

АКТУАЛЬНЫЕ МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ БИОНАНОРОБОТОТЕХНИКИ

Р.Н. АБУТАЛИПОВ, А.У. ЗАММОЕВ

Институт информатики и проблем регионального управления –
филиал ФГБНУ «Федеральный научный центр
«Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук»
360000, КБР, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а
E-mail: iipru@rambler.ru

Анализ проблем развития элементной базы бионаноробототехники (БНРТ) и решения задач виртуального прототипирования БНРТ-систем выявил актуальную проблему управления процессом междисциплинарного интегрирования технологических схем как информационных структур. В качестве возможного пути её решения предложена поэтапная схема поиска возможностей создания структуры управления и координации междисциплинарными исследованиями и синтезом междисциплинарных концептов интегрирования технологий. Разработана методика работы с междисциплинарными данными, включающая методы, средства и технику обработки и анализа информационных массивов в единой трансдисциплинарной схеме исследований БНРТ, которая позволяет значительно повысить эффективность обработки научно-технической информации. Дальнейшее использование предложенных решений позволяет вести разработку методики работы с данными технологических схем конвергентных областей нанотехнологий для структурирования информации об объектах, теориях, методах и предмете исследований, методов моделирования информационных структур и категоризации элементов технологических схем БНРТ.

Ключевые слова: бионаноробототехника, наноустройства, бионанотехнология, бионаносистемы, методология, междисциплинарность, интегрирование технологий, методика обработки и анализа научно-технической информации, моделирование, технологические схемы, виртуальное прототипирование.

ВВЕДЕНИЕ

В процессе проводившихся ранее исследований [2, 6-11] была открыта и показана новая область междисциплинарных исследований – бионаноробототехника для автоматизации молекулярного производства, то есть выполнения производства наноматериалов автоматизированными устройствами-бионанороботами: молекулярными машинами наноразмеров и с автоматическим управлением, состоящими из наноразмерных компонентов. Результаты исследований в этой новой области рекомендуются к внедрению при разработке технологий и программно-технических средств для исследования и моделирования свойств наноструктур для элементной базы наномехатроники.

Бионаноробототехника – новая междисциплинарная область исследований, структура области определения которой формируется синтезом знаний смежных областей: законы нанофазы, экспериментальные исследования, конвергентные технологии, искусственная реальность, каждая из которых в свою очередь представляет собой синтез смежных дисциплин [6].

Законы нанофазы: квантовая механика, молекулярная динамика, философия и логика, классическая динамика.

Экспериментальные исследования: инструментарий исследования микро- и наномира, технические средства манипулирования объектами в нанодиапазоне, средства доставки лекарств.

Конвергентные технологии: наноматериалы, бионанотехнология, наномехатроника, научная визуализация.

Искусственная реальность: биоинформатика в области информационной сложности биосистем, эволюционные вычисления (генетический алгоритм), иммерсивные среды, компьютерная анимация, объемная визуализация и рендеринг.

В каждой из смежных дисциплин требовался практический метод: принцип неопределенности, квантовая запутанность и квантовый парадокс для квантовой механики, трансдисциплинарные стратегии исследований для философии и логики, жидкостная техника (флюидика) для молекулярной динамики, мезоскопика для классической динамики, протеймика для бионанотехнологии, когнитивная психология для искусственной реальности и т.д. и т.п.

Такой уровень сложности исследования требовал сам по себе отдельного исследования, в результате которого была разработана концепция бионаноробототехники и установлена ее предметная область и цель, разработан универсальный технологический цикл нанопроизводства структурных элементов объектов бионаноробототехники и, наконец, методика обеспечения репрезентативности научной визуализации за счет информационного сжатия по параметрам порядка. Тогда же проявилась и проблема постановки проблемы, ставшая основной проблемой исследований и остающаяся не решенной до сих пор.

Кроме того, в рассматриваемой междисциплинарной области исследований остро стоит проблема эффективности работы с большими массивами научно-технической информации с учетом принятой концепции и программы исследований БНРТ.

1. ПРОБЛЕМА УПРАВЛЕНИЯ И КООРДИНАЦИИ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫМИ ИССЛЕДОВАНИЯМИ И СИНТЕЗОМ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ КОНЦЕПТОВ ИНТЕГРИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ

Появление проблемы постановки проблемы (далее мы станем называть ее для краткости P^3) происходит с возникновением конфликта компетенций в ходе исследований.

Конфликт компетенций возникает сразу при определении доминирования для вектора исследований конкретного дисциплинарного направления. Когнитивная схема информационного сжатия "Подчинение Хакена" [2] воспринималась как использование методов когнитивной психологии в области интеллектуальных систем для решения задач нанотехнологии, и соответственно от такого исследования ожидался конечный результат в виде программного кода ядра интеллектуально-экспертной системы, программного кода запросов SQL для продукционных правил базы знаний, тогда результатом не могло быть ничего другого, кроме постановки задачи междисциплинарных исследований с перспективой выхода на систему полидисциплинарных задач, что представляет собой типичный образец конфликта компетенций между информатикой, теорией искусственного интеллекта и технической кибернетикой из-за отсутствия согласованной трактовки терминов формулировок постановки задач и оценки результатов. И это стало началом эволюции "проблемы постановки проблемы" исследования.

Описанная ситуация известна и рассматривается в работе [1] под названием "барьер дилетантизма". Причина затруднения состоит в том, что понятийным междисциплинарным конструктам (концептам) свойственны замкнутость, нелинейность и цикличность и потому использование их требует рекурсивности, коммуникативности и структурной сопряженности.

Суть проявления P^3 здесь сводится к следующему:

1). Структурная сопряженность. Невозможность полноценного выполнения ни одного из дисциплинарных направлений (дилетантизм). Полноценное выполнение любого из дисциплинарных направлений сложностного исследования невозможно, потому что такая задача требует всех ресурсов и средств проекта, но решение представляет только частный аспект проблемы.

2). Рекурсивность. Специализированные дисциплинарные задачи актуальны на отдельных этапах. Для контроля актуальности с тем, чтобы предотвратить избыточное потребление ресурсов и средств проекта, требуется постоянное, но не монотонное отслеживание изменения положения исследования по сложностной схеме во всех разнонаправленных аспектах (рекурсия).

3). Коммуникативность. Создаваемая рекурсивностью необходимость мониторинга динамики исследования по сложностной схеме эквивалентна полному перепланированию проекта исследования по усилиям и затратам времени и по уровню запросов для компетенций, по изменившимся ключевым формулировкам задач и позициям исследований для сохранения единства целеполагания. Также приходится каждый раз производить переоценку результатов.

Практика решений текущих тактических задач рассматриваемого аспекта П³ (конфликт компетенций) позволила разработать и в общих чертах реализовать на практике схему базового информационно-аналитического сервиса, который позволял проводить мониторинг динамики исследования и отрабатывать изменение формулировок на уровне, приемлемом для продолжения работы над проектом, каковое, тем не менее, сделалось проблематичным ввиду назревшего под давлением роста конфликта П³ кризиса матрицы исследования, на которой базировалось положение области определения бионаноробототехники.

Таким образом, ко второму году исследований возникла насущная необходимость смены матрицы исследования без изменения области определения бионаноробототехники. Решение этой проблемы мы полагаем показательным в плане решения П³ и потому давайте рассмотрим ситуацию выхода из этого кризиса подробнее.

Результаты аналитического поиска, проведенного в начале исследования и представленного в виде обзора, показали направление трансдисциплинарного переноса по одной из основ трансдисциплинарности [1]: подчинению – в данном случае подчинению Хакена, известному также как "информационное сжатие по параметрам порядка". Выбранная когнитивная стратегия, опубликованная нами в работе [2], основывалась на информационном сжатии через параметры порядка, получаемые по когнитивной схеме сценария Бартлетта (теория схем Бартлетта), с ИРС – интеррепрезентационными сетями [3-5] – в качестве инструментария. Проведенный по этой схеме синтез оказался продуктивным и позволил сформулировать основные тезисы концепции междисциплинарного исследования для бионаноробототехники.

Основная цель бионаноробототехники состоит в использовании биологических элементов, создающих на субклеточном уровне движение, усилие, сигнал как компонентов машин. Эти компоненты выполняют свою биологически запрограммированную функцию, реагируя на физико-химические стимулы, которые можно симулировать [6].

Основные направления развития бионаноробототехники [8]:

- Исследование природных нанороботов (элементов живых клеток).
- Создание бионаносенсоров для исследования биосистем, включая медицинскую диагностику.
- Проектирование и моделирование молекулярных и наноструктур, обладающих свойствами нанороботов.
- Проектирование и моделирование медицинских бионанороботов.

Преодоление создаваемых П³ трудностей, выполнявшееся уже с помощью БИАС, привело к пересмотру аналогичности механистического подхода, применяющего понятия из области механики к объектам в контексте области определения БНРТ, потому что автоматическое не значит механическое. Фокус внимания исследования переместился от неэнтропийной диссипативной самосборки к самопроцессу – консервативной самоорганизации, образованию сложных наноструктур без внешнего воздействия, и в итоге в исследо-

вании появляется возможность обращения к супрамолекулярной и коллоидной химии (и к технической химии в общем).

Такая замена – от физики (механики) к химии (коллоиды) – привела к перестройке одной из основ матрицы бионаноробототехники и как следствие смене целевой программно-технологической базы исследования [7]. Этот переход – от создающей область определения исследовательского проекта матрицы технологий к создающей область прикладных задач технологической матрице и привел к пониманию необходимости переоценки инновационного значения проводимого исследования.

Эпоха первичных инноваций сменяется эпохой инноваций вторичных и потому в нашем исследовании в основе матрицы бионаноробототехники появилась матрица междисциплинарной системы интегрированных технологий МД СИТ, ориентированной на применение технологий первичной инновации в прикладных вопросах – это нанотехнология, бионанотехнология, наномехатроника и когнитивное, познавательное-целевое моделирование для сложных систем.

Преодоление кризиса области определения через замену матрицы технологий на программно-технологическую платформу МДСИТ позволило перейти к постановке задач исследования для междисциплинарных областей, что сопрягалось с формированием П³ как центральной проблемы исследования, требующей выработки универсального междисциплинарного языка для проведения междисциплинарных исследований.

Вторая половина исследовательской работы проходила в постоянной борьбе с вполне сформировавшейся П³, становившейся главным препятствием достижения целей исследования.

Используя БИАС, удалось составить когнитивную карту исследований и по ней упорядочить и стабилизировать причинно-следственные отношения междисциплинарных и специализированных компонентов [10].

Решающую роль в преодолении П³ сыграло использование инструментария стандартов IDEF.

Входящая в стандарт IDEF0 Function Modeling методология функционального моделирования с помощью наглядного графического языка IDEF0 (нотации) позволяет представить изучаемую систему в виде набора функциональных блоков (взаимосвязанных функций) для того, чтобы перейти к анализу структуры этой взаимосвязанности и представления модели информационных потоков внутри системы по Information Modeling – методологии информационного моделирования, нотации стандарта IDEF1.

Построение функциональной модели работы симулятора исследуемых бионаносистем для моделирования и исследования наноструктур позволило создать принципиальную основу решения проблемы управления и координации исследования в данном проекте в виде модели доменной структуры когнитивной информационно-коммуникационной системы (КИКС) [8, 10], опираясь на которую мы смогли провести небольшое статистическое исследование прикладного характера для создания информационной основы для определения применимости свойств бионаносистем в элементной базе наномехатроники, что и позволило в итоге создать решение проблемы биологического объекта для исследования и моделирования свойств его наноструктур с точки зрения парадигмы мехатроники.

Объектом моделирования установлена клеточная мембрана, для которой дан краткий анализ её соответствия ряду критериев, обосновывающих этот выбор [7]. В результате исследования вопроса по разработке базовой модели интеллектуальной экспертной системы поддержки принятия решения для решения задачи классификации знаний о свойствах наноструктур по признакам применимости в наномехатронике сформулированы основные требования к архитектуре разрабатываемой интеллектуальной экспертной системы и разработана её функционально-структурная схема. Построена функциональная модель процесса управления базой знаний и завершена разработка модели синтеза баз данных о свойствах наноструктур [10].

В завершение работы над проектом нами были заложены основы для дальнейших исследований в намеченном направлении. Начата разработка интеллектуальной экспертной системы с целью ее использования при исследовании свойств наноструктур мембраны клетки в задаче классификации знаний о свойствах наноструктур по признакам их применимости в наномехатронике. Также начата разработка технологии извлечения знаний об объекте моделирования и архитектуры системы управления базой данных о свойствах наноструктур.

Тем не менее возможности частных и локальных решений по преодолению П³ были исчерпаны, достигнут предел доступных для ведения исследований материалов, ресурсов, организации и полномочий (возможностей). Для продолжения исследований требовалось на основе перечисленных базовых позиций создать интеграционные задачи, что и стало причиной разработки проекта организации поиска решений и исследования возможностей создания системы управления и координации проектов, способной выработать универсальную систему междисциплинарной символики для решения П³.

С целью поиска возможностей создания структуры управления и координации междисциплинарными исследованиями и синтеза “трандисциплинарного мета-языка” предлагается соответствующая многоэтапная схема (см. табл. 1), реализация которой позволяет решить актуальные проблемы не только в бionаноробототехнике, но и во многих приоритетных направлениях развития науки и техники, где также проявляются междисциплинарные проблемы, например, в разработке систем искусственного интеллекта, в региональном управлении для передовых технологий.

Таблица 1

СХЕМА ПОИСКА ВОЗМОЖНОСТЕЙ СОЗДАНИЯ СТРУКТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ И КООРДИНАЦИИ
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫМИ ИССЛЕДОВАНИЯМИ И СИНТЕЗОМ МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫХ КОНЦЕПТОВ
ИНТЕГРИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ

Этап	Процессы этапа	Результаты	Сроки	Финансирование
Лексическая база	Систематическое обсуждение; формальное представление обсуждаемых областей; резюмирование обсуждения в тезисы; архивация тезисов и помещение архивов на информационный ресурс проекта	Формирование минимального словаря и создание лексической базы для описания объектов посредством системы морфологических таблиц	От 3 до 6 месяцев	Не требуется
Реферативная база данных	Постоянно действующая группа референтов работает с архивом предыдущего этапа и делает бюллетень, обсуждаемый с занесением результатов обсуждения в отчет, который анализируется группой референтов и консультантов	Лексемы как основа формализации результатов предыдущего этапа для исследования Грантоориентированность, СППР, когномика, интеллектуальные системы	От 1 до 3 лет	За счет ресурсов заинтересованных сторон (аспирантов, соискателей)
Репозиторий и знаниевая система	Методика и техника определяются результативностью предыдущих этапов	База знаний по объектам исследуемой области	От 2 до 3 лет	Средства грантов
Ядро системы управления и координации	Инфокоммуникационные технологии, интеллектуальные системы, используемые группой координаторов проектов для управления инновационностью	Новая область исследования в виде конкретных прикладных проектов и реализация ПО для управления инновационностью	От 3 до 5 лет	Бюджетное, грантовое и внебюджетное

2. МЕТОДИКА РАБОТЫ С МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫМИ ДАННЫМИ В РАМКАХ ЕДИНОЙ ПРОГРАММЫ ИССЛЕДОВАНИЙ БНРТ

Продолжение исследований в области БНРТ, помимо необходимости работы с накопленными материалами, сопровождается привлечением всё большего количества новой информации, что автоматически требует агрегации данных и, следовательно, методов и техники работы с ними, соответствующих междисциплинарности исследований [10].

В поиске эффективных решений этой проблемы нами было подобрано подходящее бесплатное ПО для работы с научно-технической информацией и разработана методика использования этого ПО для параллельной работы с массивами информации из разных дисциплин в общей информационной структуре единой трансдисциплинарной схемы исследований. Этот класс программ для работы со структурами информации и проверенная на практике методика показали возможность решения проблемы анализа архивных материалов предыдущего исследования и повысили эффективность работы с научно-технической информацией сложной предметной области БНРТ.

В качестве структурного редактора текстовой информации (аутлайнер) [14] была использована компьютерная программа Zim, которая позволяет оперировать текстовыми заметками, создавая иерархические отношения между ними с использованием методов изменения ранга, вложения, переноса, скрытия и раскрытия структуры элемента, а также организовывать древовидные списки, связывая текстовые заметки с использованием прямых и обратных ссылок и элементов тематических текстовых меток.

Аутлайнеры и методика их использования [14] могут применяться в работе базового информационно-аналитического сервиса для структуры базового хранилища (репозитория) когнитивно-информационно-коммуникационной системы (КИКС) с целью исследования разных способов его построения и для получения опытных образцов структур информационной и знаниевой базы КИКС. Используя как основу текстовые массивы ранее полученных тематических меток, информация посредством аутлайнеров агрегируется в состоящие из метаданных, аннотаций, оглавления, заголовков и соответствующих теме фрагментов текста тематические подборки материалов из архивных массивов и библиотек предыдущего исследования.

Поиском по ключевым словам и словосочетаниям информация из таких темподборок агрегируется в тематические списки, собираемые в рабочих книгах MS Excel и сортируемые в них фильтрами для последующей агрегации в сводные таблицы (pivot table), которые через подключение к базе данных OLAP СУБД MS Access передаются в базы данных, построенные по шаблонам представленной ниже инфологической модели.

Таким образом, агрегацией междисциплинарной информации формируется основа текстовых баз знаний хранилища (репозитория) КИКС [8, 10]. Затем, используя тематические метки в качестве хэштегов (hashtag), производится поиск в Интернете (глобальной сети), и найденные материалы с помощью специализированных приложений (автономные офлайн-браузеры для работы с аутлайнерами) агрегируются в существующие темподборки, обновляя их с помощью специализированных информационных систем (CMS, систем управления контентом) для управления веб-содержимым и возвращая процедуру в начало цикла, соответствующего представленной в предыдущем исследовании функциональной модели управления базой знаний (т.н. модель “ЛСД ЛАД”).

Ввиду междисциплинарности предметной области БНРТ формирование её базы знаний требует оперирования информацией из смежных областей, которые могли бы соответствовать системному представлению БНРТ, заложенному в концепции и в КИКС БНРТ в рамках предыдущего исследования.

Процедура преобразования полидисциплинарных данных от источника информации в междисциплинарные данные БНРТ осуществляется по представленной ниже схеме инфологической модели (рис. 1), которая описывает отношения между элементами структуры в виде Сущность – Отношение в нотации IDEF1 [12, 15] для информационного моделирования (табл. 2).

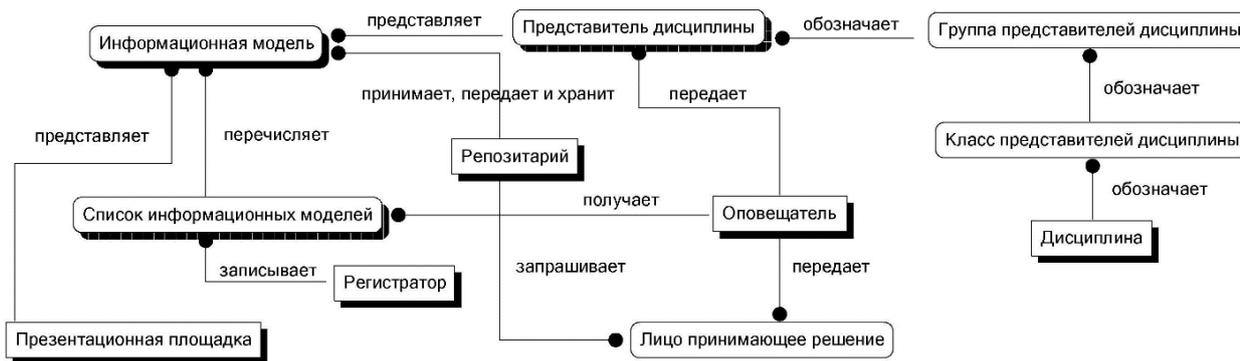


Рис. 1. Модель предметной области процессов сбора и накопления междисциплинарной информации в хранилище системы управления КИКС БНРТ

Таблица 2

СПИСОК СУЩНОСТЕЙ ИНФОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ КИКС БНРТ

№ п/п	Сущность	Описание
1	Информационные модели (ИМ)	обмениваются в процессе наполнения репозитария
2	Представитель дисциплины	представляет ИМ в процессе наполнения репозитария
3	Группа представителей дисциплины	обозначает представителей дисциплины с близким контекстом ИМ
4	Лицо, принимающее решение	допускает ИМ к процессу наполнения репозитария
5	Регистратор	записывает ИМ в список ИМ
6	Оповещатель	передает список допущенных ИМ всем участникам процедуры
7	Список ИМ	перечисляет допущенные к репозитарию ИМ
8	Класс представителей дисциплины	обозначает специализацию группы представителей дисциплины по контексту ИМ
9	Презентационная площадка	представляет информацию о ИМ
10	Репозиторий	осуществляет прием/передачу и хранение ИМ
11	Дисциплина	обозначает домен класса представителей дисциплины

Процедура, выполняемая инфологической моделью [13, 15], осуществляет наполнение через интеррепрезентационную сеть (ИРС) [2], представленную участниками процедуры, репозитария БНРТ.

Информационными объектами в процедуре являются представляемые в ИРС информационные модели (данные, таблицы, когнитивные схемы, карты и т.д.), совокупность которых на выходе процедуры представляет междисциплинарные данные, структурированные в соответствии с описанием предметной области БНРТ [6, 7].

Структура предметной области БНРТ представлена когнитивной информационно-коммуникационной системой бионаноробототехники (КИКС БНРТ), которая предлагается нами для выполнения исследований и моделирования реальных бионаносистем (естественных, полусинтетических и синтетических), виртуального и реального прототипирования синтетических и полусинтетических бионаноробототехнических устройств и систем [8].

КИКС БНРТ включает в себя четыре основных слоя:

1. Материальная среда: технические средства, источники энергии, материалов (сырья), внешние источники информации и сервисы.

2. Информация: информационные модели, структурированные данные, предметные знания.

3. Управление: интеллектуальные агенты и лица, принимающие решения.

4. Технологические процессы: БУТЦ, информационное моделирование, виртуальное прототипирование и т.д.

В разработанной доменной модели КИКС БНРТ [10] представлены единицы подсистем и единицы перехода (процессы), соответствующие конкретному домену и глобальной подсистеме КИКС на каждом масштабном уровне (макро, микро, нано). Иерархическое подчинение единиц подсистем одного масштабного уровня определяет их отношение с внешней средой и с подсистемами других масштабных уровней.

Параметры каждой из подсистем и переходов в определенные моменты времени функционирования КИКС БНРТ задаются состоянием исполнения технологических карт, выбранных в процессе принятия решений из хранилища знаний БНРТ для конкретных условий реализации технологического процесса.

В доменной модели КИКС телекоммуникационные подсистемы и системы управления контентом, прикладные системы (датчики и сенсоры) подчинены системам источников и потребителей информации таким образом, что единицы первых систем (телеком, SMS и прикладных) подчинены единицам вторых (источник/потребитель) и в итоге процессами представления подчиненных систем в информационных потоках иерархической структуры этой системы образуется характеризующий исследуемый объект набор метрик. Это позволяет измерять и моделировать естественные БНС, а на основании этого принимать решения в целевых задачах проектирования БНРТ, направленных на модификацию и управление БНС. Внимание метрики в этой части сосредоточено на таких элементах системы, которые выполняют функцию меры.

Процедура, выполняемая инфологической моделью, осуществляет наполнение представленной структуры КИКС БНРТ хранилища знаний БНРТ.

Источниками данных являются сенсоры и датчики на различных масштабных уровнях КИКС БНРТ, а также внешние источники информации и сервисы (внешние базы знаний, источники слабоструктурированных данных и т.п.), подключенные к системе через соответствующие интерфейсы [8, 10].

Благодаря реализации в представленной инфологической модели функций меры достигается согласованность в представлении информационных моделей исследуемого объекта при информационном сжатии, реализуемом подчинением Хакена в интеррепрезентационных сетях (ИРС) [2], чем обеспечивается их репрезентативность.

ОБСУЖДЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Таким образом, проведя анализ полученных результатов исследований, мы установили, что развитие главного его результата – основанной на использовании бионаносистем элементной базы БНРТ, позволяющей проектировать, конструировать и управлять БНРТ-системами [11], требует междисциплинарного интегрирования технологий, для которого необходимо решение проблемы управления процессом интегрирования технологических схем как информационных структур. Проведенные на текущем этапе исследования показывают, что для координации и практического управления процессом интегрирования технологий необходима междисциплинарная коммуникация посредством концептов, то есть междисциплинарных конструкторов, осуществляющих перенос схемы исследования через границы дисциплинарных областей, вследствие чего возникает проблема второго порядка – проблема постановки проблемы, которая состоит в том, что концептам свойственны замкнутость, нелинейность и цикличность, а потому использование их требует рекурсивности, коммуникативности и структурной сопряженности, для чего в свою очередь требуется инструмент междисциплинарной коммуникации, такой как “трансдисциплинарный мета-язык” – универсальная символическая система, позволяющая создание информационных полей в междисциплинарных структурах.

Для повышения эффективности работы с научно-технической информацией было подобрано бесплатное ПО и разработана техника его использования для параллельной работы с междисциплинарными информационными массивами в единой трансдисциплинарной схеме исследований.

Развитие исследований бионаноробототехники в направлении междисциплинарного интегрирования технологий позволяет ожидать основополагающие результаты для технологий виртуального прототипирования бионаноустройств [11]: методов и техники работы с данными технологических схем конвергентных областей нанотехнологий для структурирования информации об объектах, теориях, методах и предмете исследований; методов моделирования информационных структур и категоризации элементов технологических схем, представлением их в форме общезначимого утверждения как типа категорий на основе обобщения нескольких множеств.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Князева Е.Н.* Трансдисциплинарные стратегии исследований // Вестник ТПУ. 2011. 10 (112). С. 193-201.
2. *Абуталипов Р.Н., Заммиев А.У., Загазежева О.З.* Интеррепрезентативные сети (ИРС) и репрезентативность VR визуализации наноструктур и процессов в наносреде // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2016. № 4 (72). С. 5-9.
3. *Хакен Г.* Принципы работы головного мозга. М.: ПЕР СЭ, 2001. С. 297-307.
4. *Haken H.* Synergetic Computers and Cognition. Springer, Berlin, 1991. Pp. 122-136.
5. *Portugali J.* Complex Artificial Environments. Simulation, Cognition and VR in the Study and Planning Cities. Berlin: Springer, 2006. P. 16, 24, 182-188, 299.
6. *Абуталипов Р.Н., Заммиев А.У., Нагоев З.В.* Бионаноробототехника: концептуализация, проблематика и задачи исследования // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2016. № 6 (74). С. 11-17.
7. *Абуталипов Р.Н., Заммиев А.У., Денисенко В.А.* Выбор биологического наноструктурного объекта для исследования его свойств с точки зрения парадигмы мехатроники // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2016. № 6 (74). С. 30-37.
8. *Абуталипов Р.Н., Заммиев А.У.* Поиск, исследование и развитие технологий бионаноробототехники для устойчивого развития горных территорий в эпоху шестого технологического уклада // Устойчивое развитие горных территорий. 2018. Том 10. № 3 (37). С. 447-457.
9. *Абуталипов Р.Н., Заммиев А.У.* Каталитические самоходные нанодвижители – основа элементной базы для конструирования наномашин бионаноробототехники. Материалы второй Международной научной конференции “Модели мышления и интеграция информационно-управляющих систем” (ММИУС). Нальчик, 4-9 декабря 2018. С. 7-17.
10. *Абуталипов Р.Н., Заммиев А.У.* Доменная модель когнитивной инфокоммуникационной системы для интеллектуального медицинского онлайн-сервиса на базе бионаносенсорных устройств // Славянский форум. 2018. № 1 (19). С. 104-113.
11. *Абуталипов Р.Н., Заммиев А.У.* Каталитические самоходные нанодвижители – основа элементной базы для проектирования наномехатронных устройств и систем для бионаномашин в бионаноробототехнике // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2018. № 6-2 (86). С. 149-156.
12. *Reinanda R., Utama M., De Rijke M., Steijlen F.* Entity network extraction based on association finding and relation extraction. Lecture Notes In Computer Science. 2013. Том 8092 LNCS. С. 156-167.
13. *Тараканов О.В.* Принцип семантического связывания сущностей в инфологической модели базы данных // Информационные системы и технологии. 2012. № 5(73). С. 43-49.

14. Robert S. Houghton "Overview of Windows Outliners". John.redmood.com. Retrieved 2009-02-18.
15. Lu L., Ang C.L., Gay R.K.L. Integration Of Information Model (IDEF1) With Function Model (IDEF0) For Cim Information Systems Design. Expert Systems With Applications. 1996, № 3-4. Pp. 373-380.

REFERENCES

1. Knyazeva E.N. *Transdistsiplinarnyye strategii issledovaniy* [Transdisciplinary research strategies] // Bulletin of TPGU. 2011.10 (112). P. 193-201.
2. Abutalipov R.N., Zammoev A.U., Zagazheva O.Z. *Interrepresentativnyye seti (IRS) i reprezentativnost' VR vizualizatsii nanostruktur i protsessov v nanosrede* [Interrepresentative networks (IRS) and the representativeness of VR visualization of nanostructures and processes in the nanomedium] // News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2016. No. 4 (72). S. 5-9.
3. Haken G. *Printsipy raboty golovnogo mozga* [Principles of the brain]. M.: PER SE, 2001. P. 297-307.
4. Haken H. *Synergetic Computers and Cognition*. Springer, Berlin, 1991. Pp. 122-136.
5. Portugali J. *Complex Artificial Environments. Simulation, Cognition and VR in the Study and Planning Cities* // Berlin: Springer. 2006. Pp. 16, 24, 182 - 188, 299.
6. Abutalipov R.N., Zammoev A.U., Nagoev Z.V. *Bionanorobototekhnika: kontseptualizatsiya, problematika i zadachi issledovaniya* [Bionanorobotics: conceptualization, problems and research objectives] // News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2016. No. 6 (74). Pp. 11-17.
7. Abutalipov R.N., Zammoev A.U., Denisenko V.A. *Vybor biologicheskogo nanostrukturnogo ob'yekta dlya issledovaniya yego svoystv s tochki zreniya paradigmy mekhatroniki* [The choice of a biological nanostructure object for the study of its properties from the point of view of the mechatronics paradigm] // News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2016. No. 6 (74). Pp. 30-37.
8. Abutalipov R.N., Zammoev A.U. *Poisk, issledovaniye i razvitiye tekhnologiy bionanorobototekhniki dlya ustoychivogo razvitiya gornyykh territoriy v epokhu shestogo tekhnologicheskogo uklada* [Search, research and development of bio-nanorobototechnology technologies for sustainable development of mountain territories in the era of the sixth technological order] // *Ustoychivoye razvitiye gornyykh territoriy* [Sustainable Development of Mountain Territories]. 2018. Volume 10. No. 3 (37). Pp. 447-457.
9. Abutalipov R.N., Zammoev A.U. *Kataliticheskiye samokhodnyye nanodvizhiteli – osnova elementnoy bazy dlya konstruirovaniya nanomashin bionanorobototekhniki* [Catalytic self-propelled nanomotors are the basis of the elemental base for the design of nanomachines of bionanorobototechnics]. *Materialy vtoroy Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii "Modeli myshleniya i integratsiya informatsionno-upravlyayushchikh sistem" (MMIUS)* [Materials of the second International Scientific Conference "Thinking Models and the Integration of Information Management Systems" (MMIUS)]. Nalchik, December 4-9, 2018. Pp. 7-17.
10. Abutalipov R.N., Zammoev A.U. *Domennaya model' kognitivnoy infokommunikatsionnoy sistemy dlya intellektual'nogo meditsinskogo onlayn-servisa na baze bionanosensornykh ustroystv* [A domain model of a cognitive infocommunication system for an intelligent online medical service based on bionan-sensor devices]. Slavic forum. 2018. No. 1 (19). Pp. 104-113.
11. Abutalipov R.N., Zammoev A.U. *Kataliticheskiye samokhodnyye nanodvizhiteli – osnova elementnoy bazy dlya proyektirovaniya nanomekhatronnykh ustroystv i sistem dlya bionanomashin v bionanorobototekhnike* [Catalytic self-propelled nanomotors - the basis of the elemental base for the design of nanomechatronic devices and systems for bionanomachines in bionanorobototechnics] // News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2018. No. 6-2 (86). Pp. 149-156.

12. Reinanda R., Utama M., De Rijke M., Steijlen F. Entity network extraction based on association finding and relation extraction. Lecture Notes In Computer Science. 2013. Том 8092 LNSC. Pp. 156-167.

13. Tarakanov O.V. *Printsip semanticheskogo svyazyvaniya sushchnostey v infologicheskoy modeli bazy dannykh* [The principle of semantic binding of entities in the infological database model] // *Informatsionnyye sistemy i tekhnologii* [Information Systems and Technologies]. 2012. No. 5 (73). Pp. 43-49.

14. Robert S. Houghton "Overview of Windows Outliners". John.redmood.com. Retrieved 2009-02-18.

15. Lu L., Ang C.L., Gay R.K.L. Integration Of Information Model (IDEF1) With Function Model (IDEF0) For Cim Information Systems Design // *Expert Systems With Applications*. 1996. № 3-4. Pp. 373-380.

ACTUAL METHODOLOGICAL PROBLEMS OF INTERDISCIPLINARY RESEARCH IN THE FIELD OF BIONANOROBOTICS

R.N. ABUTALIPOV, A.U. ZAMMOEV

Institute of Computer Science and Problems of Regional Management –
branch of Federal public budgetary scientific establishment "Federal scientific center
"Kabardin-Balkar Scientific Center of the Russian Academy of Sciences"
360000, KBR, Nalchik, 37-a, I. Armand St.
E-mail: iipru@rambler.ru

An analysis of the problems of developing the elemental base of bionanorobotics (BNR) and solving the problems of virtual prototyping of BNR-systems has revealed an urgent problem of managing the process of interdisciplinary integration of technological schemes as information structures. As a possible way to solve it, a phased scheme for the search for possibilities of creating a management structure and coordination of interdisciplinary research and the synthesis of interdisciplinary concepts of technology integration is proposed. A methodology has been developed for working with interdisciplinary data, including methods, tools and techniques for processing and analyzing information data in a single trans-disciplinary research scheme for BNR, which can significantly increase the efficiency of processing scientific and technical information. Further use of the proposed solutions allows us to develop a methodology for working with data from technological schemes of convergent areas of nanotechnology for structuring information about objects, theories, methods and subject of research, methods for modeling information structures and categorization of elements of technological schemes of BNR.

Keywords: bionanorobototechnics, nanodevices, bionanotechnology, bionanosystems, methodology, interdisciplinarity, technology integration, methodology for processing and analysis of scientific and technical information, modeling, technological schemes, virtual prototyping.

Работа поступила 09.12.2019 г.