ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, доцента
Захаровой Алёны Александровны
на диссертацию Мамедова Тимура Габиловича
«Методы, модели и инструментальные средства интеллектуальной поддержки принятия решений в прогнозных исследованиях топливно-энергетического комплекса»,
представленную на соискание ученой степени
кандидата технических наук по специальности
1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Актуальность темы исследования

Прогнозные исследования топливно-энергетического комплекса требуют согласованного анализа технологических, ресурсных, экономических и экологических ограничений. При оценке угроз энергетической безопасности существенная часть исходной информации формируется экспертами и представляет собой знания о факторах и причинно-следственных связях. Количественная оценка последствий этих воздействий, напротив, выполняется с использованием экономико-математических моделей. Несогласованность указанных представлений затрудняет подготовку расчетных сценариев и интерпретацию результатов.

Диссертация Т. Г. Мамедова направлена на формализацию перехода от семантического описания исследуемой ситуации к параметрам расчетной модели и вычислительному эксперименту. Решение данной задачи имеет значение для развития инструментальных средств математического моделирования сложных систем и интеллектуальной поддержки принятия решений. В связи с этим выбранная тема исследования является актуальной.

Структура и содержание диссертации

Работа изложена на 216 страницах и состоит из введения, трех глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы из 108 наименований и трех приложений. Диссертация содержит 47 рисунков.

В первой главе рассмотрены подходы к исследованию энергетической безопасности, методы представления экспертных знаний и программные средства прогнозного анализа ТЭК. На основе сопоставления существующих решений выявлена недостаточная формализация связи между семантическими моделями и параметрами экономико-математической модели. Показана необходимость объединения подготовки сценариев, расчетов и представления результатов в единой инструментальной среде.

Во второй главе разработана формализованная модель вычислительного эксперимента, использующая фрактальное стратифицированное представление знаний. Выделены слои методов моделирования, энергетической инфраструктуры, угроз, мероприятий, состояний ТЭК и индикаторов энергетической безопасности. Отображения между слоями определяют взаимосвязь качественного анализа и количественного расчета.

В качестве математической основы используется модель территориально-отраслевого баланса ТЭК, сформулированная как задача линейного программирования. Автором введены дополнительные инвестиционные и экологические ограничения, а также квазидинамические связи. Последние реализуют перенос последствий сценарного расчета одного периода на параметры модели следующего периода без перехода к полной динамической постановке.

Методика интеграции включает формирование реляционных отношений, построение онтологического представления фрагмента модели, формирование когнитивной карты и реализацию вычислительного сценария. Существенным является различие функций семантических моделей: онтология отражает структуру предметной области, а когнитивная карта задает причинно-следственные воздействия и связывает их с изменяемыми параметрами расчетной модели.

В этой же главе представлен численный метод стохастической корректировки параметров на основе когнитивных весов «SCWA». Вероятностные характеристики поправок формируются с учетом агрегированных воздействий и экспертной уверенности. Для каждой реализации решается оптимизационная задача, после чего рассчитываются статистические характеристики исследуемых показателей.

Третья глава посвящена реализации многоагентного программного комплекса ИНТЭК-SAW и его применению. Описаны компоненты работы с моделями и сценариями, семантического моделирования, выполнения расчетов и формирования отчетов. Представлены интерфейсы формирования когнитивных воздействий, запуска «SCWA», анализа балансовых таблиц и картографического представления результатов.

Апробация охватывает четыре постановки: ограничение выбросов CO_2 в Сибирском федеральном округе, маловодье на Ангаро-Енисейском каскаде ГЭС, повреждение Уральского газотранспортного коридора и дефицит инвестиций в развитие газовой отрасли на период 2025–2030 гг. Последний эксперимент отдельно демонстрирует механизм учета межпериодных последствий. В заключении сформулированы результаты работы, в

приложениях представлены регистрационные документы на программы, классификация угроз и акты использования результатов.

Научная новизна полученных результатов

Наиболее значимые новые результаты исследования состоят в следующем.

1. Разработана методика интеграции онтологических, когнитивных и экономико-математических моделей, предусматривающая формализованное сопоставление семантических концептов с элементами расчетной модели и автоматизированное формирование вычислительных сценариев. В отличие от раздельного применения средств моделирования, полученные на экспертном уровне воздействия включаются непосредственно в расчетную постановку.

2. Модифицирована экономико-математическая модель ТЭК введением экономических, экологических и квазидинамических связей. Предложена формализованная модель вычислительного эксперимента, согласующая математическое и семантическое представления исследуемой ситуации. Использованный фрактальный подход адаптирован к структуре задач прогнозного исследования ТЭК.

3. Разработан метод стохастической корректировки параметров модели на основе когнитивных весов. Его отличительной особенностью является механизм формирования вероятностных характеристик из экспертных причинно-следственных оценок, а не сама по себе стандартная процедура Монте-Карло. Это позволяет исследовать множество расчетных состояний, связанных с исходной семантической постановкой.

4. Модифицирована технология поддержки принятия стратегических решений по развитию ТЭК на основе созданного ИНТЭК-SAW. Обеспечена связанная последовательность формирования модели, семантического анализа, подготовки сценария, оптимизационного расчета и представления результатов в расчетной и семантической формах.

Обоснованность и достоверность результатов

Обоснованность научных положений определяется последовательностью постановки задачи, использованием экономико-математической балансовой модели и формальным описанием преобразований между семантическими и расчетными объектами. В работе приведены уравнения модели, процедура стохастической корректировки, алгоритмы формирования сценариев и описание их программной реализации.

Достоверность результатов в пределах принятых модельных предпосылок подтверждается согласованностью расчетных изменений балансов и ограничений, сопоставлением базовых и сценарных состояний, а также

апробацией на воздействиях различной природы. Представленные эксперименты показывают работоспособность разработанного аппарата для поставленных задач. Полученные значения следует рассматривать как условные сценарные оценки при заданных исходных данных, а не как безусловный прогноз развития ТЭК.

Теоретическая и практическая значимость

Теоретическая значимость заключается в развитии способов согласованного представления экспертных знаний и математических моделей в вычислительном эксперименте. Формализация переходов между представлениями обеспечивает не только задание сценарных воздействий, но и возможность связать результаты оптимизации с исходной постановкой исследования.

Практическая значимость определяется реализацией методов в web-ориентированном программном комплексе ИНТЭК-SAW. Исследователь получает средства подготовки вариантов модели, редактирования онтологических и когнитивных представлений, выполнения многовариантных расчетов и анализа результатов. Совместное использование графового, табличного и картографического представлений позволяет переходить от общей характеристики сценария к детализации показателей по территориям и энергоресурсам.

В приложении В представлены документы об использовании результатов в научно-исследовательской деятельности Института энергетики Национальной академии наук Беларуси и в учебном процессе Иркутского государственного университета и Иркутского национального исследовательского технического университета. Разработанные средства могут применяться при подготовке сценарных исследований ТЭК и материалов для обоснования мероприятий по обеспечению энергетической безопасности.

Публикации, личный вклад и автореферат

Согласно сведениям диссертации, по теме исследования опубликованы 18 работ, в том числе три статьи в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК по специальности 1.2.2 (технические науки), и три статьи, индексируемые в Scopus и/или Web of Science. Получены семь свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ и баз данных. В представленном перечне публикаций отражены интеграция методов моделирования, программная реализация и исследование угроз энергетической безопасности.

Личный вклад автора раскрыт во введении и включает разработку методики интеграции, модификацию модели ТЭК, формализованную модель вычислительного эксперимента, метод «SCWA», реализацию комплекса и

проведение расчетов. Указаны вопросы, обсуждавшиеся совместно с научным руководителем и коллегами. Автореферат отражает структуру диссертации, основные положения, выносимые на защиту, и полученные результаты.

Замечания по содержанию диссертации и автореферата

При положительной оценке исследования имеются следующие замечания и вопросы.

1. Автоматизированное построение онтологии в п. 2.2.2 опирается на принятую систему кодирования ресурсов, районов и технологических операций (с. 64–68). Как изменяются правила интерпретации при включении нового типа технологии либо при загрузке модели с другой системой кодов? Следовало бы четче определить, какие изменения выполняются через справочники и метаонтологию, а какие требуют доработки алгоритма.

2. Результаты «SCWA» представлены средними значениями, среднеквадратическими отклонениями и диапазонами показателей (с. 137–140), тогда как возврат результатов в когнитивную карту описан преимущественно через числовые значения концептов. Не вполне ясно, каким образом в семантическом представлении сохраняется информация о разбросе результатов, чтобы отдельное отображаемое значение не воспринималось как однозначный исход сценария.

3. В п. 3.3 описана последовательность получения оптимальных решений отдельных вариантов модели и интерпретации результатов. Как при последующем сравнении вариантов учитываются предпочтения исследователя, если показатели затрат, дефицитов и экологических последствий дают различный порядок предпочтительности? Требует уточнения граница между оптимизацией одного варианта и выбором рекомендуемого решения по совокупности сценариев.

4. Примеры подтверждают работоспособность интеграции моделей, однако отдельная количественная оценка ее эффекта для работы исследователя не приведена. Сравнение времени подготовки сценария и числа ошибок при ручном переносе параметров и при использовании предложенной технологии позволило бы дополнительно обосновать практические преимущества автоматизации.

Заключение

Приведенные замечания относятся к уточнению границ применения, представлению результатов и дополнительной оценке эффективности разработанной технологии. Они не изменяют общей положительной оценки диссертации.

Работа обладает внутренним единством: задача формализации перехода от экспертного описания ситуации к количественному анализу последовательно решается на уровне моделей, численного метода и программных средств. Содержание соответствует специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, в частности направлениям реализации численных методов в проблемно-ориентированных комплексах, комплексных исследований с применением математического моделирования и проведения вычислительных экспериментов.

Диссертация Мамедова Тимура Габиловича представляет собой завершенную научно-квалификационную работу, в которой решена научная задача интеграции семантического и математического моделирования для интеллектуальной поддержки прогнозных исследований ТЭК. Работа соответствует требованиям пунктов 9–14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к кандидатским диссертациям. Мамедов Тимур Габилович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Официальный оппонент:

Доктор технических наук (05.13.01. Системный анализ, управление и обработка информации), доцент,
главный научный сотрудник лаборатории № 80 «Киберфизических систем» Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт проблем управления им. В. А. Трапезникова Российской академии наук

_____ Захарова Алёна Александровна
«30» 10 2026 г.

Почтовый адрес организации: 117997, ГСП-7, г. Москва, Варшавское шоссе, д. 45 с.2
Телефон организации: +7 (495) 198-17-20. Сайт: https://www.ipu.ru/.
Электронная почта организации: dan@ipu.ru.

