

Проблема формирования согласованной целевой гипотезы в мультидисциплинарных коллаборациях: системный анализ и ограничения технической интеграции

В.Н. Добрынин, В.В. Кореньков, И.А. Филозова, Т.Н. Заикина

Аннотация— Обсуждается проблема формирования согласованной целевой гипотезы как фундамента успешной совместной работы в крупных научных коллективах. Коллаборация рассматривается как «система систем», где каждая дисциплина оперирует в рамках своего частного смыслового пространства. Показано, что распространенные технические решения интеграции решают проблему доступа к данным, но не преодолевают семантические и методологические разрывы между дисциплинами, препятствуя выработке единого понимания цели и средств ее достижения. Формирование согласованной целевой гипотезы обосновывается как самостоятельная комплексная задача системного анализа, требующая разработки специализированных моделей и алгоритмов интеллектуальной поддержки решений, ориентированных на семантическую интеграцию и фасилитацию когнитивных процессов в распределенных командах исследователей.

Ключевые слова—система систем (System of Systems, SoS), смысловые разрывы, согласованная целевая гипотеза (СЦГ), частное смысловое пространство (ЧСП).

Статья получена 4 июня 2026.

Владимир Николаевич Добрынин, кандидат технических наук, профессор Государственный университет «Дубна», Институт системного анализа и управления, кафедра системного анализа и управления (Россия, 141980 г. Дубна Московской обл., ул. Университетская, 19), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9770-2695>, e-mail: arbatsolo@yandex.ru.

Владимир Васильевич Кореньков, доктор технических наук, профессор, научный руководитель Лаборатории информационных технологий им. М.Г. Мешерякова ОИЯИ (Россия, 141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6); заведующий кафедрой «Распределенные информационно-вычислительные системы» Государственного университета «Дубна» (Россия, 141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская, 19), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2342-7862>, e-mail: korenkov@jinr.ru.

Ирина Анатольевна Филозова, кандидат технических наук, начальник Группы развития и сопровождения информационных систем общеинститутского назначения Лаборатории информационных технологий Объединенного института ядерных исследований (Россия, 141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6); старший преподаватель Государственного университета «Дубна», Институт системного анализа и управления, кафедра системного анализа и управления (Россия, 141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Университетская, 19), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3441-7093>, fia@jinr.ru.

Татьяна Николаевна Заикина инженер-программист 1 категории Лаборатории информационных технологий Объединенного института ядерных исследований (Россия, 141980, г. Дубна, Московская обл., ул. Жолио-Кюри, 6), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0805-7995>, ztanya@jinr.ru.

I. ВВЕДЕНИЕ

Современная наука сталкивается с качественным усложнением объектов исследования. Моделирование климата, разработка персонализированной медицины, создание автономных киберфизических систем и исследование фундаментальных свойств материи — эти задачи носят комплексный и трансдисциплинарный характер. Их решение требует объединения специалистов с разными онтологиями, методологиями, языками и критериями доказательности. Мультидисциплинарные коллаборации становятся доминирующей формой организации научного знания, что подтверждает как государственная политика, так и практика мегапроектов [1]–[3].

Накопленный опыт выявляет парадокс. Беспрецедентное развитие информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), систем хранения, платформ совместной работы и вычислительных инфраструктур не сопровождается адекватным ростом эффективности коллективного интеллектуального труда. Разрыв между техническими возможностями и реальной результативностью мышления фиксируется в науковедении, социологии науки и системной инженерии [3]–[5].

Преобладающие подходы к организации мультидисциплинарных проектов ориентированы на техническую интеграцию: распределенные репозитории, стандартизация форматов, ETL-процессы, каталоги метаданных. Эти решения устраняют барьеры доступа к данным, но не поддерживают когнитивные процессы, лежащие в основе совместного научного поиска. Как подчеркивается в [4], наличие данных и инфраструктуры не означает общего понимания их смысла.

Главная проблема — формирование согласованной целевой гипотезы (СЦГ) в мультидисциплинарных коллаборациях — остается недостаточно формализованной. СЦГ — это разделяемое участниками видение проблемы, целей, ключевых допущений и принципов проверки результатов. В отличие от частных дисциплинарных гипотез, СЦГ носит мета-уровневый характер и определяет архитектуру всей совместной деятельности.

Начальные стадии целеполагания и согласования гипотез в наибольшей степени определяют траекторию и результативность проекта [6], [7]. Ошибки и противоречия на этом этапе не устраняются последующими мерами, а усиливаются. В мультидисциплинарных коллаборациях острота проблемы возрастает, поскольку каждый участник действует в своей дисциплинарной картине мира.

Для адекватного анализа предлагается рассматривать коллаборацию не как совокупность исследователей, а как «систему систем» с операционной и управленческой автономией компонентов, эволюционным развитием и эмерджентным поведением [6], [7]. Ключевое понятие — частное смысловое пространство (ЧСП) коллектива: совокупность дисциплинарной онтологии, тезауруса, методологических принципов, критериев доказательности и неявного знания. Согласно [8], значительная часть экспертного знания не поддается полной формализации и передается через практику. Столкновение различных ЧСП в проектах неизбежно.

Взаимодействие автономных ЧСП порождает смысловые разрывы, не устранимые технической интеграцией. В статье анализируются онтологические разрывы (различия в определениях), разрывы гранулярности (несоответствие уровней описания), причинно-следственные разрывы (разные модели причинности) и эпистемические разрывы (доверие к «чужим» методологиям). Аналогичные проблемы описываются в социологии знания и STS-исследованиях [9], [10].

Формирование СЦГ не может быть побочным эффектом обмена данными. Это самостоятельная мета-задача, требующая системного анализа, специальных коммуникативных процедур и интеллектуальной поддержки. Тезис согласуется с концепцией «злых проблем» (wicked problems), где уточнение проблемы — часть ее решения [11].

Цель работы — системный анализ формирования СЦГ в мультидисциплинарных коллаборациях, выявление ограничений технологически ориентированных подходов и построение методологической базы для моделей и алгоритмов интеллектуальной поддержки. В отличие от частных инструментов управления знаниями, фокус сделан на ранних, концептуальных стадиях коллективного мышления, где формируются основания исследований и принимаются ключевые смысловые решения.

II. МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНАЯ КОЛЛАБОРАЦИЯ КАК ОБЪЕКТ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Системный анализ проблемы формирования согласованной целевой гипотезы требует предварительного уточнения объекта исследования. Под мультидисциплинарной коллаборацией понимается не просто совокупность специалистов из разных областей, а сложный социокогнитивный феномен. Международная научная коллаборация, например, коллективы таких организаций, как Объединённый институт ядерных исследований (ОИЯИ) и Европейская организация по ядерным исследованиям (ЦЕРН)

объединяет множество мультидисциплинарных коллективов (МК). Каждый МК представляет собой автономную группу исследователей, сохраняющую свое частное смысловое пространство. Введем разноаспектные определения мультидисциплинарности.

Определение 1 (системно-структурное). Мультидисциплинарность — форма организации, при которой множество дисциплинарно специализированных субъектов, сохраняя свою автономию, объединяются для решения общей задачи через координацию в общем смысловом пространстве [9]. В этом состоит отличие от междисциплинарности (заимствование методов) и трансдисциплинарности (создание новой парадигмы) [2], [15].

Определение 2 (функционально-операционное). Мультидисциплинарность — функциональный механизм согласования и синхронизации разнородных дисциплинарных вкладов в процессе решения общей задачи, обеспечивающий операционную совместимость данных, моделей, интерпретаций и решений [10].

Определение 3 (когнитивно-смысловое). Мультидисциплинарность — когнитивное состояние и процесс формирования общего смыслового пространства, в котором различные дисциплинарные картины мира переводятся, соотносятся и сопоставляются без редукции одной дисциплины к другой [12].

Определение 4 (управленческо-методологическое). Мультидисциплинарность — управляемый процесс коллективного познания и принятия решений, при котором противоречия между дисциплинами рассматриваются как ресурс развития знания и подлежат формализации, оценке и разрешению в рамках заданных критериев качества и ограничений [13].

Определение 5 (инженерно-технологическое). Мультидисциплинарность — свойство социотехнической системы принимать, интерпретировать, сопоставлять и оценивать разнородные дисциплинарные знания с обеспечением объяснимости, доверительности и согласованности результатов [14].

Представленные формулировки отражают различные, но взаимодополняющие аспекты одного и того же феномена. Системно-структурное измерение отвечает на вопрос «как устроена коллаборация?» и задает базовую архитектуру для описания взаимодействия автономных коллективов. Функционально-операционный аспект отвечает на вопрос «как она работает?» и описывает механизмы согласования данных, моделей и интерпретаций. Когнитивно-смысловой план отвечает на вопрос «как формируются общие смыслы?» и обосновывает необходимость преодоления разрывов между дисциплинарными картинами мира. Управленческо-методологический уровень отвечает на вопрос «как управлять противоречиями?» и задает принципы превращения дисциплинарных разногласий в ресурс развития знания. Инженерно-технологический срез отвечает на вопрос «как это поддержать технически?» и определяет требования к системам интеллектуальной поддержки,

включая обеспечение объяснимости, доверительности и согласованности результатов.

Важным свойством мультидисциплинарности является эмерджентность — возникновение у целостной коллаборации новых качеств и способностей, которыми не обладает ни один из составляющих ее коллективов в отдельности [6]. Согласованная целевая гипотеза не сводится к сумме частных дисциплинарных гипотез, а возникает как новое интегральное качество в процессе их взаимодействия и смыслового синтеза. Техническая интеграция данных и инфраструктур, сохраняющая автономию частных смысловых пространств, принципиально недостаточна для формирования СЦГ [4]. Эмерджентное целое требует не только соединения частей, но и порождения нового смыслового уровня.

Таким образом, мультидисциплинарность рассматривается одновременно как структура, функция, когнитивный процесс, объект управления и техническая задача, что соответствует сложности исследуемого феномена.

Для моделирования динамики таких коллабораций используем концепцию «системы систем» [6], [7].

Научная коллаборация как SoS демонстрирует операционную и управленческую независимость компонентов, их эволюционное развитие и возникновение нового поведения.

Внутренняя структура каждого компонента описывается понятием частного смыслового пространства — когнитивно-смысловой конструкции, интегрирующей онтологию и тезаурус дисциплины, методологические принципы, критерии доказательности, а также объем неявного знания, накопленного в практике [8], [16]. Согласно источнику [17], существенная часть экспертизы не вербализуема и передается через вовлечение в практику.

Взгляд с позиции SoS смещает фокус с управления отдельными учеными на управление взаимодействием смысловых систем. Задача формирования СЦГ предстает как первичная мета-задача системного анализа, направленная на создание общего концептуального пространства поверх автономных ЧСП [7].

Архитектура мультидисциплинарной коллаборации представлена на рисунке 1.

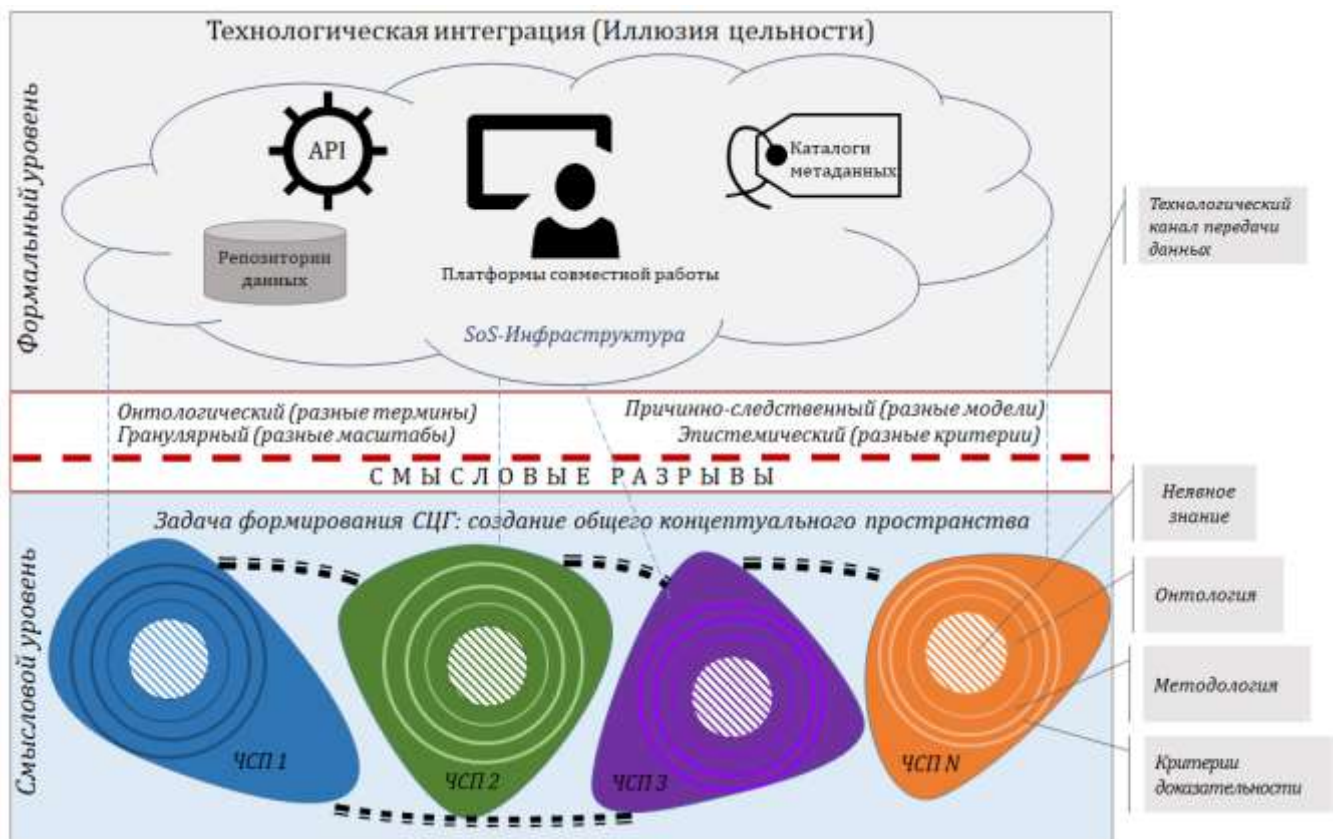


Рис. 1. Архитектура мультидисциплинарной коллаборации. Система систем и частные смысловые пространства.

Рисунок 1 иллюстрирует, что формирование согласованной целевой гипотезы — это мета-задача управления взаимодействием автономных ЧСП в рамках коллаборации как SoS, требующая выхода за пределы чисто технологической интеграции.

Следовательно, системный анализ коллаборации как SoS, состоящей из взаимодействующих ЧСП, задает теоретический фундамент для моделирования процесса целенаправленного формирования СЦГ как сложной

человеко-машинной деятельности.

В существующих коллаборациях общее смысловое пространство (включая целевые гипотезы) поддерживается преимущественно в «ручном», неформализованном режиме. Ключевые элементы коллективного смысла удерживаются в сознании экспертов и лидеров, согласование происходит через длительные обсуждения и работу экспертных комиссий, а передача опыта новым участникам требует значительных временных затрат [18]. Такой режим был

исторически оправдан, но в условиях роста масштабов данных, числа участников и усложнения научных задач он начинает выступать как системное ограничение, делающее необходимым переход к формализованным и технологически поддерживаемым механизмам коллективного мышления.

III. ОГРАНИЧЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНТЕГРАЦИИ В МУЛЬТИДИСЦИПЛИНАРНЫХ ПРОЕКТАХ

Из системно-структурного и когнитивно-смыслового измерений мультидисциплинарности вытекает ключевой вопрос: насколько эффективно традиционные средства технической интеграции справляются с задачей преодоления разрывов между частными смысловыми пространствами? Обратимся к функционально-операционному аспекту, чтобы выявить принципиальные ограничения «технологического императива» в мультидисциплинарных проектах.

Системный анализ коллаборации как взаимодействия ЧСП позволяет критически пересмотреть преобладающую парадигму интеграции — «технологический императив» (в работе [5] этот феномен также характеризуется как «инфраструктурная интеллектуализация» с акцентом на развитии вычислительных мощностей и систем хранения данных в ущерб смысловой координации), доминирующий в организации современных научных проектов [3], [19]. Этот подход фокусируется на развитии информационно-коммуникационной инфраструктуры (распределенные репозитории, API, ETL-процессы, каталоги метаданных) [19], [20].

Эти глубинные разногласия проявляются в форме устойчивых смысловых разрывов, сохраняющихся даже при высочайшей степени технической связности. Ключевые типы разрывов, возникающих на стыке различных ЧСП [16], [21], включают:

1. Онтологический разрыв. Различные дисциплины по-разному определяют, классифицируют и соотносят одни и те же сущности. Например, понятие «система», «устойчивость» или «риск» имеет принципиально различное концептуальное наполнение в физике, биологии, социологии и инженерии [21].

2. Разрыв гранулярности проявляется в несоответствии уровней анализа и описания. Данные, значимые и интерпретируемые на одном уровне (молекулярном, клеточном, организменном, популяционном), не имеют прямого и однозначного отображения на другом. Прямая агрегация данных без учета этого разрыва приводит к методологическим ошибкам, таким как экологическая ошибка или грубый

редукционизм [16].

3. Причинно-следственный разрыв выражается в различном понимании причинности. То, что в одной дисциплинарной парадигме рассматривается как прямая причина, в другой может трактоваться как условие, корреляция или следствие более широкого системного процесса. Согласование причинных моделей является одной из наиболее сложных задач при построении общей гипотезы [21].

4. Эпистемический разрыв (разрыв доверия) заключается в непрозрачности или недопонимании методологии получения, обработки и валидации данных «чужой» дисциплиной. Отсутствие доступа к неявному знанию, стоящему за этими процедурами, порождает скептицизм и недоверие к предоставленным данным и выводам [22]. Этот разрыв носит социально-когнитивный характер и напрямую связан с проблемами доверия в научных сообществах.

Природа перечисленных разрывов раскрывается через когнитивно-смысловую план мультидисциплинарности (определение 3 в разделе 1). Согласно этому плану, различные дисциплинарные картины мира должны быть переведены, соотнесены и сопоставлены без редукции одной к другой. Однако именно эту задачу (перевод и сопоставление смыслов) технические средства интеграции не решают. Они оперируют данными, а не смыслами, оставляя когнитивные разрывы непреодоленными.

Отдельно стоит отметить ценностно-методологический разрыв, связанный с различиями в приоритетах, убеждениях и внутренних критериях значимости результатов, принятых в разных дисциплинарных сообществах [23]. В отличие от эпистемического разрыва (как доверять чужим методам), ценностно-методологический разрыв касается вопроса «что считать важным и достойным исследования?».

На рисунке 2 проиллюстрировано противоречие между слоем технологической интеграции данных и сохраняющимися под ним фундаментальными смысловыми разрывами, которые эта интеграция не преодолевает. Несмотря на внешне бесшовный технологический слой, проект выстраивается на «разломах» смысловых нестыковок, что является главным барьером для выработки общей цели.

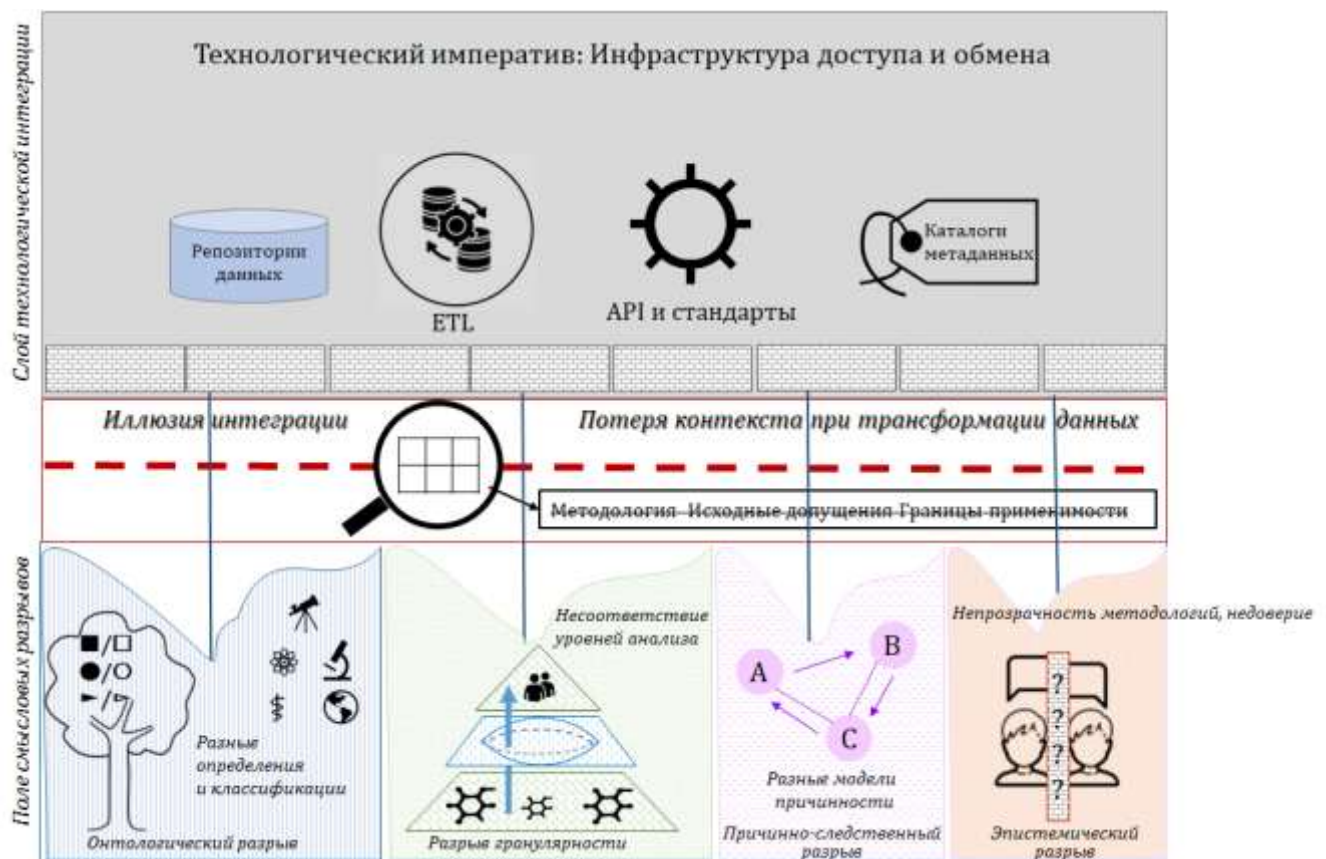


Рис.2. Пределы технологического императива. Смысловые разрывы сквозь призму информационной инфраструктуры

Таким образом, технологическая интеграция является необходимым, но недостаточным условием для формирования согласованной целевой гипотезы. Она создает важную инфраструктурную предпосылку, без которой совместная работа в современном масштабе невозможна, однако сама по себе не преодолевает барьеры, лежащие в плоскости значений, интерпретаций и доверия. Поэтому, проблема СЦГ должна быть перенесена из плоскости информационного менеджмента в плоскость когнитивно-смысловой координации, требующей целенаправленного системного анализа и специальных методов поддержки.

IV. ФОРМИРОВАНИЕ СОГЛАСОВАННОЙ ЦЕЛЕВОЙ ГИПОТЕЗЫ КАК ЗАДАЧА СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА

Как было показано выше, техническая интеграция не порождает эмерджентных свойств коллаборации, в частности, согласованной целевой гипотезы. Следовательно, необходим принципиально иной подход — системный анализ процесса формирования СЦГ. В рамках управленческо-методологического аспекта формирование СЦГ представляется как итеративный процесс экспликации, конфликт-анализа, концептуального синтеза и формализации, позволяющий сознательно управлять эмерджентностью.

Смысловые разрывы не устраняются технически, поэтому процесс формирования СЦГ требует пересмотра. Он перестает рассматриваться как стихийный или интуитивный результат коммуникации и предстает как первичная мета-задача системного анализа. Эта задача заключается в управляемом

создании общего смыслового коллективного ядра — интегральной когнитивной структуры, обеспечивающей согласование целей, критериев достоверности и способов интерпретации результатов. Согласованная целевая гипотеза является ключевым элементом ядра. Таким образом, формирование СЦГ выступает как центральная подзадача по отношению к более широкой задаче создания и поддержки общего смыслового коллективного ядра. В работе предлагается детальная декомпозиция данного процесса на последовательные, но итеративно связанные фазы, каждая из которых требует специфических аналитических и коммуникативных процедур [11], [25].

Фаза 1. Экспликация частных гипотез — перевод имплицитного знания каждого ЧСП в фиксированную форму: документирование целей, допущений, концептов и методологических границ. Трудность вербализации неявного знания [17], [26] требует специальных техник (протоколирование рассуждений, ментальные карты).

Фаза 2. Анализ конфликтов — систематическое выявление противоречий и зон синергии между эксплицированными позициями. Классификация конфликтов (терминологические, методологические, парадигмальные) [21], [24] позволяет выявлять не только прямые противоречия, но и скрытые семантические связи.

Фаза 3. Концептуальный синтез — поиск или создание нового общего концептуального пространства через переформулирование целей, построение мета-модели, нахождение пограничного объекта.

Фаза 4. Формализация и декомпозиция СЦГ —

перевод согласованной гипотезы в операциональную плоскость: декомпозиция на проверяемые утверждения, задачи, требования к данным и критерии успеха, формирование «дорожной карты» или структуры проекта, обеспечивающей трассируемость от общей гипотезы к действиям и результатам каждого участника [25].

Рисунок 3 демонстрирует процесс формирования СЦГ как итеративный цикл из четырех взаимосвязанных фаз системного анализа, отражая переход от выявления разрозненных позиций к созданию общей операциональной структуры.

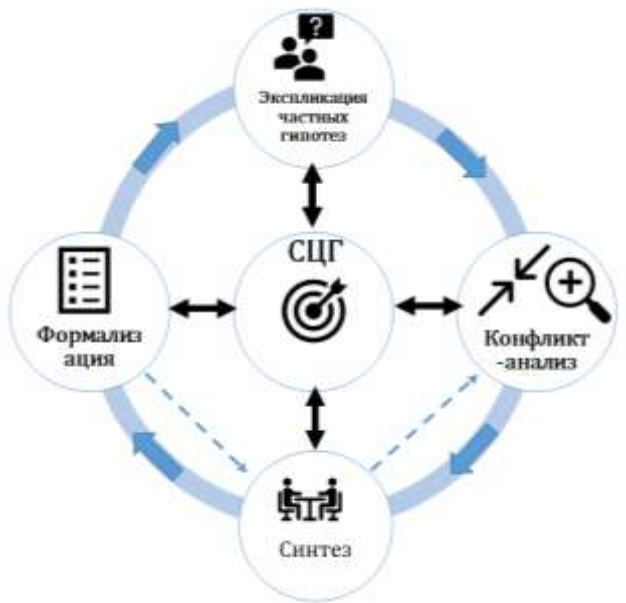


Рис.3. Системный цикл формирования СЦГ. От неявного знания к операциональной карте

Из данной модели вытекают требования к будущим системам интеллектуальной поддержки. Такие инструменты должны: 1) работать с естественно-языковыми, неструктурированными текстами (протоколы, статьи, описания методов); 2) обладать способностями к семантическому сопоставлению и выявлению скрытых связей между концептами из разных ЧСП; 3) поддерживать интерактивную визуализацию смысловых карт, областей конфликта и синергии; 4) предлагать возможные пути согласования (например, через выявление общих вышележащих категорий или аналогий); 5) обеспечивать трассируемость решений от общей гипотезы к частным задачам, что критически важно для поддержания динамического согласия в ходе долгосрочного проекта.

V. НАПРАВЛЕНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ФОРМИРОВАНИЯ СЦГ

Предложенная четырехфазная модель формирования СЦГ (экспликация, анализ конфликтов, концептуальный синтез, формализация) задает процесс, но оставляет открытым вопрос о его инструментальной поддержке. Ответ на этот вопрос находится в инженерно-технологическом измерении мультидисциплинарности, где определяется, какими свойствами должны обладать системы интеллектуальной поддержки, чтобы обеспечить объяснимость, доверительность и

согласованность результатов. Для восполнения этого пробела предлагается сфокусироваться на следующих перспективных исследовательских направлениях, лежащих на стыке системного анализа, когнитивных наук, компьютерной лингвистики и искусственного интеллекта [27], [28], [29], [31].

1. **Онтологическое инженерирование.** Для преодоления онтологического разрыва необходимы методы динамического выявления, согласования и эволюции концептуальных структур. Ключевые инструменты: интерактивное построение «мостиковых» онтологий, семантическое сопоставление через векторные представления слов и контекстные эмбединги [27], [32], [33], визуализация семантических ландшафтов.

2. **Анализ аргументации.** Для поддержки конфликт-анализа и переговоров необходимы инструменты автоматического извлечения структуры аргументации из текстов. Карты аргументов с тезисами, посылками и контраргументами [28], [33], [34] позволяют объективизировать точки несогласия.

3. **Системы смешанной инициативы и объяснимый искусственный интеллект (ХАИ).** Центральный принцип — алгоритмы как «когнитивные усилители», обрабатывающие большие объемы текстов и предлагающие гипотезы о семантических соответствиях [33]. Финальная интерпретация остается за человеком, что требует объяснимости (ХАИ) всех рекомендаций [31]. В более широком контексте поддержки коллективной деятельности такие механизмы могут быть реализованы в виде **объяснимого доверительного интерфейса (ОДИ)**, который не только предоставляет объяснения, но и учитывает роли участников, контекст задачи и обеспечивает прозрачность границ уверенности системы.

4. **Агентно-ориентированное моделирование.** Для исследования сценариев коммуникации и условий достижения консенсуса используются агенты с характеристиками различных ЧСП (консервативность, открытость, приоритеты целей) [30].

5. **Интеграция и новые роли.** Технические решения должны быть встроены в методологию поддержки коллабораций, что предполагает появление новых ролей таких как «инженер по онтологиям», «промпт-инженер научной коллаборации» [38].

На рисунке 4 показаны взаимосвязанные направления разработки интеллектуальных инструментов, которые в режиме человеко-машинного взаимодействия поддерживают ключевые фазы формирования СЦГ. Формирование СЦГ требует не автоматизации, а усиления человеческого интеллекта через синергию пяти направлений.



Рис.4. Интеллектуальная поддержка как человеко-машинный катализатор смысла

Инструменты выполняют три типа рутинных операций: 1) извлечение фактов и отношений из текстов, 2) сопоставление понятий из разных дисциплинарных корпусов, 3) фиксацию структуры аргументации в протоколах обсуждений. Высвобождаемое время и когнитивные ресурсы направляются на фазы, где участие человека критически важно — верификацию предложенных системой соответствий, разрешение неоднозначностей, выработку компромиссных формулировок. Диалог остается управляемым, поскольку система не подменяет ученых, а структурирует дискуссию, фиксирует принятые решения и трассирует их обоснование. Предложенные направления интеллектуальной поддержки не являются исчерпывающими, но задают ориентиры для разработки инструментов, способных сократить смысловые разрывы в мультидисциплинарных коллаборациях. Их практическая реализация, однако, сопряжена с рядом ограничений, которые рассматриваются ниже.

VI. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ, ОЖИДАЕМЫЕ ЭФФЕКТЫ И ОГРАНИЧЕНИЯ ПРЕДЛОЖЕННОГО ПОДХОДА

Разработанный концептуальный аппарат и контуры инструментов интеллектуальной поддержки формирования согласованной целевой гипотезы носят не только теоретический, но и прикладной характер. Их внедрение способно дать значимый эффект в тех областях, где сложность проблем, масштаб коллабораций и цена ошибки или неэффективности достигают экстремальных значений. Одновременно с этим реализация подхода сопряжена с комплексом методологических, организационных, технических и этических ограничений, которые необходимо осознавать и преодолевать.

А. Приоритетные области применения

Реализация систем интеллектуальной поддержки формирования СЦГ способна оказать наиболее значимое и быстрое воздействие в тех предметных областях, где мультидисциплинарность является не

просто подходом, а объективной необходимостью, а когнитивные и семантические барьеры несут прямые риски высокой стоимости как финансовой, так и социальной. К таким областям исследования относятся:

1. Фундаментальная физика и мегасайенс-проекты. Коллаборации в физике высоких энергий (например, на Большом адронном коллайдере в CERN, установках в ОИЯИ) или в астрофизике объединяют тысячи специалистов из десятков дисциплин — от теоретической физики и математики до инженерии ускорителей, разработки детекторов, анализа данных и радиационной безопасности [36]. Формирование гипотезы для нового эксперимента или интерпретация терабайтов данных требуют преодоления разрывов между языком абстрактных теорий поля, инженерными спецификациями и алгоритмами машинного обучения. Интеллектуальные системы могли бы визуализировать трассируемость от теоретического предсказания к требованиям чувствительности установки и протоколам анализа, выступая «семантическим клеем» мегапроекта.

2. Науки о жизни и персонализированная медицина. Создание комплексных моделей заболеваний (онкологических, нейродегенеративных, сердечно-сосудистых) требует интеграции данных и гипотез из геномики, протеомики, системной биологии, клинической медицины и эпидемиологии [35]. Инструменты онтологического согласования и анализа аргументации могли бы структурировать диалог между фундаментальными исследователями, открывающими новые биомаркеры, и клиницистами, оценивающими их клиническую значимость, способствуя формированию общей гипотезы для конкретного консорциума и ускорению трансляции знаний в практику.

3. Исследования изменения климата и устойчивого развития. Моделирование климатических сценариев и разработка стратегий адаптации — классический пример «злой проблемы», требующей совместных усилий климатологов (физические модели), экологов, экономистов, социологов и инженеров [11]. Преодоление смысловых разрывов между математическими моделями атмосферной циркуляции, экономическими оценками ущерба и социальными исследованиями уязвимости сообществ является критическим условием для выработки научно обоснованной и социально приемлемой политики.

4. Разработка сложных киберфизических систем. Проектирование автономных транспортных средств, «умных городов» или интеллектуальных производственных комплексов объединяет инженеров-механиков, специалистов по встроенным системам, разработчиков алгоритмов ИИ, экспертов по человеко-машинному взаимодействию и социологов. Формирование общей целевой гипотезы для такого проекта подразумевает согласование не только технических требований (производительность, надежность), но и этических принципов (безопасность, приватность, справедливость) и социальных критериев (принятие пользователями), что требует глубинного смыслового синтеза.

В. Ожидаемые системные эффекты от внедрения

Ожидаемые эффекты от внедрения инструментов интеллектуальной поддержки формирования СЦГ носят системный характер и могут быть сведены к нескольким ключевым группам:

1. Сокращение транзакционных издержек — уменьшение времени и ресурсов на преодоление непонимания на начальных стадиях проекта. Автоматизация анализа текстов и визуализация связей позволяют фокусироваться на содержательном синтезе.

2. Повышение качества и инновационности гипотез. Систематический учет дисциплинарных перспектив позволяет выявить три типа концептуальных ошибок, которые иначе остаются скрытыми: 1) ложное отождествление разных понятий, обозначаемых одним термином; 2) имплицитное использование несовместимых допущений; 3) распространение выводов, корректных на одном уровне описания, на другой уровень (ошибка несоответствия гранулярности). Выявление этих ошибок на стадии формирования гипотезы предотвращает их «врастание» в проект, когда устранение становится невозможным без пересмотра фундаментальных оснований.

3. Усиление трассируемости и воспроизводимости. Фиксация процесса формирования СЦГ создает «историю решений» и обеспечивает прослеживаемость от общей цели к частным задачам. В отличие от стихийной коммуникации, где «история решений» удерживается в памяти участников и утрачивается при смене состава, системная фиксация создает воспроизводимую цепочку от общей гипотезы к частным задачам и обратно.

4. Оптимизация коммуникативных процессов. Визуализация (семантические карты, графы аргументов) трансформирует хаотичный обмен мнениями в структурированный диалог. Участники видят не только свои позиции, но и их соотношение с позициями коллег, зоны согласия и конфликта. Это создает равные условия для вклада каждого участника, независимо от его дисциплинарной принадлежности.

С. Ключевые ограничения и вызовы

Рассмотрим ключевые ограничения предложенного подхода.

1. Методологический вызов: баланс между формализацией и креативностью. Основной парадокс заключается в том, что процесс формирования гипотез по своей природе нелинеен, интуитивен и опирается на неявное знание. Чрезмерная или преждевременная формализация через жесткие онтологии или структурированные шаблоны может «задушить» творческий поиск, навязав участникам неадекватные рамки [37]. Задача — создать инструменты, поддерживающие, а не заменяющие человеческое мышление, допускающие работу с неполными и противоречивыми моделями.

2. Социально-психологический вызов: принятие и доверие. Ученые могут скептически относиться к инструментам ИИ, предлагающим интерпретацию их профессионального дискурса. «Черный ящик», неспособный объяснить свои выводы, будет отвергнут

[31]. Поэтому принцип объяснимости является ключевым условием социальной приемлемости. Кроме того, инструменты не должны восприниматься как система тотального контроля, что может вызвать сопротивление и отторжение.

3. Технический вызов: масштабируемость и интеграция. Инструменты должны: а) масштабироваться на большие разнородные корпуса текстов на разных языках со специализированной терминологией; б) интегрироваться с существующей исследовательской ИТ-инфраструктурой (системы управления проектами, репозитории кода, платформы для совместной работы), а не создавать новый изолированный «остров»; в) обеспечивать безопасность и конфиденциальность предварительных и чувствительных данных.

4. Организационный вызов: новые роли и компетенции. Внедрение продвинутых систем поддержки потребует формирования новых профессиональных ролей, таких как «промпт-инженер научной коллаборации» — специалист, способный формулировать запросы к ИИ для кросс-дисциплинарного анализа и интерпретировать его выводы [38]. Это указывает на необходимость трансформации образовательных программ в сторону развития «гибридных» метакомпетенций.

5. Этический вызов: прозрачность и ответственность. Алгоритмы, влияющие на формирование научной гипотезы, должны разрабатываться и применяться с учетом этических норм: а) прозрачность предвзятости — модели могут унаследовать и усилить существующие в науке дисбалансы; б) четкое распределение ответственности — окончательная ответственность за сформулированную гипотезу должна оставаться за учеными-людьми.

Таким образом, реализация предложенного подхода к обеспечению интеллектуальной поддержки формирования СЦГ сопряжена с комплексом взаимосвязанных методологических, технических и социальных барьеров. Их преодоление требует не столько изолированных технологических прорывов, сколько целостной перестройки научной экосистемы — развития гибридных компетенций исследователей, формирования культуры доверия к человеко-машинному партнерству и внедрения этических стандартов, обеспечивающих прозрачность и ответственность. Только такой системный ответ позволит обеспечить качественный скачок в решении грандиозных комплексных проблем.

VII. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящее исследование представляет собой комплексный анализ фундаментальной проблемы, лежащей в основе эффективности современных мультидисциплинарных коллабораций, — проблемы целенаправленного формирования согласованной целевой гипотезы. Авторы исходят из ключевого парадокса современной науки, состоящего в том, что мощная технологическая инфраструктура сосуществует

с острым дефицитом средств смысловой координации. Для разрешения этого парадокса в работе предлагается система теоретических положений, обоснование критики технологического императива, процессная модель формирования СЦГ и практические ориентиры ее внедрения.

Основные выводы и научные результаты исследования заключаются в следующем.

Во-первых, разработан теоретический аппарат: мультидисциплинарная коллаборация концептуализирована как система систем, компонентами которой выступают частные смысловые пространства, интегрирующие онтологию, методологию, критерии доказательности и неявное знание [6–8, 17]. Тем самым фокус анализа смещен с управления отдельными учеными на управление взаимодействием когнитивных систем.

Во-вторых, обоснована критика технологического редукционизма. Доказана недостаточность «технологического императива» [19], [20]. Инфраструктурные решения не преодолевают смысловые разрывы — онтологический, гранулярности, причинности и доверия [16], [21], [22]. Вследствие этого проблема формирования СЦГ переносится из информационной плоскости в когнитивно-смысловую.

В-третьих, предложена процессная модель формирования СЦГ, включающая четыре фазы: экспликация частных гипотез, анализ конфликтов, концептуальный синтез и формализация с декомпозицией [25], [26].

В-четвертых, обоснованы пять направлений интеллектуальной поддержки, которые в совокупности обеспечивают семантическое сопоставление дисциплинарных понятий, объективацию точек несогласия через анализ аргументации, исследование сценариев коммуникации с помощью агентного моделирования, объяснимость рекомендаций (ХАИ) и появление новых профессиональных ролей [27]–[29], [31], [32].

В-пятых, выявлены приоритетные области для апробации и внедрения разработанного подхода — мегасайенс-проекты, науки о жизни, климатические исследования и разработка сложных киберфизических систем [35], [36].

В-шестых, проанализирован комплекс ограничений и вызовов, среди которых баланс между формализацией и креативностью, проблема доверия к ИИ, требования к масштабируемости, необходимость новых компетенций и этические аспекты [27], [31], [37], [38].

Качественный скачок эффективности мультидисциплинарных исследований требует не вычислительной мощности или объемов данных, а систем поддержки когнитивно-смысловой координации. Такие системы выступают активными партнерами ученых. Они реализуют семантическое сопоставление, визуализацию концептуальных ландшафтов, структурирование научного диалога и трассируемость коллективных решений, обеспечивая тем самым переход от стихийной коммуникации к управляемому смысловому синтезу.

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации : утв. Указом Президента РФ от 01.12.2016 № 642 // Официальный интернет-портал правовой информации. — URL: <http://static.kremlin.ru/media/acts/files/0001201612010007.pdf> (дата обращения: 03.06.2026).
- [2] Klein, J. T. Interdisciplinarity: History, Theory, and Practice / J. T. Klein. — Detroit : Wayne State University Press, 1990. — 331 p.
- [3] Edwards, P. N. Knowledge Infrastructures: Intellectual Frameworks and Research Challenges / P. N. Edwards, S. J. Jackson, M. K. Chalmers [et al.]. — Ann Arbor : Deep Blue, 2013. — URL: https://pne.people.si.umich.edu/PDF/Edwards_et_al_2013_Knowledge_Infrastructures.pdf (дата обращения: 03.06.2026).
- [4] Borgman, C. L. Big Data, Little Data, No Data: Scholarship in the Networked World / C. L. Borgman. — Cambridge, MA : The MIT Press, 2017. — 416 p. — ISBN 9780262529914.
- [5] Лепский, В. Е. Рефлексивно-активные среды инновационного развития / В. Е. Лепский. — Москва : Когито-Центр, 2010. — 255 с. — ISBN 978-5-89353-331-6.
- [6] Maier, M. W. Architecting principles for systems-of-systems / M. W. Maier // Systems Engineering. — 1998. — Vol. 1, No. 4. — P. 267–284. — Publisher: John Wiley & Sons. — DOI: 10.1002/(SICI)1520-6858(1998)1:4<267::AID-SYS3>3.0.CO;2-D.
- [7] Boardman, J. System of Systems — the Meaning of Of / J. Boardman, B. Sauser // 2006 IEEE/SMC International Conference on System of Systems Engineering, Los Angeles, CA, USA, 2006. — P. 1–6. — DOI: 10.1109/SYSESE.2006.1652284.
- [8] Розин, В. М. Методология: становление и современное состояние : учебно-методическое пособие / В. М. Розин ; Российская акад. образования, Московский психолого-социальный ин-т. — Москва : Московский психолого-социальный ин-т, 2005. — 410 с. — ISBN 5-89502-715-6.
- [9] Weingart, P. 2. Interdisciplinarity: The Paradoxical Discourse / P. Weingart // Practising Interdisciplinarity / ed. by N. Stehr, P. Weingart. — Toronto : University of Toronto Press, 2000. — P. 25–42. — DOI: 10.3138/9781442678729-004.
- [10] Organisation for Economic Cooperation and Development. Science, Technology and Industry Outlook 1998 / Organisation for Economic Cooperation and Development. — Paris : OECD Publishing, 1998. — DOI: 10.1787/sti_outlook-1998-en.
- [11] Rittel, H. W. J. Dilemmas in a General Theory of Planning / H. W. J. Rittel, M. M. Webber // Policy Sciences. — 1973. — Vol. 4. — P. 155–169. — DOI: 10.1007/BF01405730.
- [12] Gibbons, M. The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies / M. Gibbons (ed.). — SAGE Publications, 1994.
- [13] Klein, J. T. Creating Interdisciplinary Campus Cultures: A Model for Strength and Sustainability / J. T. Klein, C. G. Schneider (Foreword by). — Hoboken, NJ : Jossey-Bass, 2010. — 240 p. — ISBN 978-0-470-55089-2.
- [14] Shneiderman, B. Human-Centered AI / B. Shneiderman. — Oxford : Oxford University Press, 2022.
- [15] Repko, A. F. Interdisciplinary Research: Process and Theory / A. F. Repko, R. Szostak. — 5th ed. — SAGE Publications, 2025. — 424 p. — ISBN 978-1-071-88427-0.
- [16] Малинецкий, Г. Г. Современные проблемы нелинейной динамики / Г. Г. Малинецкий, А. Б. Потапов. — Москва : Эдиториал УРСС, 2000. — 336 с.
- [17] Polanyi, M. Personal Knowledge: Towards a Post-Critical Philosophy / M. Polanyi. — Chicago : University of Chicago Press, 1962. — ISBN 0-226-67288-3.
- [18] Grudin, J. Groupware and Social Dynamics: Eight Challenges for Developers / J. Grudin // Communications of the ACM. — 1994. — Vol. 37, № 1. — P. 92–105. — DOI: 10.1145/175222.175230.
- [19] Leonelli, S. Data-Centric Biology: A Philosophical Study / S. Leonelli. — Chicago : University of Chicago Press, 2016. — 288 p. — ISBN 022641650X.
- [20] Piwowar, H. A. Data Reuse and the Open Data Citation Advantage / H. A. Piwowar, T. J. Vision // PeerJ. — 2013. — T. 1. — e175. — DOI: 10.7717/peerj.175.
- [21] Мирский, Э. М. Междисциплинарные исследования и дисциплинарная организация науки / Э. М. Мирский. — Москва : Наука, 1980. — 304 с.
- [22] Collins, H. Rethinking Expertise / H. Collins, R. Evans. — Chicago : University of Chicago Press, 2007.

- [23] Штомпка, П. Доверие — основа общества / П. Штомпка ; пер. с пол. Н. В. Морозовой. — Москва : Логос, 2012. — 440 с. — ISBN 978-5-98704-495-7.
- [24] Огурцов, А. П. Дисциплинарная структура науки; её генезис и обоснование / А. П. Огурцов ; ред. П. П. Гайдено. — Москва : Наука, 1988. — 256 с. — ISBN 5-02-008002-0.
- [25] Pahl, G. Engineering Design: A Systematic Approach / G. Pahl, W. Beitz, J. Feldhusen, K.-H. Grote. — 3rd ed. — London : Springer, 2007. — 617 p. — DOI: 10.1007/978-1-84628-319-2.
- [26] Nonaka, I. The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation / I. Nonaka, H. Takeuchi. — New York : Oxford University Press, 1995. — 284 p.
- [27] Euzenat, J. Ontology Matching / J. Euzenat, P. Shvaiko. — 2nd ed. — Heidelberg : Springer, 2013. — 511 p. — DOI: 10.1007/978-3-642-38721-0.
- [28] Lawrence, J. Argument Mining: A Survey / J. Lawrence, C. Reed // Computational Linguistics. — 2019. — Vol. 45, № 4. — P. 765–818. — DOI: 10.1162/coli_a_00364.
- [29] Horvitz, E. Principles of Mixed-Initiative User Interfaces / E. Horvitz // Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '99). — New York, NY, USA : ACM, 1999. — P. 159–166. — DOI: 10.1145/302979.303030.
- [30] Gilbert, N. Simulation for the Social Scientist / N. Gilbert, K. G. Troitzsch. — 2nd ed. — Buckingham : Open University Press, 2005. — 312 p.
- [31] Gunning, D. DARPA's Explainable Artificial Intelligence (XAI) Program / D. Gunning, D. W. Aha // AI Magazine. — 2019. — Vol. 40, № 2. — P. 44–58. — DOI: 10.1609/aimag.v40i2.2850.
- [32] Mikolov, T. Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space / T. Mikolov, K. Chen, G. Corrado, J. Dean // arXiv preprint arXiv:1301.3781. — 2013. — URL: <https://arxiv.org/abs/1301.3781> (дата обращения: 03.06.2026).
- [33] Brown, T. Language Models are Few-Shot Learners / T. Brown, B. Mann, N. Ryder [et al.] // Advances in Neural Information Processing Systems. — 2020. — Vol. 33. — P. 1877–1901. — URL: <https://proceedings.neurips.cc/paper/2020/file/1457c0d6bfc4967418bfb8ac142f64a-Paper.pdf> (дата обращения: 03.06.2026).
- [34] Walton, D. Argumentation Schemes / D. Walton, C. Reed, F. Macagno. — Cambridge : Cambridge University Press, 2008. — DOI: 10.1017/CBO9780511802034.
- [35] Kitano, H. Systems Biology: A Brief Overview / H. Kitano // Science. — 2002. — Vol. 295. — P. 1662–1664. — DOI: 10.1126/science.1069492.
- [36] Galison, P. Image and Logic: A Material Culture of Microphysics / P. Galison. — Chicago : University of Chicago Press, 1997. — 982 p.
- [37] Тарасенко, Ф. П. Прикладной системный анализ : учебное пособие / Ф. П. Тарасенко. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : КНОРУС, 2016. — 319 с. — ISBN 978-5-406-05362-1.
- [38] Manyika, J. Jobs Lost, Jobs Gained: Workforce Transitions in a Time of Automation / J. Manyika, S. Lund, M. Chui [et al.]. — San Francisco : McKinsey Global Institute, 2017.

Formulating a Consensus Target Hypothesis in Multidisciplinary Collaborations: Systems Analysis and Limits of Technical Integration

V. N. Dobrynin, V. V. Korenkov, I. A. Filozova, T. N. Zaikina

Abstract— The paper discusses the problem of forming a consensus target hypothesis as the foundation for successful collaboration in large scientific teams. Collaboration is viewed as a “system of systems”, where each discipline operates within its own private semantic space. It is shown that common technical integration solutions address data access issues but fail to bridge the semantic and methodological gaps between disciplines, thus hindering the development of a shared understanding of the goal and the means to achieve it. The formation of a consensus target hypothesis is justified as an independent complex task of system analysis, requiring the development of specialized models and algorithms for intelligent decision support. These should be oriented towards semantic integration and facilitation of cognitive processes in distributed research teams.

Keywords— system of systems (SoS), semantic gaps, consensus target hypothesis (CTH), private semantic space (PSS).

REFERENCES

- [1] Strategija nauchno-tehnologicheskogo razvitiya Rossijskoj Federacii : utv. Ukazom Prezidenta RF ot 01.12.2016 # 642 // Oficial'nyj internet-portal pravovoj informacii. — URL: <http://static.kremlin.ru/media/acts/files/0001201612010007.pdf> (data obrashhenija: 03.06.2026).
- [2] Klein, J. T. Interdisciplinarity: History, Theory, and Practice / J. T. Klein. — Detroit : Wayne State University Press, 1990. — 331 p.
- [3] Edwards, P. N. Knowledge Infrastructures: Intellectual Frameworks and Research Challenges / P. N. Edwards, S. J. Jackson, M. K. Chalmers [et al.]. — Ann Arbor : Deep Blue, 2013. — URL: https://pne.people.si.umich.edu/PDF/Edwards_et_al_2013_Knowledge_Infra_structures.pdf (data obrashhenija: 03.06.2026).
- [4] Borgman, C. L. Big Data, Little Data, No Data: Scholarship in the Networked World / C. L. Borgman. — Cambridge, MA : The MIT Press, 2017. — 416 p. — ISBN 9780262529914.
- [5] Lepskij, V. E. Refleksivno-aktivnye sredy innovacionnogo razvitiya / V. E. Lepskij. — Moskva : Kogito-Centr, 2010. — 255 s. — ISBN 978-5-89353-331-6.
- [6] Maier, M. W. Architecting principles for systems-of-systems / M. W. Maier // Systems Engineering. — 1998. — Vol. 1, No. 4. — P. 267–284. — Publisher: John Wiley & Sons. — DOI: 10.1002/(SICI)1520-6858(1998)1:4<267::AID-SYS3>3.0.CO;2-D.
- [7] Boardman, J. System of Systems — the Meaning of Of / J. Boardman, B. Sauser // 2006 IEEE/SMC International Conference on System of Systems Engineering, Los Angeles, CA, USA, 2006. — P. 1–6. — DOI: 10.1109/SYSOSE.2006.1652284.
- [8] Rozin, V. M. Metodologija: stanovlenie i sovremennoe sostojanie : uchebno-metodicheskoe posobie / V. M. Rozin ; Rossijskaja akad. obrazovanija, Moskovskij psihologo-social'nyj in-t. — Moskva : Moskovskij psihologo-social'nyj in-t, 2005. — 410 s. — ISBN 5-89502-715-6.
- [9] Weingart, P. 2. Interdisciplinarity: The Paradoxical Discourse / P. Weingart // Practising Interdisciplinarity / ed. by N. Stehr, P. Weingart. — Toronto : University of Toronto Press, 2000. — P. 25–42. — DOI: 10.3138/9781442678729-004.
- [10] Organisation for Economic Cooperation and Development. Science, Technology and Industry Outlook 1998 / Organisation for Economic Cooperation and Development. — Paris : OECD Publishing, 1998. — DOI: 10.1787/sti_outlook-1998-en.
- [11] Rittel, H. W. J. Dilemmas in a General Theory of Planning / H. W. J. Rittel, M. M. Webber // Policy Sciences. — 1973. — Vol. 4. — P. 155–169. — DOI: 10.1007/BF01405730.
- [12] Gibbons, M. The New Production of Knowledge: The Dynamics of Science and Research in Contemporary Societies / M. Gibbons (ed.). — SAGE Publications, 1994.
- [13] Klein, J. T. Creating Interdisciplinary Campus Cultures: A Model for Strength and Sustainability / J. T. Klein, C. G. Schneider (Foreword by). — Hoboken, NJ : Jossey-Bass, 2010. — 240 p. — ISBN 978-0-470-55089-2.
- [14] Shneiderman, B. Human-Centered AI / B. Shneiderman. — Oxford : Oxford University Press, 2022.
- [15] Repko, A. F. Interdisciplinary Research: Process and Theory / A. F. Repko, R. Szostak. — 5th ed. — SAGE Publications, 2025. — 424 p. — ISBN 978-1-071-88427-0.
- [16] Malineckij, G. G. Sovremennye problemy nelinejnoj dinamiki / G. G. Malineckij, A. B. Potapov. — Moskva : Jeditorial URSS, 2000. — 336 s.
- [17] Polanyi, M. Personal Knowledge: Towards a Post-Critical Philosophy / M. Polanyi. — Chicago : University of Chicago Press, 1962. — ISBN 0-226-67288-3.
- [18] Grudin, J. Groupware and Social Dynamics: Eight Challenges for Developers / J. Grudin // Communications of the ACM. — 1994. — Vol. 37, # 1. — P. 92–105. — DOI: 10.1145/175222.175230.
- [19] Leonelli, S. Data-Centric Biology: A Philosophical Study / S. Leonelli. — Chicago : University of Chicago Press, 2016. — 288 p. — ISBN 022641650X.
- [20] Piwowar, H. A. Data Reuse and the Open Data Citation Advantage / H. A. Piwowar, T. J. Vision // PeerJ. — 2013. — T. 1. — e175. — DOI: 10.7717/peerj.175.
- [21] Mirskij, Je. M. Mezhdisciplinarnye issledovanija i disciplinarnaja organizacija nauki / Je. M. Mirskij. — Moskva : Nauka, 1980. — 304 s.
- [22] Collins, H. Rethinking Expertise / H. Collins, R. Evans. — Chicago : University of Chicago Press, 2007.
- [23] Shtompka, P. Doverie — osnova obshhestva / P. Shtompka ; per. s pol. N. V. Morozovoj. — Moskva : Logos, 2012. — 440 s. — ISBN 978-5-98704-495-7.
- [24] Ogurcov, A. P. Disciplinarnaja struktura nauki; ejo genezis i obosnovanie / A. P. Ogurcov ; red. P. P. Gajdenko. — Moskva : Nauka, 1988. — 256 s. — ISBN 5-02-008002-0.
- [25] Pahl, G. Engineering Design: A Systematic Approach / G. Pahl, W. Beitz, J. Feldhusen, K.-H. Grote. — 3rd ed. — London : Springer, 2007. — 617 p. — DOI: 10.1007/978-1-84628-319-2.
- [26] Nonaka, I. The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation / I. Nonaka, H. Takeuchi. — New York : Oxford University Press, 1995. — 284 p.
- [27] Euzenat, J. Ontology Matching / J. Euzenat, P. Shvaiko. — 2nd ed. — Heidelberg : Springer, 2013. — 511 p. — DOI: 10.1007/978-3-642-38721-0.
- [28] Lawrence, J. Argument Mining: A Survey / J. Lawrence, C. Reed // Computational Linguistics. — 2019. — Vol. 45, # 4. — P. 765–818. — DOI: 10.1162/coli_a_00364.
- [29] Horvitz, E. Principles of Mixed-Initiative User Interfaces / E. Horvitz // Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI '99). — New York, NY, USA : ACM, 1999. — P. 159–166. — DOI: 10.1145/302979.303030.
- [30] Gilbert, N. Simulation for the Social Scientist / N. Gilbert, K. G. Troitzsch. — 2nd ed. — Buckingham : Open University Press, 2005. — 312 p.
- [31] Gunning, D. DARPA's Explainable Artificial Intelligence (XAI) Program / D. Gunning, D. W. Aha // AI Magazine. — 2019. — Vol. 40, # 2. — P. 44–58. — DOI: 10.1609/aimag.v40i2.2850.

- [32] Mikolov, T. Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space / T. Mikolov, K. Chen, G. Corrado, J. Dean // arXiv preprint arXiv:1301.3781. — 2013. — URL: <https://arxiv.org/abs/1301.3781> (data obrashheniya: 03.06.2026).
- [33] Brown, T. Language Models are Few-Shot Learners / T. Brown, B. Mann, N. Ryder [et al.] // Advances in Neural Information Processing Systems. — 2020. — Vol. 33. — P. 1877–1901. — URL: <https://proceedings.neurips.cc/paper/2020/file/1457c0d6bfc4967418bfb8ac142f64a-Paper.pdf> (data obrashheniya: 03.06.2026).
- [34] Walton, D. Argumentation Schemes / D. Walton, C. Reed, F. Macagno. — Cambridge : Cambridge University Press, 2008. — DOI: 10.1017/CBO9780511802034.
- [35] Kitano, H. Systems Biology: A Brief Overview / H. Kitano // Science. — 2002. — Vol. 295. — P. 1662–1664. — DOI: 10.1126/science.1069492.
- [36] Galison, P. Image and Logic: A Material Culture of Microphysics / P. Galison. — Chicago : University of Chicago Press, 1997. — 982 p.
- [37] Tarasenko, F. P. Prikladnoy sistemnyy analiz : uchebnoe posobie / F. P. Tarasenko. — 2-e izd., pererab. i dop. — Moskva : KNORUS, 2016. — 319 s. — ISBN 978-5-406-05362-1.
- [38] Manyika, J. Jobs Lost, Jobs Gained: Workforce Transitions in a Time of Automation / J. Manyika, S. Lund, M. Chui [et al.]. — San Francisco : McKinsey Global Institute, 2017.

Dobrynin Vladimir N., Candidate of Technical Sciences, Professor, Dubna State University, Institute of System Analysis and Management, Department of System Analysis and Management

(19 Universitetskaya St., Dubna, Moscow Region, 141980, Russia), ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9770-2695>, e-mail: arbatsolo@yandex.ru.

Korenkov Vladimir V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Scientific Supervisor of the M. G. Meshcheryakov Laboratory of Information Technologies, Joint Institute for Nuclear Research (JINR) (6 Joliot-Curie St., Dubna, Moscow Region, 141980, Russia); Head of the Department of Distributed Information and Computing Systems, Dubna State University (19 Universitetskaya St., Dubna, Moscow Region, 141980, Russia), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2342-7862>, e-mail: korenkov@jinr.ru. Filozova Irina A., Candidate of Technical Sciences, Head of the Group, Laboratory of Information Technologies, Joint Institute for Nuclear Research (6 Joliot-Curie St., Dubna, Moscow Region, 141980, Russia); Senior Lecturer, Dubna State University, Institute of System Analysis and Management, Department of System Analysis and Management (19 Universitetskaya St., Dubna, Moscow Region, 141980, Russia), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3441-7093>, fia@jinr.ru.

Zaikina Tatiana N., 1st Category Software Engineer, Laboratory of Information Technologies, Joint Institute for Nuclear Research (6 Joliot-Curie St., Dubna, Moscow Region, 141980, Russia), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0805-7995>, ztanya@jinr.ru