

ИНТЕГРАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ КОЛЛЕКТИВНОЙ ЭКСПЕРТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ЭНЕРГЕТИКЕ

Л.В. Массель, А.Н. Копайгородский, А.Г. Массель

Аннотация. В статье рассматриваются предложенный авторами и развиваемый ими в Институте систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН методический подход к организации поддержки коллективной экспертной деятельности и реализующие его программные инструментальные средства. Описываются ИТ-инфраструктура системных исследований в энергетике и интеллектуальная ИТ-среда для поддержки принятия решений в исследованиях и обеспечении энергетической безопасности. Предлагается технология поддержки коллективной экспертной деятельности, основанная на концепциях сетцентричности и интеграции распределенных информационных и интеллектуальных ресурсов.

Введение. Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН является признанным лидером в области исследований энергетики. Основные научные направления ИСЭМ СО РАН: 1) теория создания энергетических систем, комплексов и установок и управления ими; 2) научные основы и механизмы реализации энергетической политики России и ее регионов. В рамках этих направлений выполняются: исследования систем энергетики (электроэнергетических, газо-, нефте-, нефтепродуктообеспечения, теплосиловых); энергетической безопасности России; региональных проблем энергетики; взаимосвязей энергетики и экономики; перспективных энергетических источников и систем; исследования в области прикладной математики и информатики. Институт, с учетом его специфики, опыта и авторитета, регулярно привлекается вышестоящими организациями или органами власти для оказания консультаций, формирования рекомендаций, разработки энергетических стратегий и др. Как правило, эти работы требуются выполнить в ограниченные сроки, при этом необходима интеграция усилий разных специалистов. Таким образом, коллективная экспертная деятельность является важной составляющей в работе института. До последнего времени эта деятельность выполнялась преимущественно на основе переговорного процесса между экспертами, привлеченными для решения поставленной задачи, с применением программных комплексов для обоснования предлагаемых решений. Авторами предлагаются методы, модели и инструментальные средства для поддержки коллективной экспертной деятельности в энергетике, которые рассматриваются в этой статье.

Предлагаемый подход и базовые технологии. Для организации коллективной экспертной деятельности в энергетике предлагается использовать сетцентрический подход [1].

Сетцентричность – принцип организации систем управления, позволяющий реализовать режим ситуационной осведомленности благодаря формированию и поддержанию единой для всех ярусов управления целостной, контекстной информационной среды [2].

Авторами предложено использовать этот принцип для поддержки принятия решений в энергетике. Решение проблемы непрерывной и высокоточной актуализации данных для всех ярусов управления возможно за счет реализации принципа сетцентричности. При этом важнейшим условием успешной поддержки принятия решений является использование одного и того же, не фрагментированного по какому либо признаку информационного образа реальной ситуации всеми ярусами системы управления. При реализации режима ситуационной осведомленности формирование такого информационного образа осуществляется с применением технологии 3D-визуализации.

Понятие «*ситуационная осведомленность*», или Situational Awareness, сформировалось на рубеже 1990-х годов и связано в первую очередь с пионерными работами Mica R. Endsley (Мика Эндсли). Согласно классическому определению, принцип Situational Awareness представляет собой «чувственное восприятие элементов обстановки в (едином) пространственно-временном континууме, осознанное восприятие их значения, а также проецирование их в ближайшее будущее» [3]. Ситуационная осведомленность базируется на новом подходе к визуализации геопроостранственных данных, получившем в нашей стране название «неогеография». Неогеография – это новое поколение средств и методов отображения локализованной в пространстве и во времени информации, отличающееся от традиционных (классических карт и ГИС) тремя основными признаками:

- представлением информации в единой геоцентрической системе координат, а не в картографических проекциях;
- применением растрового, а не векторного представления географической информации в качестве основного;
- использованием открытых гипертекстовых форматов представления геоданных [3].

Это дает определенные преимущества, такие, как хранение информации в геоцентрической системе координат, гарантирующей уникальность ее локализации без ущерба детальности, возможность обеспечения

трехмерного не ортогонального, но при этом метрически точного, отображения местности и ситуации, а также появление среды массового создания и агрегации геоданных.

Учитывая неоднозначность восприятия термина «неогеография» разными специалистами, авторами было предложено использование, как синонима, термина «3D-визуализация».

Базовые технологии, которые целесообразно использовать для поддержки коллективной экспертной деятельности: технология систем баз данных, хранилищ данных и знаний, семантические технологии, сервис-ориентированная архитектура (SOA) как основа реализации Web-сервисов, облачные и агентные технологии для реализации корпоративного облака, интегрирующего средства поддержки коллективной экспертной деятельности.

Коллектив, который представляют авторы, имеет опыт применения этих технологий для разработки проблемно-ориентированных систем в энергетике. Предлагается использовать имеющиеся разработки как прототипы инструментальных средств поддержки коллективной экспертной деятельности.

ИТ-инфраструктура системных исследований в энергетике как прообраз единой информационной среды в сетевцентрической концепции. Под ИТ-инфраструктурой понимается телекоммуникационная распределенная информационно-вычислительная инфраструктура, а именно, совокупность технических и программных средств, телекоммуникаций и информационной базы научных исследований; технологий их разработки и использования; стандартов (как внутренних, так и внешних) для разработки информационных и программных продуктов в области исследований энергетике, обмена ими и их представления на информационный рынок. ИТ-инфраструктура, являясь интеграционной информационной и вычислительной средой для проведения исследований в энергетике, облегчает построение распределенных баз данных и программных комплексов, создание Web-ориентированных программных комплексов и оказание информационных услуг на основе наукоемких информационных и программных продуктов.

ИТ-инфраструктура включает интеллектуальную инфраструктуру, интеграционную информационную инфраструктуру, распределенную вычислительную инфраструктуру и телекоммуникационную инфраструктуру [4, 5].

Интеграционная информационная инфраструктура исследований энергетике, разработанная в ИСЭМ СО РАН [5], используется для хранения:

- данных о сотрудниках, проводимых ими научных исследованиях и их результатах, информации обо всех разрозненных базах данных и хранилищах данных, используемых для хранения базовой (основной), промежуточной и результирующей информации, необходимой для исследований;
- информации о методах (алгоритмах), выполняющих какие-либо действия над информацией (программных комплексах, пакетах прикладных программ, различных сервисах).

Информационная инфраструктура также содержит модели программ и баз данных, представленные в виде ER-диаграмм, UML-диаграмм, XML-описаний и др.

Под интеллектуальными ресурсами понимаются знания, которыми обладает институт, представленные как в традиционном виде (электронные тексты статей, отчетов и монографий), так и в виде моделей данных и моделей программ и онтологий предметных областей энергетике [6].

Для поддержки научной деятельности научных групп и отдельных исследователей разработаны специализированные хранилища данных и хранилища знаний для каждой системы энергетике, что позволяет значительно упростить построение единого корпоративного хранилища для решения комплексных проблем энергетике.

Процесс исследования отдельной энергетической системы начинается со сбора массива исходных данных, который может быть получен из различных статей, отчетов, статистических сборников, также в качестве исходных данных могут выступать результаты предыдущих исследований. Для поддержки этой деятельности создается хранилище данных и знаний, интегрирующее данные и декларативные знания и разработанное на единой концептуальной основе с использованием базовых программных средств.

Хранилище данных и знаний обеспечивает информационную поддержку исследований в энергетике, хранение описаний размещенных документов, предоставляет возможность быстрого поиска и извлечения любого документа на основе метаданных, поддерживает использование виртуальных коллекций (витрин) документов в соответствии с конкретными потребностями исследователей, а также обеспечивает выполнение других задач на уровне оперирования документами, группами документов и данными. Архитектура хранилища данных и знаний представлена на рис. 1. В Репозитории ИТ-инфраструктуры описываются хранилища данных и знаний отдельных систем энергетике, указывается их расположение (адреса серверов) и интерфейсы взаимодействия (описания Web-сервисов).

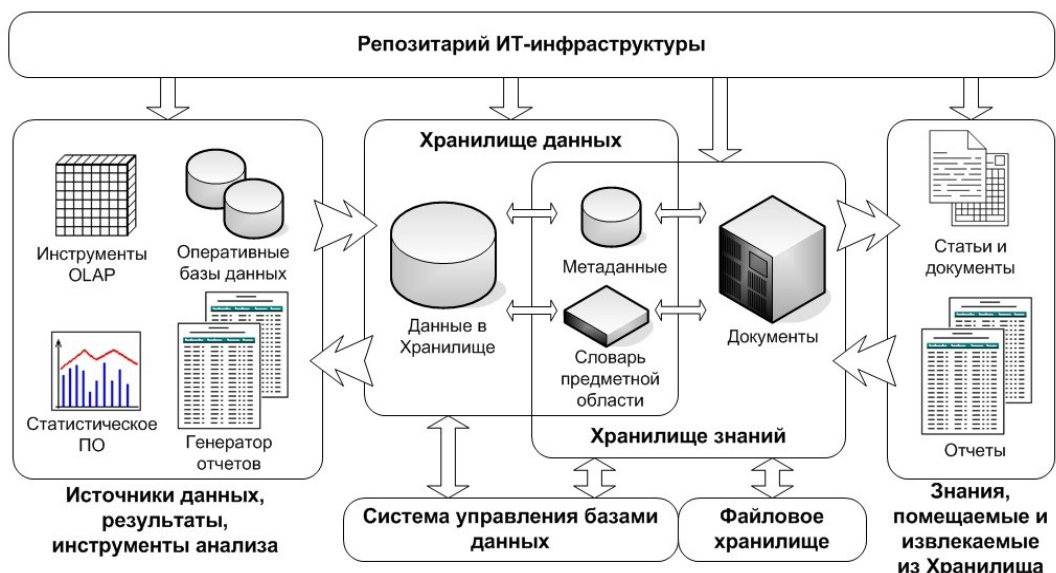


Рис. 1. Архитектура хранилища данных и знаний для поддержки исследований в энергетике

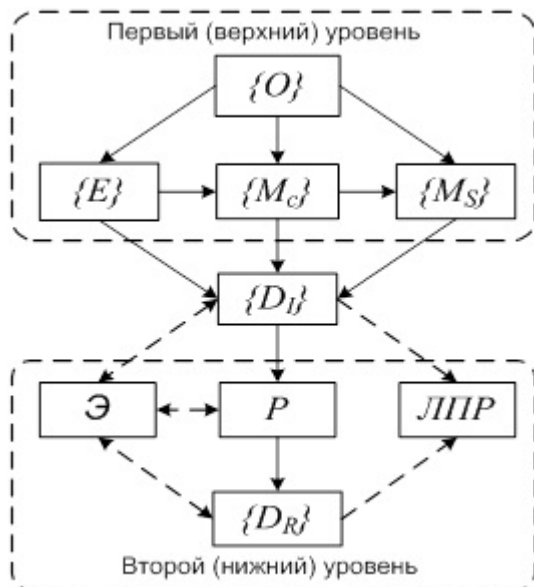
Проектирование хранилища данных и знаний для исследований системы энергетики начинается с анализа предметной области, далее разрабатывается классификатор основных понятий, строятся онтологии предметной области, на основе которых выполняется построение модели данных и осуществляется заполнение хранилища данных и знаний. Следует отметить, что ограничения накладываются только на структуру метаданных, которые описывают документы, находящиеся в хранилище, модели словаря предметной области и хранилища данных.

В процессе исследований функционирования и развития энергетических систем приходится оперировать достаточно большими объемами данных, получаемых из различных источников. Большой объем данных обусловлен их временным характером и множеством показателей исследуемых объектов энергетики. Информация размещается в хранилище данных в соответствии с созданной моделью для выбранной системы энергетики. После внесения данных исследователь имеет возможность выполнить их анализ, выгрузку в различные форматы, использовать полученные данные в качестве исходной информации для специализированных программ моделирования.

Интеллектуальная ИТ-среда как инструмент обоснования решений в энергетике. Под *интеллектуальной инструментальной средой* понимается совокупность инструментальных средств (интеллектуальных систем и баз знаний, программных комплексов и баз данных), совместное использование которых для решения поставленной задачи осуществляется с помощью экспертов и/или интеллектуальных вычислений. Под *интеллектуальными вычислениями (Intelligent Computing)* понимаются методы и системы искусственного интеллекта, направленные на усиление и поддержку естественного интеллекта (поддержку принятия решений экспертами).

Авторами было предложено разработать интеллектуальную инструментальную среду, позволяющую перейти к двухуровневой информационной технологии поддержки принятия решений в исследованиях и обеспечении энергетической безопасности России и ее регионов, интегрирующей:

- первый (верхний) уровень – интеллектуальные вычисления, с целью качественного анализа («экспресс»-анализа), возможных стратегий развития топливно-энергетического комплекса (ТЭК);
- второй (нижний) уровень – расчеты, с помощью традиционных программных комплексов, с целью детализации стратегий развития ТЭК с учетом требований энергетической безопасности, выбранных на первом уровне (рис. 2).



Комментарии к рисунку:

{O} – множество онтологий

{MC} – множество когнитивных моделей

{MS} – множество событийных моделей

{E} – множество описаний прецедентов ЧС

{DI} – информация для поддержки принятия решения при выборе стратегии проведения вычислительного эксперимента

{DR} – информация для принятия решений в области обеспечения ЭБ

P – программный комплекс для проведения вычислительных экспериментов (обоснования вариантов развития ТЭК с учетом требований ЭБ). На первом этапе это ПК «ИНТЭК-М».

Э – эксперт-исследователь

ЛПП – лицо, принимающее решение

Рис. 2. Двухуровневая информационная технология поддержки принятия решений в исследованиях и обеспечении энергетической безопасности

Авторами предложено решение о создании интеллектуальной инструментальной среды в виде композитного приложения (рис. 3), а не монолитного программного комплекса, с тем, чтобы обеспечить гибкое использование инструментальных средств, как отдельных, так и в различных сочетаниях, с одновременным уменьшением функциональной сложности в каждом конкретном случае. Кроме того, обеспечивается возможность привлечения экспертов для анализа выходной и корректировки входной информации при переходе от одного инструментального средства к другому.



Рис. 3. Схема интеллектуальной инструментальной среды.

На рис. 3 представлена схема взаимодействия инструментальных средств в интеллектуальной инструментальной среде. Причем предполагается, что с данной ИИС будут работать такие группы пользователей, как:

- Эксперты. Авторы понимают, что освоить одновременно весь набор представленных в ИИС инструментальных средств одному эксперту будет тяжело, поэтому, предполагается, что будет работать группа экспертов, каждый из которых, в свою очередь, будет использовать только некоторые из них. В связи с этим, в ИИС заложена возможность поддержки коллективной работы.
- Инженеры по знаниям. Предполагается, что эта группа пользователей будет следить за пополнением баз знаний, и заниматься непосредственно внесением новых знаний в базы.

- ЛПП. ИИС «Энергобезопасность» может использоваться и лицами принимающими решения при подготовке готовых решений.
В свою очередь инструментальные средства интеллектуальной ИТ-среды содержат:
- Репозиторий интеллектуальной инструментальной среды, который является частью репозитория ИТ-инфраструктуры.
- OntoMap – инструментальные средства онтологического моделирования.
- CogMap – инструментальные средства когнитивного моделирования [7].
- EventMap – инструментальные средства событийного моделирования [8].
- Bayesian Net– инструментальные средства для оценки рисков с помощью Байесовских сетей доверия [9].
- ЭС «Emergency» – экспертная система, основанная на прецедентах чрезвычайных ситуаций в энергетике [10].
- Геокомпонент – средство для работы с KML-файлами для 3D-визуализации результатов исследований [11].
- ПК «ИНТЭК-М» - многоагентный программный комплекс, который предназначен для численных исследований ИНТЭК-М [12].

Технология поддержки коллективной экспертной деятельности. В процессе принятия решений выделяются следующие основные этапы: определение множества альтернатив; определение критериев оценки и оценка альтернатив; выбор наилучшего решения; реализация выбранного решения. Выбор наилучшего решения, как правило, осуществляют лица, принимающие решения (ЛПР), реализацию – лица, реализующие решения (ЛРР). Первые два этапа связаны с обоснованием и выработкой решений – как правило, на этих этапах и привлекаются эксперты.

Технология поддержки принятия коллективных (согласованных) решений включает восемь основных этапов:

1. формирование задания, которое ЛПР передает Эксперту (будем понимать под этим группу экспертов, деятельность которых требуется согласовывать);
2. анализ задания, который выполняют эксперты с использованием семантических технологий (в нашем случае это онтологическое и когнитивное моделирование), результаты которого используются для обоснования необходимости проведения численных расчетов;
3. сбор данных и/или извлечение их из баз данных и проведение многовариантных расчетов с использованием имеющихся программных комплексов;
4. анализ и интерпретация результатов расчетов, рекомендации по обоснованию предлагаемых решений;
5. компьютерный анализ динамики развития ситуации на основе предложенных вариантов с использованием событийного моделирования и анализ рисков с использованием БСД;
6. согласование вариантов решений, предложенных разными экспертами, и формирование коллективного решения;
7. анализ предложенного решения Лицом, принимающим решения (ЛПР); по результатам анализа осуществляется либо переход на следующий этап, либо корректировка задания (этап 1);
8. реализация принятого решения; в этом этапе эксперты не участвуют, но могут быть привлечены для оценки последствий реализации принятого решения:

В таблице 1 приведено краткое описание этапов с указанием инструментальных средств поддержки этапов и получаемых результатов. Следует учесть, что этап 3 выполняется исследователями-энергетиками, владеющих современными информационными технологиями; на этапах 2, 4, 5, возможно, потребуются привлечение исследователей-энергетиков, если использование предлагаемых инструментальных средств потребует от экспертов-энергетиков дополнительного времени или окажется сложным для самостоятельного их использования.

На всех этапах технологии используется принцип ситуационной осведомленности, которая достигается привлечением информационных образов, иллюстрирующих обосновываемые, вырабатываемые и принимаемые решения с привлечением средств 3D-визуализации.

Этапы технологии иллюстрируются на рис. 4 в нотации BPMN.

Таблица 1. Технология поддержки принятия коллективных решений

№	Наименование	Уровень	Инструментальное средство	Результат
1	Формирование задания	ЛПР		Задание экспертам
2	Анализ задания	Эксперты-энергетики	Интеллектуальная ИТ-среда	Онтологии и когнитивные карты; Обоснование необходимости численных расчетов, план проведения вычислительных экспериментов
3	Сбор данных (извлечение из баз данных), проведение многовариантных расчетов	Исследователи-энергетики	Программные комплексы	Варианты расчетов
4	Анализ и интерпретация результатов расчетов, рекомендации по обоснованию предлагаемых решений	Эксперты-энергетики, Исследователи-энергетики	Аналитические и графические средства интерпретации и визуализации	Выводы по расчетам; рекомендации, предлагаемые отдельными экспертами
5	Компьютерный анализ динамики развития ситуации и анализ рисков на основе предложенных вариантов	Эксперты-энергетики, Исследователи-энергетики	Аппарат событийного моделирования, Байесовские сети доверия (Интеллектуальная ИТ-среда)	Варианты решений, предлагаемые отдельными экспертами
6	Согласование вариантов решений и формирование предлагаемого решения	Эксперты-энергетики	Информационная поддержка переговорного процесса (Репозитарий)	Согласованное решение, предлагаемое группой экспертов
7	Анализ предложенного решения Лицом, принимающим решения	ЛПР	Средства визуализации предлагаемого решения	Принятое решение или корректировка задания
8	Реализация решения	ЛПР (лица, реализующие решения)		

Заключение. В статье рассмотрен предлагаемый методический подход к поддержке коллективной экспертной деятельности в энергетике, который базируется на концепциях сетевости и ситуационной осведомленности. В качестве прообраза единой информационной среды – основы сетевости – предлагается рассматривать ИТ-инфраструктуру исследований в энергетике, в которую интегрирована интеллектуальная ИТ-среда. Предложена технология принятия коллективных решений, включающая восемь основных этапов. Предлагаемые инструментальные средства могут быть использованы для отладки предложенной технологии, а впоследствии – как прототипы инструментальных средств, которые будут реализованы как агенты и/или Web-сервисы в рамках корпоративного облака для поддержки коллективной экспертной деятельности.

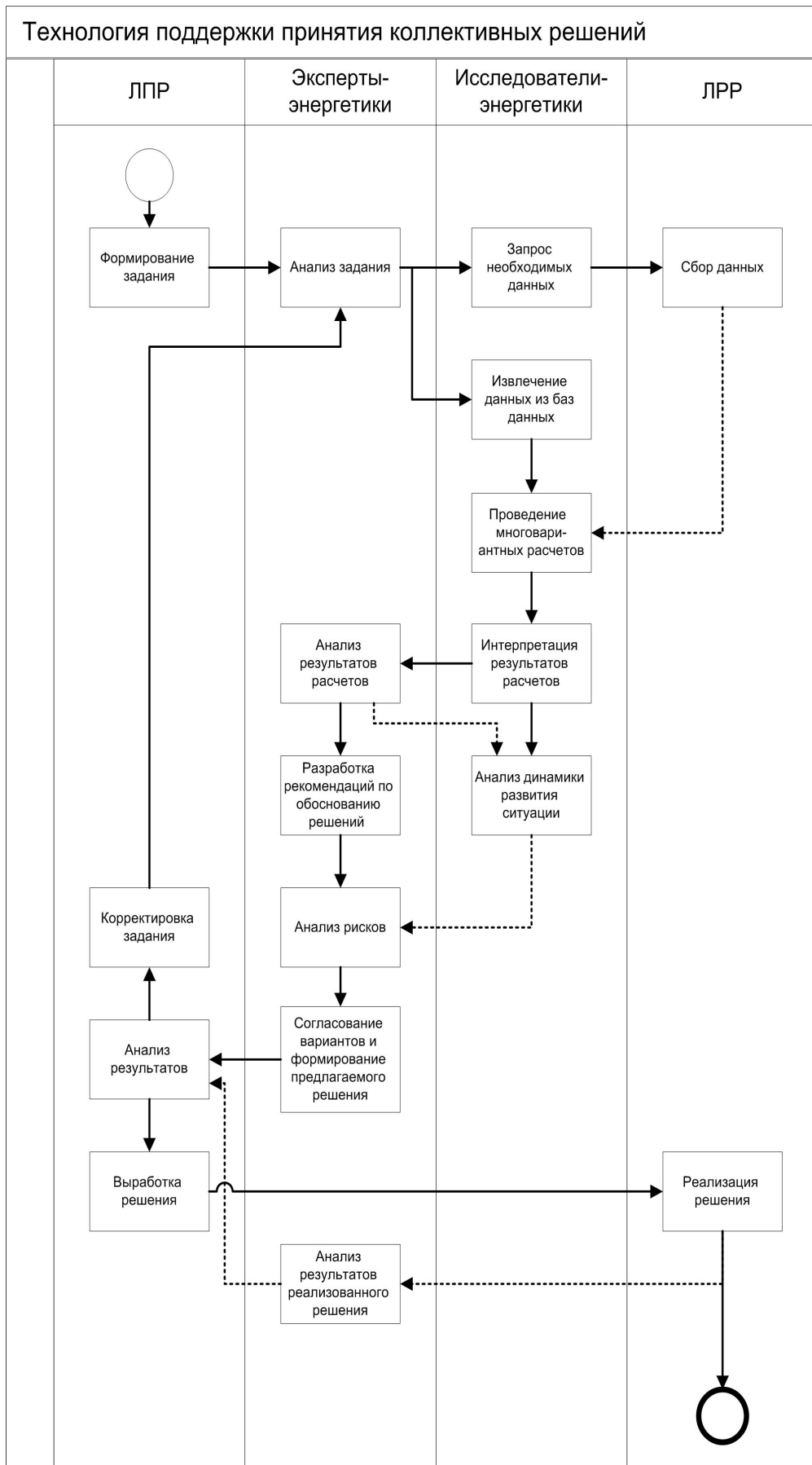


Рис. 4. Технология поддержки принятия коллективных решений

Проект выполняется при частичной финансовой поддержке грантов РФФИ № 11-07-00192, № 12-07-00359, № 13-07-00140, № 13-07-00422 и гранта Программы Президиума РАН №229.

ЛИТЕРАТУРА:

1. L.V. Massel, R.A. Ivanov. Possibility of application of Situational Awareness in energy research. / Proceedings of the Workshop on Computer Science and Informational Technologies (CSIT-2010), Russia, Moscow – St.Petersburg, September 13-19, 2010. – Volume 1, Ufa State Aviation Technical University, 2010. – p. 185-187.
2. Е. Н. Ерёмченко. Неогеография: особенности и возможности. Материалы конференции «Неогеография XXI-2008» IX Международного Форума «Высокие технологии XXI века», Москва. – С. 170-179.
3. Mica R. Endsley, Daniel J. Garland, Situation awareness: analysis and measurement, Lawrence Erlbaum Associates, 2000, ISBN 0805821341, 9780805821345.
4. Л.В. Массель, Е.А. Болдырев, Н.Н. Макагонова, А.Н. Копайгородский, А.В. Черноусов. ИТ-инфраструктура научных исследований: методический подход и реализация // Вычислительные технологии, т.11, 2006.- С.59-67.
5. Н.И. Воропай, Л.В. Массель. ИТ-инфраструктура системных исследований в энергетике и предоставление ИТ-услуг. – Известия АН – Энергетика, №3, 2006.- С. 86-93.
6. А.Н. Копайгородский, Л.В. Массель. Разработка и интеграция основных компонентов информационной инфраструктуры научных исследований // Вестник ИрГТУ.-2006.- № 2 (26), т.3.- С.23-29.
7. А.Г. Массель. Когнитивное моделирование угроз энергетической безопасности // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал), отд. вып. №17. – М.: Изд-во «Горная книга», 2010. – С. 194 – 199.
8. В.Л. Аршинский. Событийное моделирование чрезвычайных ситуаций в энергетике // Информационные технологии в науке, образовании, телекоммуникации и бизнесе: Труды Международной конференции – Украина, Гурзуф, 2010. – С. 299–301.
9. Л.В. Массель, Е.В. Пяткова. Применение байесовских сетей доверия для интеллектуальной поддержки исследований проблем энергетической безопасности // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2012. – №2 – С. 8-13
10. А.Г. Массель, В.Р. Кузнецких, А.С. Кушнарв, И.Д. Пономарев, Л.И. Пантелеева. Разработка экспертной системы, основанной на прецедентах чрезвычайных ситуаций в энергетике. // Винеровские чтения: Труды IV Всероссийской конференции.– Иркутск, 2011. – Т. 2. – С. 154 – 159.
11. Р.А. Иванов. Методика 3D–визуализации для поддержки принятия решений в энергетических исследованиях // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2013. №1(37). – с. 116-121.
12. В.Л. Аршинский, А.Г. Массель, Д.А. Фартышев. Мультиагентный программный комплекс для исследований проблемы энергетической безопасности // Информационные и математические технологии в науке и управлении: Труды XIV Байкальской Всероссийской конференции– Иркутск, 2009. – Том 3. – С. 283-289.