

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ КОЛЛЕКТИВНОГО НАУЧНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ

Бирин Д. С.¹, Валиев И. А.²
(ФГБУН Институт проблем управления
им. В.А. Трапезникова РАН, Москва)
Храмченкова Е. С.³,
(НИТУ МИСИС, Москва)

В статье проведен анализ информационных и аналитических систем, используемых для поддержки коллективной научной деятельности. Поставлен вопрос ускорения и улучшения целенаправленности коллективной научной. Показано, что современные информационно-аналитические системы в области научной деятельности основной акцент делают на информационно-справочном обеспечении, включая проведение анализа ретроспективной информации с применением систем искусственного интеллекта; много внимания уделяется процедурам регистрации документов, техническим аспектам разработки средств коммуникации и техническому обеспечению. Отмечено, что современный подход к проектированию информационных систем слабо учитывает саму научную специфику работы ученых, которая характеризуется высокой неопределенностью целей и путей проведения исследования, их высокую мыслительную и эмоциональную нагрузку, которая не поддается формализации и представлению в виде компьютерных моделей. Для снятия имеющихся ограничений в работе предлагается делать сборку информационных и аналитических систем для поддержки коллективных научных исследований из уже имеющиеся технологий сетевых экспертных процедур, проведения целенаправленных сетевых стратегических бесед в ситуационных центрах. При этом отмечено, что сборка технологий может быть осуществлена таким образом, что будет обеспечена ускоренная сходимость процессов коллективного научного творчества к поставленным целям, которые на первых этапах реализации научных проектов неточны. Это особенно важно для фундаментальных исследований. Отмечена практическая апробация предлагаемых для использования технологий на примерах из смежных отраслей деятельности.

Ключевые слова: научное исследование, проектный коллектив, сетевые экспертные процедуры, стратегические беседы, ускорение, целенаправленность.

¹ Денис Сергеевич Бирин, математик (denliot30@gmail.com).

² Валиев Ирек Альбертович, математик

³ Храмченкова Екатерина Сергеевна, инженер-программист 1-ой категории (hramchenkovaes@yandex.ru).

1. Введение

В настоящее время любая научная организация постоянно развивает среду информационного обеспечения своей научной деятельности. Как правило, в состав этих работ входят такие процессы, как:

- накопление, хранение и предоставление информации о результатах научной деятельности каждого исследователя;
- поддержка информации о публикациях в России и за рубежом и их цитируемости;
- обеспечение творческого взаимодействия различных участников исследовательских проектов, включая внешних;
- сборка проектных команд для проведения научных исследований с размещением информации о потребности в специалистах;
- обеспечение обмена научно-технической и наукометрической информацией между участниками и др.

Вместе с тем такой типовой список процессов не гарантирует успешность исследования, особенно если это исследование носит фундаментальный характер. Во многом это связано с вполне естественной для научных исследований неопределенностью целей, хаотичностью исследования, отсутствием необходимых специалистов и специализированной методики, которая позволила бы обеспечить целенаправленность научных процессов при реализации отдельных проектов. Для обеспечения такой целенаправленности требуется соответствующее управление ресурсами, как материальными, так и интеллектуальными, при реализации каждого научного проекта.

2. Задачи управления научными ресурсами

Основные функциональные задачи, решение которых в системах управления ресурсами научной организации могло бы способствовать повышению целенаправленности научной деятельности этой организации, могут включать:

- исследование потребностей рынка для повышения востребованности в результатах научной деятельности;
- развитие функционала для сокращения затрат на научные коммуникации и внедрение научных услуг;
- аналитическая обработка данных с применением интеллектуальных информационных технологий (искусственного интеллекта);
- разработка и использование специальных методик для повышения целенаправленности коллективной научной деятельности и др.

Основными модулями систем управления ресурсами для реализации подобных функций могут быть такие, как:

- маркетинг рынка и потребностей реального сектора экономики;
- поддержка целенаправленных мозговых штурмов;
- мониторинг нормативного обеспечения, стандартов и руководств;
- сегментированное управление информационными потоками;
- обеспечение научных коммуникаций;
- эффективная научная логистика;
- управление персоналом и др.

Рынки, на которых может позиционироваться типовая система управления ресурсами научной организации могут включать:

- государственный и муниципальный сектор;
- наука и образование;
- розничная торговля;
- строительство и коммунальное хозяйство;
- здравоохранение;
- телекоммуникации;
- автомобилестроение, высокие технологии, электроника;
- химическая и фармацевтическая промышленность;
- нефте- и газодобывающий комплекс.

Примерами внедрения систем управления ресурсами для использования в научной организации могут быть:

- система целеполагания в ситуационных центрах развития [4];
- системы коллективного интеллекта и сетевых экспертиз [6]
- управление материальными потоками как составная часть логистики, интегрированная с системой контроля и бюджетирования;
- администрирование, планирование персонала в полном объеме (планирование должностей, набор научных сотрудников, профессиональный рост, командировки и пр.);
- информационная поддержка реализации правительственных научных программ;
- управление недвижимым имуществом и др.

Сроки обучения, освоения и внедрения подобных систем – не менее одного года. Для обеспечения высокой целенаправленности проведения коллективных научных исследований в организации требуется, прежде всего, обеспечить поддержку процессов самого целеполагания научной деятельности, и, главное, повысить мощность средств анализа проблем и синтеза научных решений.

3. Обеспечение целенаправленности научной деятельности

В научной деятельности целеполагание имеет свои отличительные особенности, такие как: неопределенность целей и возможностей, индивидуальная научная замкнутость ученых, рискованность, зависимость от потребностей рынка, ограниченность ресурсов и др. При коллективном целеполагании могут быть использованы проверенные практикой технологии творческой коллективной деятельности, например, в бизнесе. Это могут быть стратегические беседы, конвергентные мозговые штурмы. Так, с учетом работы [4], проведение стратегических научных бесед с включением процедур целеполагания могут осуществляться на основе использования методов:

- стратегического планирования, синтеза целей и анализа путей их достижения;
- компьютерного моделирования с построением стратегического прогноза;
- эволюционных вычислений, обеспечивающих возможность осуществлять моделирование на основе видения будущего при отсутствии данных из прошлого;
- решения некорректных задач в топологических пространствах, теории катастроф;
- латентного синтеза решений [1];
- маркетинговых исследований, проведения фокус-групп и глубинных интервью и др.

Типовой порядок проведения стратегической беседы включает следующие этапы:

- предварительное формирование иерархии целей и задач;
- выявление внешних и внутренних факторов, характеризующих проблему;
- формулирование перечня препятствий и ограничений;
- формирование перечня перспективных направлений исследований;
- подготовка плана действий.

В стратегической научной беседе могут принять участие десятки ученых. Она может проводиться в трех режимах:

- локально при нахождении участников в одном помещении;
- распределенно, в виде вебинара, причем участники могут быть из разных стран;
- смешанный режим.

Проведение стратегических бесед и целенаправленное научное обсуждение вопросов может иметь длительный характер, например, продолжаться несколько лет. При этом формируются лидеры, научные группы делятся и сливаются, в обсуждение включаются новые ученые и пр. Процесс может включать несколько стадий:

- на самой *начальной* стадии группа еще не обозначена. На этой стадии начинает происходить генерация и согласование индивидуальных целей участников;

- *ранняя* стадия – это время исследования проблемы. Участники ищут свое место в группе, пытаются понять свой интерес, определяют целевую и функциональную направленность деятельности себя и группы;
- на *переходной* стадии происходит проработка рисков, тревоги, конфликтности и др. Здесь важны интеллектуальные информационные технологии для оценки плодотворности согласовательного процесса;
- на *рабочей* стадии может достигаться согласие участников относительно целей и путей их достижения. На этой стадии проявляются лидер и модераторы;
- на *заключительной* стадии происходит выход из состояния групповой работы.

При этом выделяются процессы анализа научных проблем и синтеза научных решений.

4. Поддержка процессов анализа научных проблем и синтеза решений

Научные проблемы, особенно на первых этапах своего решения, отличаются большой неопределенностью и слабой формализуемостью. Поэтому аналитическая компонента может иметь характер аналитической системы, используемой в гуманитарной, дипломатической, политической и иных проблемных областях, обладающих такими же особенностями.

Обобщенный анализ подобных систем позволяет составить достаточно емкий список их возможностей для поддержки научной деятельности. Это в основном системы, базирующиеся на обработке больших данных и технологиях искусственного интеллекта. Такой список может включать позиции по реализации следующих функций:

- поддержка процессов стратегического анализа, включая маркетинг;
- исследование потребностей секторов экономики в научных услугах и наукоемких продуктах (например, сквозных цифровых технологиях [3,9]);

- чистка «грязных» данных [5], устранение «лакун данных»;
- выявление адекватности ситуации и моделей (верификация) [7];
- оценка и повышение качества данных, в частности, для использования при машинном обучении;
- адекватное реагирование на сложные события и явления;
- автоматическое выявление неявных ассоциаций между событиями;
- исследование причин появления неожиданного результата;
- выявление факторов, инициирующих новое поведение объекта;
- быстрое аннотирование, автоматизированная подготовка справок.

При этом аналитическая система должна поддерживать работу на нескольких языках, включая обеспечение автоматического перевода (в раках имеющихся на сегодняшний день ограничений).

Рассмотрим теперь вопрос синтеза научных решений. Творческий процесс обычно реализуется с недостаточно ясными научными целями, к которому предъявляются требования обеспечения ускоренного их достижения. В таком процессе группе ученых необходимо обеспечить целеполагание и постановку задачи исследования, принятие согласованного коллективного решения, разрешить множество противоречивых ситуаций. В процессе коллективного творчества участники могут вести себя эмоционально, хаотически, разнонаправленно, не всегда осмысленно.

Группа ученых, участвующих в научном проекте, может быть малая (до 4-5 человек), средняя (от 6 до 12 человек) и большая (более 12 человек). Творческие процедуры, сопровождающие группу, характеризуются такими особенностями, которые далеко не всегда могут быть формализованы и представлены в виде четких схем, например:

- использование плохо определенных понятий;
- наличие беспричинных событий и явлений;

– междисциплинарность и др.

Формально-логический подход оперирует не понятиями, а утверждениями, представляемыми в виде логических формул, аксиом, правил вывода. Однако логическая репрезентация мыслей и чувств недостаточна для моделирования научных умозаключений человека, поскольку при символьном представлении эмоции сама эмоция, естественно, в компьютерную модель не попадает.

Творческий процесс подразумевает оперирование не только формализуемыми знаниями и опытом ученого, но и его неформализуемыми мыслями и чувствами. Учитывая, что цели и пути исследования, особенно фундаментального, плохо определены, и творческий процесс происходит в основном в когнитивной области сознания, не поддающейся формализации, синтез научных результатов с помощью информационных систем поддержки решений должен осуществляться косвенно.

Например, для этого в работе [8] для подобных процессов предлагается соответствующий конвергентный подход, основанный на использовании генетических алгоритмов применительно к обработке когнитивных моделей. Такой подход основан на методах решения обратных задач на топологических пространствах (Рис. 1)



Рис. 1. Творческий научный процесс как решение обратной задачи

Представление научного процесса в виде решения обратной задачи на слабо формализуемом пространстве мыслей, понятий, эмоций позволяет:

- обрабатывать данные, которые не вписываются в ограничения метрических пространств, и, соответственно, учитывать в расчетах неформализуемые понятия;
- за счет использования генетических алгоритмов выстраивать различные пути достижения неточно сформулированных целей научного исследования;
- проводить исследования и синтезировать научные результаты при их слабой обусловленности ретроспективной информацией, хранящейся в больших данных и др.

Вместе с тем, в любом случае участники исследовательской группы нуждаются в высококачественном информировании.

5. Интеллектуальное информирование ученых

Исследователям различного уровня управления и реализации научно-исследовательского процесса должна представляться всеобъемлющая, своевременная и достоверная информация для исследования в контексте решаемой проблемы, точной оценки текущего состояния решения этой проблемы в различных странах и на разных языках.

Должна быть обеспечена систематизация поступающей информации согласно востребованности и компетенции. Эта систематизация может осуществляться на основе релевантных тематических классификаторов. По каждой теме на экран монитора могут предоставляться различные разрезы информации: «Текущая ситуация», «Проблемы», «Дискуссии», «Актуальность», «Прогноз», «Предложения и Рекомендации». Используется когнитивная графика. Информация может быть различных типов, например: библиотечная, патентная, статистическая; социологическая; СМИ; экспертная.

Режимами представления информации могут быть: оперативный (мониторинг), плановый и экстренный. В оперативном режиме должна быть обеспечена возможностью обратиться, при необходимости, к исходным данным, к первоисточнику (дринлинг). В плановом режиме осуществляется подготовка доклада,

отчета и пр., согласно заранее утвержденного плана или поручения. В экстренном режиме информирование исследователей осуществляется вне планового распорядка.

Должна формироваться также агрегированная, оценочная и прогнозная информация на основе анализа данных, поступающих от научных и рыночных источников. Организацию потоков информации и их предварительную аналитическую обработку в организации может осуществлять, например, специально созданный для этих целей информационно-аналитический центр. В этом центре организуется анализ ситуации в целом по проблеме, автоматизировано сопоставляются различные потоки данных, выявляются неявные сведения в больших массивах информации, строятся компьютерные модели, организуются маркетинговые исследования, а также организуются экспертные процедуры.

Экспертные процедуры используются для оценки информации о проектах, объектах, событиях, показателях и пр., имеющей высокую неопределенность и не имеющую количественного выражения, например, статистической базы. Экспертные процедуры преимущественно проводятся в сетевом режиме [2]. Для этого формируется реестр экспертов с учетом сфер деятельности органа власти, определяется регламент запросов и получения комментариев экспертов, организуется аналитическая обработка результатов опроса и подготовка предложений. Экспертные процедуры могут также использоваться в оперативном режиме. Для попадания в Реестр экспертов проводится соответствующая аттестация.

Должна быть обеспечена работа экспертно-аналитической системы, позволяющей:

- организовать сообщества экспертов;
- автоматизировано подбирать экспертов;
- быстро выбирать метод проведения экспертизы;
- готовить запросы экспертам с вопросами, показателями и шкалами с учетом выбранного метода;
- обеспечивать ведение реестров экспертов;
- обосновать проекты решений на основе компьютерного моделирования и др.

6. Семантическая интерпретация данных

Чтобы данным придать смысловое содержание требуется проведение их семантической интерпретации, прежде всего текстовых сообщений и неструктурированных информационных ресурсов. Методическое и программное обеспечение такой семантической интерпретации может включать:

- реализацию морфологического, синтаксического и логического анализа неструктурированных информационных ресурсов;
- построением частотных гистограмм терминов в текстах;
- ведение семантического профиля пользователей и экспертов в виде гистограмм и фреймов;
- автоматизированное формирование и актуализация тематических онтологий.

При этом онтологии являются необходимым инструментом для создания сложных моделей знаний в многослойной семантической среде. Онтологии помогают представить взаимодействие сущностей решаемых проблем, в том числе выполнения операций семантической интероперабельности: объединения, отражения, оценивания и верификации знаний. Статистические распределения терминов в текстах предназначены для отражения отличительного смысла наборов текстов. Слова, отражающие главное в публикации, могут лежать в некоторой полосе частот, расположенной ближе к центру частотного интервала.

Лингвистическое обеспечение семантической интерпретации может быть реализовано в составе словарной подсистемы, которые должны выполнять следующие функции:

- хранение морфологических, семантических индексов слов;
- хранение правил синтаксического разбора;
- хранение связей слов и их иерархий;
- построение лингвистических архетипов с помощью интеллектуальных роботов;
- формирование синтактико-семантических трансформаций аналитических запросов пользователей и др.

- поиск источников развития событий, прогнозирование проблемных ситуаций с применением когнитивного моделирования и др.

Как было отмечено выше, целенаправленность научного исследования, особенно прикладного, во много определяется пониманием потребностей рынка. Для этого необходимо создание соответствующей маркетинговой системы.

7. Маркетинговая система

Для оценки востребованности результатов научных исследований требуется создание соответствующей аналитической маркетинговой системы, типа упомянутой выше системы оценки востребованности секторов экономики в наукоемких цифровых технологиях [9]. Такая система должна обеспечить всеобъемлющий анализ потребностей глобального рынка продукции и услуг на основе обработки неструктурированных данных, причем как на русском, так и на других языках (далее по тексту – Система).

Система поможет обосновывать идеи, концепции, стратегии, доктрины, научные программы по стране в целом, отдельным отраслям и видам деятельности. Она нужна для сбора и обработки информации о процессах в экономике, промышленности, социальной и технологической сферах. Она должна отслеживать потребности в научных разработках при реализации функций и задач, которые исполняются в органах государственной власти, органах местного самоуправления, в промышленности, бизнесе, системе образования и др., таких как:

- мониторинг качества услуг в сфере управления недвижимым имуществом и интеллектуальной собственности;
- оценка результативности проектов и программ на основе показателей качества жизни;
- снижение ущерба при возникновении чрезвычайных ситуаций;
- оценка безопасности населения в зонах жизнедеятельности;
- оптимальное распределение запасов ресурсов и др.

Одновременно, Система реализует следующие возможности:

- очистка и заполнение лакун в больших данных;
- настройка на данные из различных источников;
- реагирование на сложные события, включая неявные;
- выявление в текстовых базах данных скрытых ассоциаций;
- упреждающее прогнозирование проблемных ситуаций;
- оценка качества информации, используемой в машинном обучении;
- автоматизированная подготовка справок.

Приведенный список может быть развит для различных научных применений. Например, на основе анализа блогосферы могут проверяться следующие гипотезы:

- существуют параметры активности блогеров, отличающихся научной активностью;
- существуют характеристики текстовой динамики наукоемких постов;
- форумы с обсуждением презентаций научных постов и др.

Интерес может представлять выявление содержательной взаимосвязи различных сообщений с научным содержанием и их авторов. При это могут быть реализованы следующие возможности:

- составление общей картины связей между участниками;
- выявление взаимосвязи между деятельностью авторов сообщений и конкретными экономическими, технологическими и рыночными событиями;
- распознавание устойчивых научных коллабораций.

Для реализации этих возможностей используется соответствующее методическое и программное обеспечение обработки данных с применением технологий искусственного интеллекта.

При этом требуется обеспечить:

- высокую достоверность результатов обработки данных;
- построение имитационных и когнитивных моделей для поддержки решения задач, отвечающих на вопросы: «Что будет, если ...?»;

- проверку гипотез;
- выявление новых идей и др.

Для создания Системы необходима многопрофильная команда. К разработке системы необходимо привлечь, как минимум: философов, математиков, маркетологов, социологов, экономистов, филологов, физиков, культурологов, программистов, дизайнеров, психологов, когнитологов.

8. Заключение

Существующие в настоящее время системы информационного обеспечения научной деятельности в основном обеспечивают ученого широким спектром релевантной информации и средствами ее аналитической обработки. Однако эти системы обычно не включают модули поддержки ускорения коллективного научного творчества, которое не вписывается в узкие рамки логико-формальных процедур.

В настоящей работе рассмотрены различные компоненты информационных систем, которые позволяют ускорять коллективные процессы обсуждения, анализа и принятия научных решений. Для этого предлагается использовать уже разработанные для иных проблемных областей технологии сетевых экспертных процедур, включая показавшую высокую эффективность при построении отраслевых стратегий специализированную технологию проведения сетевых стратегических бесед в ситуационных центрах развития.

Литература

1. БУГАЕВ А.С., ЛОГИНОВ Е.Л., РАЙКОВ А.Н., САРАЕВ В.Н. *Латентный синтез решений // Экономические стратегии*. – 2007. № 1, – С. 52 - 60.
2. ГУБАНОВ Д.А., КОРГИН Н.А., НОВИКОВ Д.А., РАЙКОВ А.Н. *Сетевая экспертиза*. 2-е изд. / Под ред. чл.-к. РАН Д.А. Новикова, проф. А.Н. Райкова. – М.: Эгвес, 2011. – 166 с.
3. ЕРШОВА Т.В., РАЙКОВ А.Н., ХОХЛОВ Ю.Е. *Система мониторинга потребностей отраслей экономики в цифро-*

вых платформах и технологиях//Информационное общество. 2020. – №2. – С. 2-17. <http://infosoc.iis.ru/article/view/460> (дата обращения: 16.05.2021).

4. *Стратегическое целеполагание в ситуационных центрах развития* / Под ред. В.Е. Лепского, А.Н. Райкова / Авторский коллектив: Авдеева З.К., Зацаринный А.А., Журенков Д.А., Ильин Н.И., Колин К.К., Лепский В.Е., Малинецкий Г.Г., Райков А.Н., Савельев А.М., Сильвестров С.Н., Славин А.Б., Славин Б.Б. – М.: Когито-Центр, 2018. – 320 с.
5. Dirty Data. <https://www.techopedia.com/definition/1194/dirty-data> (дата обращения: 16.05.2021).
6. GUBANOV, D., KORGIN, N., NOVIKOV, D., RAIKOV, A. *E-Expertise: Modern Collective Intelligence*. Springer. Series: Studies in Computational Intelligence, – Vol. 558, 2014, XVIII, – 112 p. 2
7. RAIKOV A.N., AVDEEVA Z., AND ERMAKOV A. *Big Data Refining on the Base of Cognitive Modeling*. Proceedings of the 1st IFAC Conference on Cyber-Physical&Human-Systems, Florianopolis, Brazil. 7-9 December, 2016. – pp. 147-152. 7 <http://dx.doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.12.205>
8. RAIKOV A.N., PANFILOV S.A. *Convergent Decision Support System with Genetic Algorithms and Cognitive Simulation*. Proceedings of the IFAC Conference on Manufacturing Modelling, Management and Control, MIM'2013, Saint Petersburg, Russia, June 19-21, 2013. – pp. 1142-1147. 8 <http://dx.doi.org/10.3182/20130619-3-RU-3018.00404>
9. RAIKOV, A.N., ERMAKOV, A.N., AND MERKULOV, A.A., *Assessments of the Economic Sectors Needs in Digital Technologies*, Lobachevskii Journal of Mathematics, 2019, Vol. 40, No. 11, – pp. 1837–1847. Pleiades Publishing, Ltd. 4 [Doi: http://doi.org/10.1134/S1995080219110246](http://doi.org/10.1134/S1995080219110246)

INFORMATION SUPPORT SYSTEM FOR COLLECTIVE SCIENTIFIC RESEARCH

Denis Birin, Institute of Control Sciences of RAS, Moscow, mathematician (denliot30@gmail.com)

Irek Valiev, Institute of Control Sciences of RAS, Moscow, mathematician (valiev@phystech.edu)

Ekaterina Khramchenkova, NUST MISIS, software engineer of the 1st category (hramchenkovaes@yandex.ru)

Abstract: The paper address the information and analytical systems used to support collective scientific activities. The question of accelerating and improving the purposefulness of the collective scientific research has been raised. It is shown that modern information and analytical systems in the field of scientific activity focus on information and reference support, including the analysis of retrospective information using artificial intelligence systems; much attention is paid to document registration procedures, technical aspects of the development of communication tools and technical support. It is noted that the modern approach to the design of information systems weakly takes into account the very scientific specifics of the work of scientists, which is characterized by a high uncertainty of the goals and ways of conducting research, their high mental and emotional load, which does not lend itself to formalization and representation in the form of computer models. To remove the existing restrictions in the work, it is proposed to assemble information and analytical systems to support collective scientific research from the existing technologies of network expert procedures, conduct purposeful network strategic conversations in situational centers. At the same time, it was noted that the assembly of technologies can be carried out in such a way that the accelerated convergence of the processes of collective scientific creativity to the set of goals, which are inaccurate at the first stages of the implementation of scientific projects, will be ensured. This is especially important for basic research. The practical approbation of the technologies proposed for use is noted on examples from related industries.

Keywords: acceleration, focus, project team, network expert procedures, scientific research, strategic conversations.

УДК 004.8 + 004.9

ББК 30ф

*Статья представлена к публикации
членом редакционной коллегии ...заполняется редактором...*

Поступила в редакцию ...заполняется редактором...

Опубликована ...заполняется редактором...