

1.4. ИНТЕГРИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА В СФЕРЕ НАУКИ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ КОЛЛАБОРАЦИЙ

Райков А.Н.^{1,2}Жабинская, В.П.³, Перескоков И.С.¹, Табаков К.В.¹

¹Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова РАН, Москва, Россия

²МИРЭА – Российский технологический университет, Москва, Россия

³Министерстве культуры Белгородской области, Белгород, Россия

В статье отмечается устойчивый рост спроса на инновационную продукцию, являющуюся результатом совместной научной, образовательной и производственной деятельности. Показана тенденция повышения качества такой продукции за счет интеграции различных информационных систем в сфере науки, образования и производства. Проведен аналитический обзор публикаций по теме интеграции информационных систем и создания научных коллабораций. Отмечена необходимость создания в сфере науки соответствующей цифровой системы с целью обеспечения адекватности научной продукции потребностям реального сектора экономики и глобального рынка. При этом учтена потребность в обеспечении эффективного взаимодействия органов государственной власти, научно-образовательных и производственных структур. Обосновано положение, что существующая технологическая гетерогенность создаваемых информационных систем, объединяющих междисциплинарный научный, технический и технологический потенциалы ученых и специалистов, академических и научно-исследовательских институтов, требует использования современных подходов к интеграции и оптимизации распределения цифровых ресурсов, обеспечения их семантической интероперабельности, разработки соответствующего аппаратного, информационного и лингвистического обеспечения. Предлагается для интеграции использовать архитектурный подход с оптимизацией выбора основных направлений развития цифровых решений на основе когнитивного моделирования. Показан пример построения эталонной модели научной деятельности в соглашениях архитектурного подхода к проектированию информационных систем.)

Введение

Основными вопросами мирового инновационного развития остаются: устойчивое повышение спроса на инновационные ресурсы, включая знания и компетенции; попытки сгладить нехватку инновационных ресурсов за счет программ поддержки науки и образования в контексте развития цифровой экономики.

В поиске ответов на эти вопросы важную роль играет создание соответствующих информационных систем и сквозных цифровых технологий, включая искусственный интеллект. Однако, несмотря на последовательное наращивание мощности цифровой экономики, в подавляющем большинстве стран спрос на инновационные ресурсы остается неудовлетворенным.

В этом контексте структура экономической и социальной системы нашей страны выдвигает на первый план крупные цифровые информационные системы для поддержки управления научными и образовательными организациями. Это нашло свое отражение в соответствующих позициях национальных, федеральных и ведомственных проектов, стратегиях и программах, например, Национальный проект «Цифровая экономика», Стратегии развития искусственного интеллекта в Российской Федерации.

Директивные предписания требуют адекватной научной и образовательной базы с учетом проблем и диспропорций, накопившихся в экономике страны в целом. Для этого развивается конвергенция процессов научных и образовательных исследований, а также внедрения сквозных цифровых технологий в производство и государственное управление.

Объектом цифровизации при этом является комплекс функциональных задач, решение которых в научной деятельности обеспечивает, прежде всего:

- содействие развитию инноваций;
- активизацию роста потребности рынков инновационной продукции;
- информационное обеспечение научной и научно-технической деятельности.

При этом, технологическая гетерогенность и междисциплинарность создаваемых в сфере науки и образования информационных систем характеризуется высоким уровнем актуальности проблемы их интеграции и обеспечения интероперабельности взаимодействия. Это, в свою очередь, требует использования опыта подобных реализаций в мировой цифровой сфере и приоритизации направлений работы в области интеграции разрозненных информационных систем.

Обзор существующих подходов

Вопросы развития цифровых решений, обеспечивающих эффективное взаимодействие и создание междисциплинарных коллабораций ученых и специалистов различного профиля занимают все большее внимание ученых и практиков. Например, в работе [Zhou, Li Z, Li Y, 2021] показано, что междисциплинарное сотрудничество в области здравоохранения способствует развитию инноваций. Отмечено, что участникам коллабораций необходимо более активно участвовать на ранних этапах решения проблем здравоохранения, особенно на этапах анализа требований и проектирования систем взаимодействия. Существует острая необходимость в развитии межпрофессионального образования, создания дополнительных платформ и ресурсов. В работе [Escalada-Hernández, Ruiz, Martín-Rodríguez, 2019] показано,

что члены коллаборации должны принимать непосредственное участие в разработке и оценке используемых при этом прототипов дополненной реальности.

При создании логистических систем функциональная совместимость играет все более важную роль из-за усиления тенденций сотрудничества или кооперации. Понятие Интернета является одним из таких проявлений всемирной инновационной логистической парадигмы, направленной на объединение и координацию коллаборативных сетей. В работах [Ivanov, Dolgui, 2020; Pan et al., 2021] исследуется, как цифровая функциональная совместимость может помочь соединить логистические сети, а также оперативные решения для устойчивого развития; при этом исследуются новые возможности для цифрового взаимодействия.

Некоторые исследователи предлагают реализовывать интероперабельность систем, имея в виду исключительно ее цифровую версию. Например, в работе [Leal, Guédria, Panetto, 2019] используется термин цифровая интероперабельность, чтобы избежать какой-либо двусмысленности при взаимодействии участников сетевого общения. Вместе с тем, при этом забывается семантический, содержательный аспект взаимодействия, который может быть учтен при создании систем семантической интероперабельности [Райков, Логинов, Ефремов, 2014].

Важным требованием является обеспечение беспрепятственного (бесшовного) обмена информацией, результатом или продуктом на протяжении всего жизненного цикла. Ключевой проблемой интеграции является обмен семантическими формами с точки зрения понятных меток и представлений. В работе [Gurta, Gurumoorthy, 2021] предлагается построенная с использованием модели доменно-независимых форм единая таксономия для представления, классификации и извлечения элементов семантической формы. В работе [Li et al., 2020] отмечается, что семантическая интероперабельность модели любого продукта необходима для автоматического обмена значениями, связанными с характеристиками продукта, между приложениями и доменами на протяжении всего цикла разработки продукта. Это делает возможным осуществлять обмен данными о продуктах с учетом семантики.

Индустриальный сценарий развития экономики претерпевает ускоряющиеся изменения в основном из-за быстрого появления сквозных цифровых технологий и постоянно растущего спроса на них в реальных отраслях экономики [Raikov, Ermakov, Merkulov, 2019; Zhang, Chen, Huang, 2018]. Как следствие, количество обрабатываемых устройств и систем в отраслевых цифровых системах также увеличивается. Связь между цифровыми и реальными объектами, их совместное функционирование в виде «цифровых двойников», совместимость, самоорганизация, «умное» принятие решений и др., являются основополагающими для развития потенциала Индустрии 4.0 [Pivoto et al., 2021]. В этой работе отмечается необходимость более широкого внедрения технологий облачных вычислений и анализа больших данных как для вертикальной, так и для промышленной интеграции с учетом функционирования систем Интернета вещей. Также требуется семантическая оркестровка контекстуализация для моделирования и представления устройств на основе уникальных идентификаторов.

В работе [Budzko, Medennikov, 2021] дан анализ проблем обеспечения эффективного внедрения цифровых технологий в промышленное производство в области сельского хозяйства на основе интеграционных технологий. Это требует разработки методов оценки экономической эффективности инвестирования нового актива – технологий точного земледелия и дистанционного зондирования Земли. В этой статье предложена соответствующая математическая модель оценки экономической эффективности.

Промышленные производители все чаще разрабатывают цифровые платформы в бизнес-среде. Эта форма цифровых платформ требует глубокого, но не всегда понятного целостного видения, которое охватывает совместную эволюцию архитектуры платформы, сервисов платформы и управления платформой. Чтобы восполнить этот пробел в исследовании [Jovanovic, Sjodin, Parida, 2021] изучаются платформы в контексте промышленного производства, при этом выделяются три архетипа платформ: платформа продукта, платформа цепочки поставок и экосистема платформы.

Цифровая трансформация принципиально меняет способы внедрения инноваций и обеспечения конкурентоспособности, позволяет компаниям делать продукты и услуги более интеллектуальными, стирать границы между физическими продуктами и цифровыми [Hanelt, Bohnsack, Marz, Antunes, 2020] и открывать широкие возможности для инноваций [Lanzolla, Pesce, Tucc, 2021].

Для плодотворного взаимодействия и взаимопонимания ученых в мультидисциплинарной среде явно требуется интеграция и синхронное функционирование используемых информационных систем. Для такой интеграции и синхронизации используется архитектурный подход, под который разработаны стандарты и адекватные концептуальные схемы [НТИ РФ; TOGAF Standard].

В интеграции больших систем используется архитектурный подход [ISO 15704; TOGAF Standard, TOGAF ADM Tools]. Основная цель архитектурного подхода состоит в обеспечении взаимосвязи стратегий развития объектов управления любого уровня сложности (государство, регион, сектор экономики, научно-исследовательский институт и др.) со стратегией трансформации его деятельности на основе использования сквозных цифровых технологий. Примеры успешного применения этого подхода можно увидеть в органах власти Великобритании, США, Индии [USA Federal Enterprise Architecture Framework, IndEA Framework] и других стран, где утверждение основополагающих нормативных документов по его внедрению осуществляется на уровне первых лиц управления страной.

Обзор показывает, что вопросы интеграции информационных систем, развития взаимодействия людей, повышения интеллектуального уровня цифровых технологий и пр. в основном осуществляется в

промышленной сфере, медицине, образовании. Однако подобная интеграция значительно меньше пока затрагивает научную сферу, где междисциплинарная специфика решаемых задач уже настоятельно требует активизации исследования в направлении интеграции информационных систем и создания средств развития научных коллабораций.

Объекты и функционал цифровизации научных исследований

Основным направлением создания цифровых систем в научно-образовательной сфере, которая взаимодействует со сферой производственной, является попытка интеграции различных систем в единую научно-образовательную сеть [Райков, Логинов, Ефремов, 2014], ориентированную на широкий круг междисциплинарных применений. Интеграция различных систем ведется с учетом следующих системно-функциональных особенностей:

- объединение научного, технического и технологического потенциала российских специалистов, академических и научно-исследовательских институтов, учреждений высшего и среднего профессионального образования;
- проведение фундаментальных и прикладных научных исследований, реализация опытно-конструкторских работ, внедрения новых инновационных технологий;
- обеспечение взаимодействия научно-образовательных и производственных структур, а также органов государственной власти и др.

Это направление действий предполагают проведение теоретических исследований и внедрение интеллектуальных технологий, включая технологии искусственного интеллекта, системы машинного обучения, методы поддержки решений, консультирующие и обучающие системы, технологии автоматизированного формирования знаний, средства хранения и представления знаний, развитие математического аппарата и программных средств и др.

В настоящее время научной-технологической инфраструктура в сфере науки и образования России объединяет в сеть ряд центров коллективного пользования научным оборудованием и уникальных научных установок [НТИ РФ]. Уже созданы и развиваются несколько информационных систем, например:

- единая цифровая платформа научного и научно-технического взаимодействия, организации и проведения совместных исследований в удаленном доступе, в том числе с зарубежными учеными;
- информационные системы для автоматизации деятельности, связанной с выделением грантов и проведением конкурсов на выполнение исследований;
- система учета сведений о научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работах гражданского назначения и др.

Функционал созданных систем покрывает широкий спектр ресурсных возможностей для поддержки научной деятельности, включая такие междисциплинарные аспекты, как:

- исследование потребностей рынка в научной продукции и услугах;
- управление процессами и проектами, включая целеполагание, планирование, контроль реализации;

- поиск и аналитическая обработка данных;
- ведение реестров научных продуктов, работ и услуг;
- формирования междисциплинарных больших данных;
- публикационная активность;
- формирование отчетов о проведении экспериментов;
- экспертная поддержка проектов и др.

Междисциплинарность и гетерогенность создаваемых систем в сфере науки предъявляет особые требования к обеспечению семантической интероперабельности, построению лингвистического обеспечения, разработке интерфейсов.

Семантическая интероперабельность

Семантическая интероперабельность предназначена для установления соответствия между смыслами терминов, используемыми в передаваемых между участниками взаимодействия данных [Райков, 2006; Gupta, Gurumoorthy, 2021]. Это требует морфологического, синтаксического и семантического анализа электронных документов и сообщений, установления формального и субъективного соответствия формы электронных документов и сообщений, а также характера и стиля взаимодействия их содержания. Вопросы семантической интероперабельности при междисциплинарном электронном взаимодействии возникают в таких случаях, как:

- учет и использование научных публикаций;
- поиск в реестрах публичных записей (регистрация ученых, экспертов, организаций и др.);
- анализ сообщений виртуального сотрудничества;
- согласование научных позиций и решений;
- обсуждение актуальных аспектов научных проблем и др.

В научном электронном взаимодействии может сложиться две основные ситуации:

- взаимодействие предопределено, нормативно и технологически зафиксировано;
- взаимодействие формируется инициативно, спонтанно.

Особую сложность занимает решение вопроса обеспечения взаимопонимания ученых в междисциплинарной среде. При этом требуется осуществление, как правило, сходящегося процесса диалогового согласования знаний и пониманий участников сетевого общения [Gubanov, Korgin, Novikov, Raikov, 2014; Raikov, 2021]. Именно здесь семантическая интероперабельность приобретает особую значимость.

Семантическая интероперабельность определяет, прежде всего, технологическую среду для ускорения процессов установления смыслового соответствия между терминами, используемыми различными участниками информационного обмена в условиях динамичного изменения понятийного аппарата, связанного, в частности, с постоянным изменением опыта и знаний.

Семантический уровень интероперабельности при электронном взаимодействии ученых выполняет роль смыслового посредника, интерфейса между ученым и компьютером, между несколькими территориально распределенными учеными и др. Для повышения эффективности взаимодействия ученых и организаций при обмене информацией можно выделить протоколы семантического взаимодействия трех уровней сложности:

первый уровень обеспечивает поддержку процессов взаимодействия административных органов при планировании научной деятельности, реализуемых с использованием стандартизованных электронных документов и простых сообщений (делопроизводство);

второй уровень обеспечивает поддержку процессов взаимодействия, реализуемых с использованием содержательной, неструктурированной части документов и сообщений (поиск текстовых документов, тематическое классифицирование, анализ больших данных и др.);

третий уровень обеспечивает поддержку сетевых коллаборативных процессов взаимодействия ученых при совместной работе в рамках отдельного проекта, согласовании приоритетов, решении проблем, управления знаниями и мотивациями.

Семантическая интероперабельность определяет алфавит, лексику и грамматику междисциплинарного взаимодействия, используемые в контексте принятых протоколов обмена данными, языков разметки, представления и управления информационным взаимодействием.

Учитывая зарубежный опыт создания подобных систем обеспечение семантической интероперабельности может осуществляться на основе ряда принципов, например:

- доступность для всевозможных категорий ученых и открытые стандарты;
- мультиязычность (с охватом нескольких зарубежных языков);
- безопасность (национальная, финансовая, социальная, экологическая, информационная);
- субсидиарность (система обеспечения интероперабельности не должна мешать работе иных систем);
- трехуровневость протоколов взаимодействия: организационный и семантический, технический и др.

При создании системы обеспечения семантической интероперабельности весомая роль отводится онтологиям и естественно-языковому интерфейсу.

Онтологии

Под онтологией понимается формализованное описание знаний и понятий, свойств каждого понятия, описывающих его атрибуты, а также ограничений [Raikov, 2021]. Онтология включает базу знаний и определяет общий словарь взаимодействующих ученых, с помощью которого можно быстро приходиться к взаимопониманию. Онтология включает машинно-интерпретируемые формулировки понятий предметной области и отношения между ними. Онтологии необходимы для:

совместного использования всеми участниками сетевого общения, учеными и интеллектуальными агентами, как атрибутами систем искусственного интеллекта, общего понимания проблем и информации;

- возможности повторного использования знаний в предметной области;
- того, чтобы сделать допущения в предметной области явными;
- отделения знаний в предметной области от оперативных данных;
- анализа знаний в предметной области и др.

Совместное использование учеными, специалистами и программными интеллектуальными агентами общего понимания и восприятия структуры информации является одной из наиболее общих целей разработки онтологий. Если различные веб-сайты совместно используют и публикуют одну и ту же базовую онтологию терминов, которыми многие потребители услуг среды электронного взаимодействия пользуются, то компьютерные программные агенты могут автоматически извлекать информацию из этих сайтов, накапливать и обрабатывать ее.

Онтологии обеспечивают возможность использования знаний различных предметных областей. Для них необходимо сформулировать понятие времени. Это представление включает понятие временных интервалов, моментов времени, сроков для контроля, относительных мер времени и т.д. Онтологии помогают снять неоднозначность представления, и, соответственно, улучшить понимание терминов различными потребителями информации и информационных услуг.

Именно онтологии позволяют ускорить и сделать более целенаправленным междисциплинарный процесс научного исследования [Raikov, 2021].

Онтология – это модель реальной ситуации и понятия в онтологии должны отражать эту реальность. После того, как определяется начальная версия онтологии, поводится ее оценка и отладка с привлечением экспертов, включая удаленных [Gubanov, Korgin, Novikov, Raikov, 2014]. Далее онтология доводится до необходимого уровня качества в процессе эксплуатации.

Естественно-языковой интерфейс

Участниками взаимодействия могут быть как сами ученые, так и компьютерные приложения, интеллектуальные агенты, автоматически использующие формально представленные знания. Среда электронного взаимодействия может обеспечиваться широким спектром «дружественных» интерфейсов, разрабатываемых как для отдельных ученых, так и коллективов, включая интерфейсы ориентированные на медийные, текстовые, табличные, динамические, статические стили восприятия.

При выборе интерфейса необходимо учитывать различные психологические особенности восприятия информации учеными и специалистами; кто-то предпочитает читать текст, кто-то – смотреть график, а кто-то – хорошо воспринимает информацию на слух.

Интерфейс может быть геоинформационным. Такой интерфейс предназначен преимущественно для информационно-справочной и аналитической работы с картографическими и фактографическими базами данных. Их центральной частью может являться геоинформационный конструктор – в качестве генератора карт и диаграмм на них.

При этом под понятностью информации подразумевается синтаксическая, семантическая и прагматическая однозначность сведений, требующая, в частности, типового делового языка, общности знаний участников о проблеме, о себе и других ученых. Язык, тексты, так и общая ситуация должны иметь общую и понятную всем репрезентацию. В противном случае участники общения не смогут уложиться в отведенное время для решения вопросов.

Необходимо обеспечить, чтобы ученые имели детальные и однозначно понимаемые знания о ситуации, чтобы они помогали им углублять понимание ситуации. Если участник не обладает необходимыми знаниями, то необходимо предусмотреть, чтобы для конструктивного научного взаимодействия инициализировалась смешанная инициатива, то есть инициатива, переходящая от одного участника к другому.

Разработка интерфейсов в среде электронного взаимодействия должно учитывать психосемантические аспекты поведения участников взаимодействия. Информационная технология должна предоставлять большую свободу для проектной самоорганизации, обмена знаниями и накопления опыта, рациональной оценки проблемно-научной ситуации, анализа имеющихся данных, опыта и составления прогноза.

Любое взаимодействие предполагает процессы свободного обмена мнениями, возникновения и разрешения конфликтов, утряски интересов, совместного обсуждения альтернатив и многое другое. Эти процессы происходят, как правило, при личном общении, при проведении научных совещаний и споров. В этом общении зачастую много личностного, латентного, непредсказуемого. Для поддержки эффективного виртуального сотрудничества ученых могут использоваться интеллектуальные информационные технологии, встраиваться в систему интеллектуальные помощники. При этом используется соответствующее аппаратное обеспечение.

Аппаратное обеспечение

Аппаратная часть создаваемых систем в сфере науки может включать различные центры обработки данных, например, центр, оснащенный комплексом технических средств, обеспечивающих бесперебойное функционирование и эксплуатацию, а также вычислительный центр коллективного пользования, в котором сосредоточен мощный облачный ресурс.

Между такими центрами обеспечивается наличие высокопроизводительных каналов связи, а также применяются технологии резервирования и дублирования данных. Как правило, центры обработки данных работают в среде Интернет. В состав комплекса технических средств указанные центры обычно включают такие элементы, как:

- локальные вычислительные сети;
- серверное оборудование;
- автоматизированные рабочие станции;
- телекоммуникационные подсистемы;
- системы гарантированного хранения и резервного копирования данных и др.

К аппаратному обеспечению стоит также отнести персональную технику – компьютеры, телефоны, смартфоны и пр., которой владеет каждый участник общения.

С учетом вышеизложенного формируется архитектура интегрированной информационной системы в соответствии с международными стандартами.

Архитектурный подход к проектированию

Архитектурный подход [Ершова, Райков, Хохлов, 2020; 15; 25; 26], подразумевает декомпозицию информационной системы со специальной структуризацией. Например, может быть выделено четыре уровня декомпозиции: деятельности, системный, данных, технологический. Могут быть выделены также

отдельные аспекты архитектуры, например знаний, информации, данных, коллаборации, эффективности и результативности. Такая декомпозиция дает возможность интегрировано увязать компоненты различных систем при проектировании с учетом потребностей рынка в сквозных цифровых технологиях [Raikov, Ermakov, Merkulov, 2019]. По каждому блоку декомпозиции строится своя эталонная модель.

Для построения архитектуры интегрированной цифровой системы в области науки может быть использован опыт различных стран. Например, архитектурный подход, приведенный в документе [IndEA Framework], в приложении к научной сфере предполагает декомпозицию информационной системы к виду схемы Рис. 1. Учитывая высокую неопределенность целеполагания в науке, особенно фундаментальной, большое влияние на исследовательские процессы элементов творчества построение архитектуры цифровой системы требует высокой гибкости. Здесь может стать эффективным использование таких подходов, как Agile, SAFe, Kanban и др., которые обеспечивают высокую гибкость создания цифровых систем, малые сроки разработки и среднюю цену.

Архитектурный подход предполагает достижение высокого уровня целенаправленности и эффективности работы исследовательских коллективов от использования цифровой системы и систем искусственного интеллекта, для чего в его рамках формируется соответствующее лингвистическое обеспечение, которое понятно ученым, при условии, что система междисциплинарна и многоязычна. Эта польза может характеризоваться следующим:

научные услуги предлагаются ученым понятно и единообразно; повышается производительность научного творчества; качество научных услуг постоянно растет и др.

Терминология, в контексте которой работают ученые, в архитектурном подходе представляется в эталонных моделях, например эффективности и результативности или эталонной модели научной деятельности.

Первая из перечисленных моделей служит разработке единого механизма для измерения эффективности и результативности различных видов научной деятельности в рамках междисциплинарного проекта в ходе достижения его целей; вторая – рассматривает исследовательскую концепцию и услуги, которые представляются на языке описания проблемы. Пример построения верхнего уровня эталонной модели научной деятельности при архитектурном подходе приведен на Рис. 2.

При построении архитектурных эталонных моделей должны быть учтены различные аспекты научной деятельности. Например, необходимо учесть возможность распространения и восприятия контентов, нарушающих информационную безопасность их пользователей в социальных сетях [Калашников и др., 2020].

Приоритизация направлений работы на основе когнитивного моделирования

Для обеспечения конкурентоспособности российской научно-технической продукции и услуг требуется оптимизация распределения усилий по направлениям разработки интегрированной информационной системы. На концептуальном уровне для этого может быть использовано когнитивное моделирование [Авдеева, Коврига, Макаренко, Максимов, 2007] и соответствующая программная среда [Роспатент, 2011].



Рис. 1. Обобщенная архитектура цифровой системы в области науки

При построении архитектурных эталонных моделей должны быть учтены различные аспекты научной деятельности. Например, необходимо учесть возможность распространения и восприятия контентов, нарушающих информационную безопасность их пользователей в социальных сетях [Калашников и др., 2020].

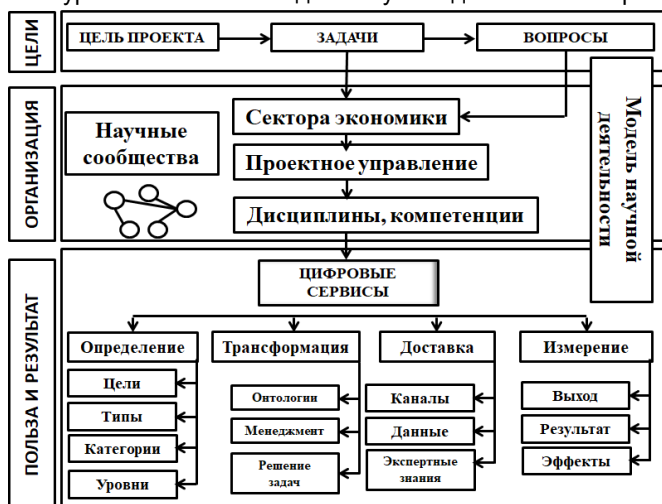


Рис. 2. Архитектурная эталонная модель научной деятельности.

Проведенный авторами настоящей статьи стратегический анализ позволил выявить следующие базовые факторы когнитивной модели: Конкурентоспособность науки (КРН – цель); Мониторинг глобального рынка (МГР); Фундаментальные научные исследования (ФНИ); Прикладная наука и производство (ПНП); Коллаборативная цифровая платформа (КЦП); Внедрение сквозных цифровых технологий (СЦТ).

После экспертной оценки силы взаимовлияния факторов по нормализованной шкале (-1; +1) и ввода модели в компьютер получена когнитивная схема, приведенная на Рис. 3. На этой схеме изображены факторы с их сокращенными названиями, и взаимосвязи между факторами: слева факторы управляющие (на которые осуществляется управляющее воздействие), справа – фактор цели, между ними – внутренние факторы модели. На когнитивной модели для оценки результатов воздействия на управляющие факторы различных управляющих решений решается прямая и обратная задачи. Первая дает ответ на вопрос: «Что будет, если?», вторая – «Что надо сделать, чтобы?». Ответы на эти вопросы позволяют определить оптимальное воздействие на различные управляющие факторы. На модели могут быть оценены различные сценарии действий, которые формируются путем экспертного изменения набора факторов, значений их взаимовлияний, смены комбинаций и величин импульсов, запускаемых на управляющие факторы. При этом значения запускаемых импульсов остаются нормализованными в интервале (-1; +1).

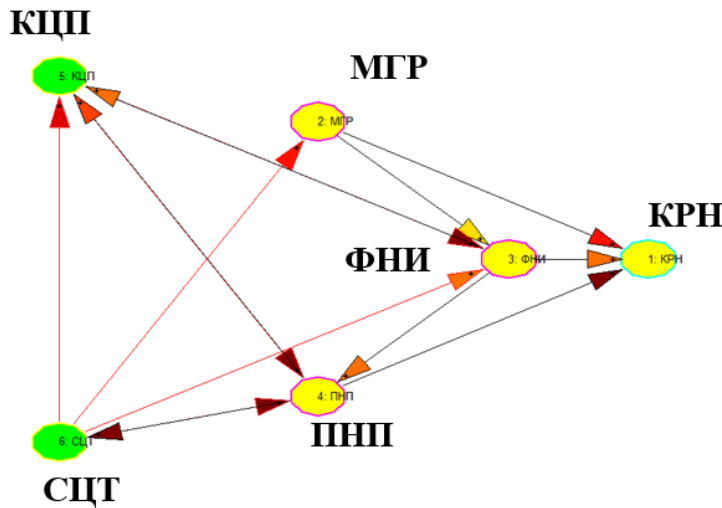


Рис. 3. Когнитивная схема приоритизации направлений работы

дает возможность достижения значения цели, равного 0.73 – при воздействии на фактор СЦТ, и 0.85 – при воздействии на фактор КЦП. При такой, «однофакторной», политике достижение большего значения цели, например, 0.95, невозможно.

Решение обратной задачи, однако, показывает возможность достижения более высоких показателей цели при соответствующем распределении воздействий на оба управляющих факторов: СЦТ – 0.187, КЦП – 0.327 (см. Рис. 4).

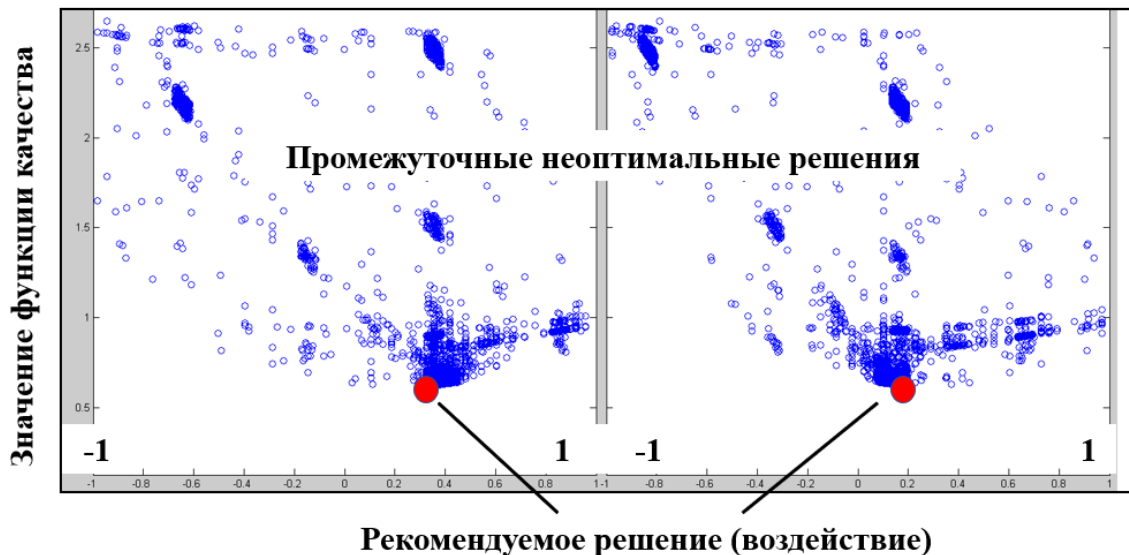


Рис. 4. Результат решения обратной задачи с помощью генетического алгоритма

Полученный результат моделирования демонстрирует возможность на основе моделирования повысить качество принятия государственных и проектных решений в области построения требуемой единой интегрированной информационной системы.

Заключение

Междисциплинарность, многофункциональность, многоязычность, хаотичность, нечеткость целей – примеры из множества характеристик научной деятельности, которые определяют сложность проектирования интегрированных информационных систем для поддержки научных исследований.

Для преодоления указанной сложности при интеграции различных информационных систем в статье предлагается оптимизировать распределение государственных усилий между направлением развития сквозных цифровых технологий и созданием соответствующей мультидисциплинарной коллаборативной цифровой системой в сфере науки, которую необходимо проектировать с использованием стандартов архитектурного подхода.

Благодарности

- Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, грант № 21-18-00184.

Список литературы

1. Авдеева З.К., Коврига С.В., Макаренко Д.И., Максимов В.И. (2007) Когнитивный подход в управлении // Проблемы управления, вып. 3. с. 2–8.
2. Ершова Т.В., Райков А.Н., Хохлов Ю.Е. (2020) Система мониторинга потребностей отраслей экономики в цифровых платформах и технологиях // Информационное общество, № 2, с. 2-17. [Электронный ресурс] URL: <http://infosoc.iis.ru/article/view/460> (дата обращения 01.09.2022)
3. Калашников А.О., Остапенко А.Г., Остапенко Г.А., Остапенко О.А., Чапурин Е.Ю. (2020) Социальные сети и риск-мониторинг. М.: Горячая линия – Телеком, 266 с.
4. Райков А.Н. (2006) Семантика электронного взаимодействия органов власти // Информационные и телекоммуникационные технологии, № 3, с. 46 – 52.
5. Райков А.Н., Логинов Е.Л., Ефремов Д.Н. (2014) Образовательно-научно-производственная сеть как системообразующий и конвергентный факторы в инфраструктуре информационного общества // Информационное общество, № 2, с. 17-26.
6. Budzko V., Medennikov V. (2021) Mathematical modeling of evaluating the effectiveness of using RSD data in precision farming // Procedia Computer Science 190. p. 122–129, URL: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0> Last access 01.09.2022
7. Escalada-Hernández P., Ruiz N.S., Martín-Rodríguez L.S. (2019) Design and evaluation of a prototype of augmented reality applied to medical devices // Int. J. Med. Inform, No. 128, p. 87–92. DOI: 10.1016/j.ijmedinf.2019.05.004
8. Gubanov D., Korgin N., Novikov D., Raikov A. (2014) E-Expertise: Modern Collective Intelligence. Springer. Series: Studies in Computational Intelligence, Vol. 558, XVIII, 112 p.
9. Gupta R.K., Gurumoorthy B. (2021) Feature-based ontological framework for semantic interoperability in product development // Advanced Engineering Informatics? No. 48. 101260. DOI: 10.1016/j.aei.2021.101260
10. Hanelt A., Bohnsack R., Marz D., Antunes C. A. (2020) systematic review of the literature on digital transformation: insights and implications for strategy and organizational change // J. Manag. Stud., Vol. 59, Issue 2, p. 583-583. DOI: 10.1111/joms.12639.
11. Ivanov D., Dolgui A. (2020) Viability of intertwined supply networks: extending the supply chain resilience angles towards survivability. A position paper motivated by COVID-19 outbreak // Int. J. Prod. Res. No. 58. p. 2904–2915, DOI: 10.1080/00207543.2020.1750727.
12. Jovanovic M., Sjodin D., Parida V. (2021) Co-evolution of platform architecture, platform services, and platform governance: Expanding the platform value of industrial digital platforms. Technovation. 102218, ISSN 0166-4972, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2020.102218>
13. Lanzolla G., Pesce D., Tucc C.L. (2021) The digital transformation of search and recombination in the innovation function: tensions and an integrative framework // J. Prod. Innov. Manag., Vol.38, Issue 1, p. 90-113, DOI: 10.1111/jpim.12546.
14. Leal G., Guédria W., Panetto H. (2019) Interoperability assessment: a system-atic literature review // Comput. Ind. No. 106, p. 111–132, <http://dx.doi.org/10.1016/j.compind.2019.01.002>
15. Li L., Zheng Y., Yang M., Leng J., Cheng Z., Xie Y., Jiang P., Ma Y. (2020) A survey of feature modeling methods: Historical evolution and new development // Rob. Comput. Integr. Manuf., No. 61. p. 1–16, DOI: 10.1016/j.rcim.2019.101851
16. Pan S., Trentesaux D., Mcfarlane D., Montreuil B., Ballot E., Huang G.Q. (2021) Digital interoperability in logistics and supply chain management: state-of-the-art and research avenues towards Physical Internet // Computers in Industry No. 128. 103435 DOI: 10.1016/j.compind.2021.103435
17. Pivoto D.G.S., Almeida L.F.F., Righi R.R., Rodrigues J.J.P.C., Lugli A.B., Alberti A.M. (2021) Cyber-physical systems architectures for industrial internet of things applications in Industry 4.0: A literature review // Journal of Manufacturing Systems, No. 58. p. 176–192. DOI: 10.1016/j.jmsy.2020.11.017
18. Raikov A. (2021) Convergent Ontologization of Collective Scientific Discoveries, 14th International Conference Management of large-scale system development (MLSD), pp. 1-5, doi: DOI: 10.1109/MLSD52249.2021.9600184
19. Raikov A.N., Ermakov A.N., Merkulov A.A. (2019) Assessments of the Economic Sectors Needs in Digital Technologies // Lobachevskii Journal of Mathematics. Pleiades Publishing, Ltd. Vol. 40, No. 11, p. 1837–1847. DOI: 0.1134/S1995080219110246

20. Zhang Z., Chen X., and Huang J. (2018) Research on innovation posture of automated driving technology based on patentometrics // Technol. Investm., No. 9, p. 137–153, DOI: 10.4236/ti.2018.93010138
21. Zhou Y., Li Z., Li Y. (2021) Interdisciplinary collaboration between nursing and engineering in health care: A scoping review // International Journal of Nursing Studies. No. 117 103900. DOI: 10.1016/j.ijnurstu.2021.103900

Стандарты, патент и электронные ресурсы

22. НТИ РФ (2022) Научно-технологическая инфраструктура Российской Федерации. Центры коллективного пользования научным оборудованием и уникальные научные установки [Электронный ресурс]: – URL: <http://ckp-rf.ru/> (дата обращения: 01.09.2022). cess: 01.09.2022)
23. Роспатент (2011) Специальное программное обеспечение «Сетевая экспертно-аналитическая система «Архидока». Свидетельство о государственной регистрации программ № 2011613934 по заявке 2011612011 от 29 марта 2011 г. М.: Роспатент.
24. The TOGAF Standard, Version 9.2 Overview. [Электронный ресурс]: URL: <https://www.opengroup.org/togaf> (дата обращения 01.09.2022).
25. TOGAF ADM Tools. URL: <https://www.visual-paradigm.com/> (дата обращения: 01.08.2021)
26. USA (2013) Federal Enterprise Architecture Framework (USA). Version 2, 434 p. URL: https://obamawhitehouse.archives.gov/sites/default/files/omb/assets/egov_docs/fea_v2.pdf (Last access: 01.09.2022)
27. IndEA (2022) Framework (India Enterprise Architecture Framework)– URL: <http://egovstandards.gov.in/sites/default/files/IndEA%20Framework%201.0.pdf> (Last access: 01.09.2022)
28. ISO 15704: (2019) Enterprise modelling and architecture — Requirements for enterprise-referencing architectures and methodologies. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:15704:ed-2:v1:en> (Last access: 01.09.2022)

References in Cyrillics

1. Avdeeva Z.K., Kovriga S.V., Makarenko D.I., Maksimov V.I. (2007) Kognitivnyj podhod v upravlenii // Problemy upravlenija, вып. 3. s. 2–8.
2. Ershova T.V., Rajkov A.N., Hohlov Ju.E. (2020) Sistema monitoringa potrebnostej otraslej jekonomiki v cifrovyyh platformah i tehnologijah // Informacionnoe obshhestvo, № 2, s. 2-17. [Jelektronnyj resurs] URL: <http://infosoc.iis.ru/article/view/460> (data obrashhenija 01.09.2022)
3. Kalashnikov A.O., Ostapenko A.G., Ostapenko G.A., Ostapenko O.A., Chapurin E.Ju. (2020) Social'nye seti i risk-monitoring. M.: Gorjachaja linija - Telekom, 266 s.
4. Rajkov A.N. (2006) Semantika jelektronного vzaimodejstviya organov vlasti // Informacionnye i telekommunikacionnye tehnologii, № 3, s. 46 – 52.
5. Rajkov A.N., Loginov E.L., Efremov D.N. (2014) Obrazovatel'no-nauchno-proizvodstvennaja set' kak sistemoobrazujushhij i konvergentnyj faktory v infrastrukture informacionного obshhestva // Informacionnoe obshhestvo, № 2, s. 17-26.

Райков Александр Николаевич, д.т.н., профессор, действительный государственный советник Российской Федерации 3 класса, Лауреат премии Правительства Российской Федерации в области науки и техники, ведущий научный сотрудник Института проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН, профессор МИРЭА – Российского технологического университета (alexander.n.raikov@gmail.com)

ORCID: 0000-0002-6726-9616

Жабинская Валерия Павловна, кандидат сельскохозяйственных наук, Министерство культуры Белгородской области, консультант (vallon@mail.ru)

Перескоков Илья Сергеевич, младший научный сотрудник Института проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН (pereskokov@phystech.edu)

Табакон Кирилл Викторович, младший научный сотрудник Института проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН (tabakov2002@mail.ru)К.В.

Ключевые слова

Архитектурный подход, наука, когнитивное моделирование, коллаборации, цифровые информационные системы, эталонная модель

A.N. Raikov, V.P. Zhabinskaya, I.S. Pereskokov, K.V. Tabakov. Integrated information system in the sphere of science to support interdisciplinary collaborations

Keywords

Architectural approach, cognitive modelling, collaborations, science, digital information systems, reference model

DOI: 10.34706/DE-2022-03-04

JEL classification: O30 C02 Математические методы; M15 Управление информационными технологиями; O32 Управление технологической инновацией: научно-исследовательская работа и технологии

Abstract

There has been a steady growth in demand for innovative products, which is the result of joint scientific, educational, and industrial activities. The growing trend of improving the quality of innovative products through the integration of disparate information systems in science, education and production is shown. An analytical review of publications on integration and ensuring the interoperability of information systems has been carried out. At the same time, attention was focused on the possibility of mathematical modelling to optimize the allocation of resources in the design of integrated information systems. It was shown the need to create an appropriate digital integrated system in science to ensure the adequacy of scientific products to the needs of the real sector of the economy and the global market. The need to ensure effective interaction between public authorities and scientific, educational, and industrial structures was considered. The position is substantiated that the existing technological heterogeneity of the created information systems, which unite the interdisciplinary scientific, technical and technological potential of scientists and specialists, academic and research institutes, requires the use of modern approaches to the integration of information systems and optimization of resource allocation, ensuring their semantic interoperability, development of appropriate hardware, information and linguistic support. It is proposed to use an architectural approach to optimize the choice of the main directions for the development of digital solutions based on cognitive modelling. An example of building a reference model of scientific activity in the agreements of an architectural approach to the design of digital information systems is shown.