораженных частей с соответствующими элементами из указанного банка данных. Подтверждением чему служит мобильное приложение Plantix by Peat, умеющее распознавать более 60 видов болезней культур. В этом направлении активно развивается также приложение «Скаутинг», разрабатываемое фирмой Bayer-BASF, фиксирующее ряд нарушений в развитии культур с диагностикой их. В дополнение к этим функциям определяется уровень доступности усвояемого азота растениями.

У нас в стране, слепо следуя положительному опыту в более развитых аграрных экономиках, ряд хозяйств делает попытки внедрения отдельных цифровых технологий ИИ. Однако, зачастую такое копирование опыта не ведет к декларируемым экономическим результатам в силу отсутствия больших массивов необходимой информации, бессистемного некомплексного характера внедрения этих новаций, исторического консерватизма в сельском хозяйстве. Например, технологии N-Sensor компании Yara, уже упоминавшиеся ранее и активно внедряющиеся во многих странах, не удалось внедрить в сколь-нибудь значимых масштабах из-за отсутствия требуемой для этого информации. Анализ показывает, что вообще реальных положительных экспериментов по комплексному внедрению умных технологий в отрасли в России не очень то и много, поскольку до сих пор в большинстве используют фрагментарный или иначе, позадачный подход при проектных работах не только ИС, но и при цифровизации предприятий. Характерной чертой такого подхода является ситуация, когда отдельные подсистемы либо самостоятельно разрабатываются, либо приобретаются в готовом виде у различных производителей систем, онтологически, функционально или информационно не взаимосвязанных между собой, что все более напоминает цифровой феодализм. Данная причина наряду с рядом других, приведенных в работах [1, 7, 11], привела к тому, что в настоящее время в отечественном аграрном секторе отсутствуют комплексные, детально проработанные ИТ-решения для эффективного применения ИИ. При внедрении упоминавшихся выше отдельных новаций у хозяйств сразу же возникают интеграционные проблемы при попытке адаптации их к своим уже имеющимся решениям и потребностям их связать между собой. Конечно, существует еще ряд концептуальных, технологических, организационных проблем, мешающих переходу страны к полномасштабной цифровой трансформации АПК [11].

2. Комплексный подход к внедрению ИИ

Сельское хозяйство представляет из себя сложную динамическую систему, включающую в себя свыше 25% всего биоразнообразия Земли, тесно связанную со многими отраслями экономики, с большим числом подсистем и взаимосвязей, что влечет за собой серьезные проблемы в части управления отраслью. Проблемы усугубляются отсутствием полной информации из-за слабой структуризации как данных, так и взаимосвязей различных подсистем.

Как уже упоминалось, самой перспективной технологией в отрасли становится ТЗ, однако еще одним важным фактором, препятствующем ее полноте внедрения, становится малая исследованность биоты почвы, являющейся одной из сложнейших ЭС в природе. В почве обитает огромное многообразие организмов, сложившееся в течение миллиардов лет, и взаимодействующих между собой, а также с культурными и сорными растениями. Такие активные контакты значительно

оказывают влияние на глобальные биохимические процессы, обеспечивающие к тому же саму возможность жизни на Земле в целом. Почвенная биота – живые организмы, обитающие в почве, в состав которой входят: микроорганизмы – грибы, бактерии, актиномицеты, водоросли; черви; простейшие в виде инфузорий, жгутиковых, корненожек; насекомые из семейства членистоногих; моллюски и пр. В освоенных почвах число биоты порой достигает 10 т/га, что равносильно нескольким миллиардам особей на 1 грамм земли. Плохая изученность данного биоразнообразия объясняется тем, что активная жизнь биоты происходит под землей, невидимой человеком. Невидимо также взаимодействие ее со всеми видами растений. Большое внимание всем этим взаимодействиям начали уделять только сейчас с развитием соответствующего инструментария в эпоху цифровой трансформации экономики и сельскохозяйственной науки. Так, начались активные исследования проявлений влияния на жизнедеятельность культур помимо традиционного набора питания в виде азота, калия и фосфора большого числа и иных элементов, таких как медь, кальций, сера, железо, магний, бор, марганец, углерод, хлор, молибден, цинк, кислород, водород с добавлением в этот список с каждым годом все новых веществ, а также новых закономерности влияния на процесс питания помимо удобрений симбиоза культур с бактериями, с грибами, с множеством и других организмов. Идут исследования механизмов стимулирования растений к самостоятельному обеспечению своих потребностей в питании, в частности, за счет целенаправленного управления физико-химическими и микробиологическими процессами, которые происходят в самом растении. Для этого организуется мониторинг слежения за динамикой поглощения отдельных химических элементов уже на атомарном уровне в процессе вегетации растений.

Для управления подобными сложными слабоструктурированными динамическими объектами обычно разрабатывают интеллектуальную систему, дающую возможность проводить обучение, адаптацию объектов управления к изменяющимся условиям внешней и внутренней сред за счет накопления и анализа ИР о поведении их при воздействии комплекса различных факторов. То есть, возникает необходимость применения методов, основанных на интуиции и опыте специалистов. Одним из эффективных методов описания подобных процессов, получивших широкое развитие, является методология когнитивного моделирования, разработанная Р. Аксельродом [12]. В рамках данного подхода информация об объекте представляется в виде набора понятий, связанных некоторыми причинно-следственными отношениями, трактуемых в виде когнитивной карты, отражающей субъективные знания экспертов-специалистов о рассматриваемой системе.

Например, еще в рамках задания «Электронизация сельского хозяйства» КП НТП стран-членов СЭВ в период появления персональных компьютеров [13], исходя из понимания огромных открывающихся перспектив электронизации – цифровизации, для построения наиболее сложной в сельском хозяйстве структурной схемы причинно-следственных связей, единой для всего растениеводства, была разработана экспертная система, в рамках которой силами ведущих экспертов в области почвоведения, удобрений, средств защиты растений, фитопатологии, агрономии, механизации, учета и планирования были определены 946 факторов, онтологически единых, описывающих все растениеводство в товарных предприятиях и позволяющих наглядно представить рассматриваемую систему производства растениеводческой продукции. Например, на рис. 1 представлены факторы, определяющие и описывающие почву.

Когнитивная же карта оказалась очень разреженной в силу отсутствия необходимых данных, хотя в распоряжение разработчиков была предоставлена информация за многие годы проведения экспериментов в так называемой сети географических опытов [14]. Это объясняется фрагментарностью, однофакторностью закладываемых опытов. Данный подход продолжает доминировать и в цифровую эпоху в России. Например, рассмотрим ситуацию с борьбой с сорняками, как одним из решающих факторов значительного увеличения урожаев, поскольку они отнимают у культурных растений пищу, свет, влагу, служит очагом распределения вредителей и болезней, а также существенно влияют на себестоимость продукции. Хотя всеми отмечается, что эффективность гербицидов зависит от множества факторов: погоды, структуры и влажности почвы, сорта и фазы развития растений и еще ряда других, в справочнике Минсельхоза [15] приводятся данные по экономическому порогу вредности (ЭПВ) лишь по наиболее важным сорнякам без расчета общего ЭПВ для всех сорняков и без привязки к регионам, почвам, фазам развития и т.д. При этом засоренность разными исследователями измеряется в разных шкалах с несопоставимыми значениями. Отчасти такое положение проявляется и в других отраслях экономики, поскольку разработчики ИИ в числе главных проблем успешности внедрения данных технологий указывают на отсутствие, нехватку надежных данных.

В силу значительно разреженной когнитивной карты выход был найден в виде выделения опять же прежней группой ведущих экспертов онтологическим моделированием управленческих функций (базы знаний отрасли) в растениеводстве для всех сельскохозяйственных предприятий с едиными согласованными алгоритмами. Таких функций оказалась 240 задач. Тогда в качестве когнитивной карты возьмем так называемую матрицу семантической смежности [16], полученную строго формализованным математическим алгоритмом меры подобия для расчета степени общности предметных информационных областей пользователей, которую применяют в теории автоматической классификации.

Значение коэффициента сходства a_{in} матрицы семантической смежности $\|a_{in}\|$ варьируется в границах $[0, 1]$, зависящей от величины совместного использования (пересечений) во всех управленческих задачах элемента i с элементом n когнитивной карты, хотя для дальнейшей детализации значения коэффициента можно применить и дополнительные показатели их, например, частоту, объем, важность использования и т.п., соотнесенных к числу значимых пересечений.

| | |
|---|--|
| <p>Почва Код участка Общая характеристика почвы участка: -тип (подтип) почвы; -подтип почвы; -вид почвы; -почвенная провинция; -почвообразующая порода; -наличие водоупорного слоя; -разновидность почвы по мехсоставу; -степень окультуренности почвы; -каменистость: степень каменистости, процент площади, занимаемой камнями, -эродированность: тип эродированности, степень эродированности; -мощность пахотного слоя; -бонитет почвы (балл); -мощность Орнштейн-горизонта; -склонность почвы к: переувлажнению, переуплотнению, образованию корки, вымоканию, выпреванию, подмерзанию; Агрофизическая характеристика почвы по слоям: -равновесная: твердой фазы, объемная; -содержание физической глины ($<0,01$), %; -содержание водопрочных агрегатов ($>0,25$), %; -пористость: общая, капиллярная,</p> | <p>-илистая фракция; -содержание гумуса; объемная масса, г/см.куб. Гидрофизическая характеристика слоя почвы -коэффициент фильтрации; -потенциал насыщенности; -максимальная гидроскопичность; -наименьшая влагоемкость; -влажность завядания. Запасы минерального азота по слоям: -метод измерения; -влажность; -значение. Агрохимическая характеристика почвы: -дата измерения агрохимического показателя; -код места (участка); -агрохимический показатель: код метода измерения показателя, наименование показателя, единица измерения показателя; -градация: очень низкое, низкое, среднее, повышенное, высокое, очень высокое, диапазон градации; -среднее значение показателя; -среднее квадратическое отклонение показателя. Состояние почвы: -кислая; -солонцовая; -нейтральная. Коэффициент влияния кислотности. Коэффициент влияния солонцеватости. Коэффициент гумификации</p> |
|---|--|

Рис. 1. Элементы когнитивной карты растениеводства, отражающие почву

Разработанная когнитивная карта в виде матрицы семантической смежности, которая раньше использовалась для формирования логических БД для различных систем управления, оказалась

полезной также и для разработки единой логической информационной модели растениеводства (рис. 2).

Поскольку, как выяснилось выше, соответствующая база данных (БД) оказалась почти пуста, что не позволит применять технологии ТЗ, то для ее наполнения можно предложить следующие механизмы. Первое, необходимо осуществить обследование с помощью ДЗЗ и специальных организаций всех земельных владений, включая почву, что, отчасти, заложено в ведомственном проекте «Единая федеральная информационная система о землях сельскохозяйственного назначения и землях, используемых или предоставленных для ведения сельского хозяйства в составе земель иных категорий (ЕФИС ЗСН)» Минсельхоза.



Рис. 2. Обобщенная структура единой логической информационной модели растениеводства

Второе, необходимо разработать цифровой организационно-технологический механизм записи в БД растениеводства всего объема данных о совершенных технологических операциях по единому сформированному формату (рис. 3), а также все запланированные показатели. Третье, по такому же сценарию должны быть разработаны единые для отрасли классификаторы, справочники и словари. Это даст возможность применить ИИ, который сможет проводить обучение, адаптацию объектов управления к изменяющимся условиям внешней и внутренней сред за счет накопления и анализа ИР о поведении их при воздействии комплекса различных факторов.

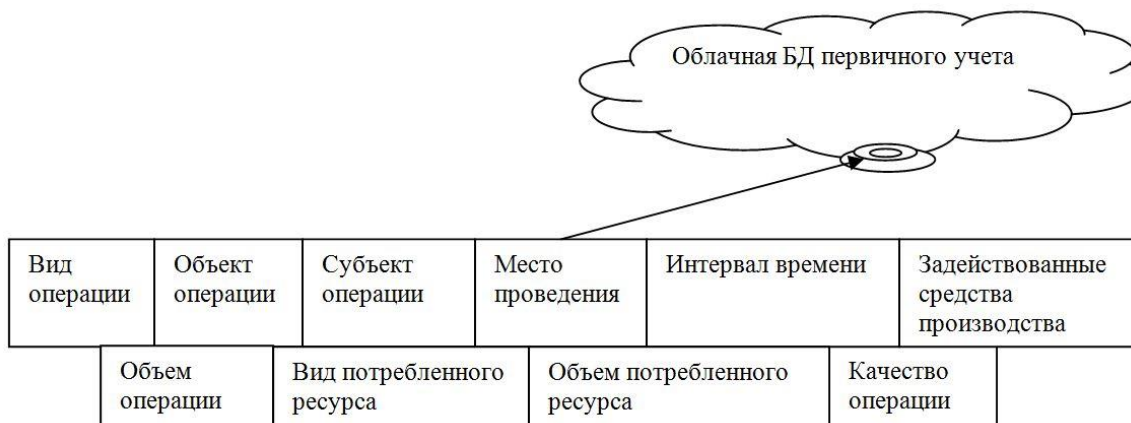


Рис. 3. Схема учета совершенных технологических операций по единому формату

В работе [17] все три подсистемы: когнитивная карта, сбора первичной информации о совершенных технологических операциях, база знаний определены как ЦПУ производством, которая обеспечивает возможность мониторинга, сбора, хранения и использования в задачах управления производством: данных о состоянии почвы и растений, о составе и необходимом количестве внесения химических средств, о состоянии угодий и применяемых техники и оборудования, в решении разнообразных аналитических задач, в агроэкологической оценке почвы и многих других.

Широкие возможности ЦЭ в последнее время из-за повышенного внимания к здоровью породили концепцию, в соответствии с которой каждый покупатель в онлайн-режиме должен иметь возможность проверить сведения о качестве, безопасности и легальности продукции, а контролирующие органы получать доступ к полному спектру сведений о продукте. Наиболее востребована она оказалась в отраслях, связанных с производством продовольствия и лекарств. При этом мировые тенденции в области нормирования и регулирования производства их ориентированы на глобальную гармонизацию требований к качеству на протяжении всего жизненного цикла продукции, что называется от поля до прилавка.

Учитывая вышесказанное, научные полевые эксперименты должны носить многофакторный, комплексный характер. Соответственно, элементы когнитивной карты принимают не числовой и не качественный вид, а некоторый функциональный вид. Поскольку первоначальная когнитивная матрица отражала лишь факторы, непосредственно влияющие на эффективность растениеводства, так называемую агрономическую эффективность, что видно из рис. 2, без учета множества других факторов, влияющих на конечный товар, то с учетом их и концепции об обязательности предоставлении сведений о качестве, безопасности и легальности продукции элемент когнитивной матрицы a_{in} должен состоять из двух частей: a_{in}^1 и a_{in}^2 . Соответственно,

$$a_{in}^1 = f_{in}^1(p[1, N]), \quad a_{in}^2 = f_{in}^2(p[1, N], y_j^1, M_k, W_c), \quad (1)$$

где a_{in}^1 отражает многофакторный, комплексный характер элементов когнитивной карты агрономической эффективности растениеводства, а a_{in}^2 – прочие внешние по отношению к отрасли факторы, в том числе качественные требования: $p[1, N]$ – значения факторов из некоторого диапазона, y_j^1 – требования по качеству j -ой продукции, M_k – характеристики потребленных материально-технических ресурсов, W_c – прочие внешние факторы, в том числе объем спроса продукции на рынке.

Разумеется, данная постановка иллюстрирует лишь общий концептуальный взгляд на планирование полевых опытов. Более того, на данном этапе цифровизации экономики очень затруднительно это сделать в силу отсутствия некоторой единой БД, интегрирующей все проведенные до того эксперименты. При введении же рассмотренных выше цифровых стандартов ситуация резко поменяется, поскольку все операции, совершенные с продукцией и используемыми при этом ресурсами, будут собираться в облачной БД (рис. 3).

3. Комплементарные зависимости бизнеса и науки – необходимые требования эффективности цифровизации сельского хозяйства

Как показано в [18], в настоящее время цифровизация науки и производства в стране осуществляется без какой-либо координации, эти процессы идут по своей собственной логике, почти не пересекаясь, хотя, как показано выше, имеется настоятельная необходимость осуществить их с единых позиций. В развитых же странах ЦЭ вызвала большой социальный заказ на ускоренное внедрение ее результатов в экономику, что явилось огромным стимулом активного развития науки. В качестве механизма ускоренного внедрения были опробованы центры инновационных разработок с выделением финансовых средств. Еще одной задачей данных центров явилась интеграция программного обеспечения (ПО) и ИР научных организаций, применяемых в научных целях, и фирмами разработчиками их в интересах бизнеса, поскольку проявилась онтологическая и функциональная их несовместимость в части ПО и ИР. Инновационные центры в настоящее время в аграрной отрасли начали рассматривать как новую модель сотрудничества между государством, бизнесом, с одной стороны, и аграрной наукой, с другой стороны [18].

Процесс формирования центров наиболее системно проходит в Великобритании, которая сформулировала амбициозную цель «создавать новые цифровые технологии, в том числе в сельском хозяйстве и экспортировать их по всему миру», для чего была разработана государственная программа

«Трансформация производства продовольствия: от с/х фермы до тарелки» на основании принятой еще в 2018 г. стратегии: «Промышленная Стратегия: строительство Великобритании для будущего», в которой поставлена задача: «Правительство намерено «переместить» сельское хозяйство на позицию высокоэффективного и высокоиндустриального сектора экономики» [18]. Приведенный во введении пример выращивания озимой пшеницы как раз является следствием этой цели, когда пшеница была произведена полностью по безлюдной технологии на основе реализации научных разработок в инновации британским университетом Харпера Адамса.

В Германии также был разработан междисциплинарный проект «Preagro» для формирования и опытной отработки наиболее подходящих технологий ТЗ с точки зрения их эффективности. Финансирование этого проекта осуществляется Министерством образования и науки. В число участников проекта были привлечены несколько производственных предприятий и научных организаций для реализации комплексного подхода.

Полученный мировой опыт работы различных инновационных центров, а также некоторых других экспериментов по применению технологий ТЗ позволяет сделать вывод, что цифровые технологии, опирающиеся на прецизионном способе производства, способны более эффективно решать задачи по производству культурных растений и выращиванию животных, но для их комплексности необходимо значительно большее число дополнительной информации, как накопленной в БД в течение длительного временного интервала, так и оперативной, получаемой из различных источников, например, от датчиков, установленных на сельскохозяйственные агрегаты, в землю, исполнительные механизмы, метеостанции и пр. В этой ситуации центры инновационных разработок вынуждены брать на себя роль генерального конструктора цифровых систем с необходимостью разрешения онтологических проблем, которые отображены на рис. 4. Заметим, что при таком подходе некоторые центры могут формировать отличные друг от друга цифровые стандарты на реализацию задач и ИР. Однако, как обычно при достаточном количестве рыночных агентов, конкурентная борьба со временем заставят их гармонизировать указанные цифровые стандарты.

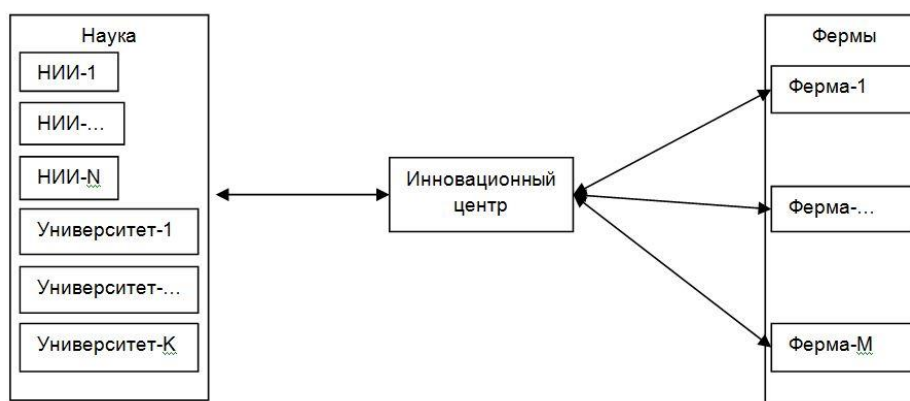


Рис. 4. Схема взаимоотношений науки, инновационных центров и хозяйств

Как следует из изложенного, наука играет все более значимую роль в процессе цифровизации аграриев в развитых странах. Если ЦЭ ведет к созданию центров инноваций, то в России, наоборот, к их закрытию. Так, с согласия Минсельхоза и РАН в свое время был ликвидирован Всероссийский научно-исследовательский институт кибернетики (ВНИИК) АПК, разработавший единые онтологические цифровые модели для большинства типов аграрных предприятий с внедрением их в более, чем 1000 из них. Парадоксально, но перед утверждением Программы ЦЭ и с согласия Минобрнауки в институте аграрных проблем и информатики (ВИАПИ), претендовавшего на роль лидера в ЦЭ АПК, была ликвидирована сама эта тематика исследований. После ликвидации ВНИИК уже ВИАПИ вывез на свалку два грузовика технорабочих проектов по информатизации отрасли на основе типизации и онтологического моделирования ИУС основных видов предприятий АПК, которые при нынешнем положении с цифровизацией отрасли Минсельхоз не состоянии, в принципе, повторить.

Основной стратегией внедрения инноваций НИИ в производство, проповедуемой как Минсельхозом, так и ВИАПИ, является сведение напрямую НИИ и предприятий АПК на условиях рынка. Но это заведомо обречено на неудачу в силу дороговизны такого подхода и причин, рассмотренных при анализе центров инноваций. Более того, НИИ не имеют квалифицированных ИТ-кадров в силу небольшой зарплаты и пренебрежительного отношения к себе там. В такой ситуации на предприятиях АПК потенциально, при 100%-й информатизации только в растениеводстве в стране

окажется 4800000 ИС [18, 19], что делает невозможной и межотраслевую интеграцию систем, которая становится трендом в развитых странах. Поэтому на рис. 5 дана потребность в онтологическом моделировании научных (множество А) и производственных (множество В) ИР и ИС.

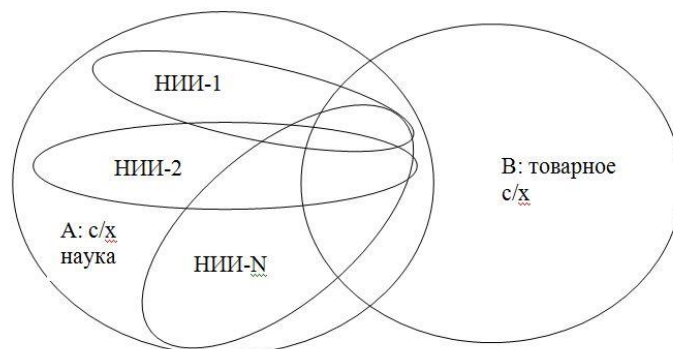


Рис. 5. Потребность в интеграции ПО и ИР на основе онтологического моделирования

4. Заключение

В работе продемонстрировано использование в данный момент фрагментарного, позадачного подхода при разработке цифровых технологий, которые несовместимы между собой ни онтологически, ни функционально, ни информационно, что ведет к своеобразному цифровому феодализму и тенденциям к формированию крупными агрохолдингами собственных научных подразделений. Данная проблема является значительным тормозом для внедрения технологий ТЗ и ИИ. Реформа же науки показала свою несостоятельность, поскольку никак не прореагировала на запросы ЦЭ, в частности на главное требование ее в части интеграции данных и алгоритмов, что должно было бы сказаться на организации работ и методологии проведения полевых экспериментов.

Литература

1. Меденников В.И., Райков А.Н. Анализ опыта цифровой трансформации в мире для сельского хозяйства России // Труды III Всероссийской с международным участием научно-практической конференции «Тенденции развития Интернет и цифровой экономики». – Симферополь: ИП Зуева Т.В., 2020. – С. 57–62.
2. Walter A, Finger R, Huber R, Buchmann N. Smart farming is key to developing sustainable agriculture // Proc Nat Acad Sci USA. – 2017. – Vol. 114(24). – P. 6148–6150. <https://doi.org/10.1073/pnas.1707462114> (дата обращения 05.06.2024).
3. Medennikov V. Digital tool for the sustainability of Russia's agricultural ecosystem // E3S Web of Conferences. – 2023, 420, 03002.
4. Medennikov V.I., Flerov Y.A.: The role of agrarian science in transforming methods of using the Earth remote sensing data into publicly available technology // CEUR Workshop Proceedings, Novosibirsk, August 24–27, 2021. – P. 180–193.
5. Atfarm helps you increase yield and quality. <https://www.at.farm> (дата обращения 19.04.2024).
6. Secrets of effective plowing: 16 key steps and recommendations. <https://dzen.ru/a/YAmSuxmBHWwj6-AO> (дата обращения 19.04.2024).
7. Меденников В.И. Необходимость формирования единого цифрового двойника сельскохозяйственного предприятия // Землеустройство, экономика и управление в агропромышленном комплексе в период глобальных вызовов: Материалы V Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Ижевск, 01 марта 2023 года. – Удмуртский государственный аграрный университет, 2023. – С. 236–243.
8. Reichardt M., Jurgens C. Adoption and future perspective of precision farming in Germany: results of several surveys among different agricultural target groups // Precis Agric – 2009. – Vol. 10(1). – P. 73–94.
9. Verburg PH, Schulp CJE. Opportunities for sustainable intensification in European agriculture // Global Environ Chang. – 2018. – Vol. 48. – P. 43–55.
10. Зацаринный А.А., Меденников В.И., Райков А.Н. Интеграция приложений искусственного интеллекта в единую цифровую платформу АПК // Информационное общество. 2023. № 1. – С. 127–138.
11. Vladimir Kulba, Viktor Medennikov. Product Traceability Digital Tool Powered by Mathematical Model for Logistics Digital Platform // 15 International Conference Management of Large-Scale System Development (MLSD). – Moscow, 2022. <https://ieeexplore.ieee.org/document/9934399> (дата обращения 19.04.2024).
12. Axelrod R. The Structure of Decision: Cognitive Maps of Political Elites. Princeton. – University Press, 1976. – 422 p.
13. Меденников В.И. Математическая модель формирования цифровых платформ управления экономикой страны // Цифровая экономика. 2019. № 1(5). – С. 25–35.

14. Романенков В.А. Агрохимические опыты в системе исследований геосети: прошлое, настоящее и будущее // Известия ТСХА. 2012. № 3. – С. 54–61.
15. Экономические пороги вредоносности вредителей, болезней и сорняков сельскохозяйственных культур: справочник. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2016. – 76 с.
16. Кульба В.В., Микрин Е.А., Павлов Б.В., Платонов В.Н. Теоретические основы проектирования информационных и управляющих систем космических аппаратов. – М.: Наука. 2006. – 578 с.
17. Budzko V., Medennikov V., Keyer P. The logistics component of the geographic reference of the formed promising crop rotations // BIO Web of Conferences. 2023. 66, 03002.
18. Меденников В.И. Комплементарные зависимости науки и бизнеса – необходимое условие успешности цифровизации аграрной экономики // Цифровая экономика. 2020. № 3(11). – С. 41–54.
19. Алексеева Н.А., Осипов А.К., Меденников В.И. [и др.]. Экономические и управленческие проблемы землеустройства и землепользования в регионе. – Ижевск: Шелест, 2022. – 225 с.