

УДК 004.82

DOI:10.25729/ESI.2024.33.1.003

Система онтологий научного портала знаний для системных исследований энергетики

Ворожцова Татьяна Николаевна, Пестерев Дмитрий Вячеславович

Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН,

Россия, Иркутск, tnn@isem.irk.ru

Аннотация. В работе рассматриваются вопросы структурирования знаний в области исследований энергетики и предлагается система онтологий для обеспечения доступа к знаниям с использованием разрабатываемого онтологического портала научных знаний. Научный портал знаний для исследований энергетики разрабатывается на основе технологии построения порталов научных знаний, созданной в Институте систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН в Новосибирске. Предлагаемая система онтологий формируется с учетом системного подхода как общей методологии системных исследований, выполняемых в Институте систем энергетики им. Л.А. Мелентьева (ИСЭМ СО РАН). Приведены примеры онтологий, отражающих взаимосвязи между направлениями исследований и сложной структурой объектов исследования.

Ключевые слова: портал знаний, онтология, системный подход, энергетика, технологии построения порталов знаний

Цитирование: Ворожцова Т.Н. Система онтологий научного портала знаний для системных исследований энергетики / Т.Н. Ворожцова, Д.В. Пестерев // Информационные и математические технологии в науке и управлении. – 2024. – № 1(33). – С. 31-39. – DOI:10.25729/ESI.2024.33.1.003.

Введение. В ИСЭМ СО РАН выполняется работа по формированию онтологического пространства знаний для системных исследований энергетики, которое представляет собой совокупность онтологий, отражающих взаимосвязи базовых понятий предметной области исследований энергетики и смежных предметных областей. Доступ к этому пространству знаний обеспечивается посредством научного портала знаний, который представляет собой единый интерфейс для работы с большими объемами информационных ресурсов. Научный портал знаний – это специализированный интернет-портал, обеспечивающий систематизацию знаний и информационных ресурсов в заданной научной области знаний, их интеграцию и содержательный доступ к ним. Онтологический портал знаний – это интернет-портал, основанный на системе взаимосвязанных онтологий, отражающих необходимые и доступные для исследований знания в области энергетики и других смежных предметных областей.

Наиболее близкое отношение к категории научных порталов имеют интернет-ресурсы, в частности, порталы и сайты образовательных учреждений, научных журналов, академических институтов, а также специализированные порталы, посвященные новостям науки. Научные порталы знаний имеют, как правило, новостную, образовательную или энциклопедическую направленность. Примеры научных порталов:

- Наука.рф – официальный сайт «Десятилетия науки и технологий в России» содержит информацию о главных новостях, инициативах, проектах и мероприятиях [1].
- Научная Россия – электронное периодическое издание «Научная Россия» [2].
- ПостНаука – образовательная платформа, лекции лучших российских и зарубежных ученых, интервью с исследователями фундаментальной науки и практикующими специалистами [3].
- Новая наука – актуальные новости научных открытий, высоких технологий, электроники и космоса [4].
- Наука и просвещение – международный центр научного сотрудничества. Конференции, конкурсы, монографии [5].

Существует ряд интернет-ресурсов, порталов и сайтов, посвященных энергетической тематике, в том числе, научных и образовательных. Примеры порталов по энергетике можно условно разделить на отраслевые, посвященные как отрасли в целом, так и ее отдельным направлениям; новостные, содержащие актуальные новости; и порталы энергетических компаний и организаций. К первой группе относятся, например, следующие:

- Энергетика и промышленность России – ведущий отраслевой портал, содержит новости энергетики, статьи, аналитику, интервью, новые технологии, каталог предприятий, мероприятия [6].
- Энергосети России – портал об электроэнергетике, включает каталог поставщиков, энергетических компаний, электростанций, публикации, обзоры [7].
- Energyland.info – интернет-портал сообщества ТЭК, содержит разделы: теплоэнергетика, альтернативная энергетика, гидроэнергетика, технологии и разработки, ТЭК [8].

Примеры новостных энергетических порталов:

- Новости энергетики – информационный портал; включает актуальные новости разделов: электроэнергетика, альтернативная энергетика, атомная энергетика, энергосбережение, электрические сети [9].
- Медиа-новости – для освещения событий и тенденций в энергетической отрасли Евразии и мира [10].
- Энергоньюс – мировые новости и инновации в энергетике [11].

Порталы энергетических компаний и организаций:

- Министерство энергетики РФ – содержит разделы: новости, деятельность, статистика [12].
- РЭА – Российское энергетическое агентство Минэнерго России [13].
- РусГидро – портал энергохолдинга «РусГидро». Включает разделы: деятельность, новости, инновации, цифровая трансформация [14].

Особенностью разрабатываемого портала знаний для исследований энергетики является его более узкая научная направленность, в отличие от других порталов по энергетике, ориентированных на доступ к информационным ресурсам практического и коммерческого назначения, а также в отличие от порталов знаний и научных порталов, имеющих образовательную или энциклопедическую направленность.

Актуальность использования онтологий обусловлена необходимостью интеграции и наглядного представления знаний для системных исследований энергетики. Онтологии используются в качестве ядра информационной модели портала знаний.

1. Технология построения портала. Научный портал знаний для исследований энергетики разрабатывается на основе технологии построения интеллектуальных научных интернет ресурсов (ИНИР), предложенной в Институте систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН в Новосибирске [15, 16]. Особенности этой технологии являются: использование онтологий в качестве средства представления и систематизации знаний и ориентация на экспертов, специалистов в тех областях знаний, для которых создаются ресурсы.

Процесс построения разрабатываемого портала знаний для исследований энергетики включает следующие этапы:

- Разработка онтологии и тезауруса предметной области (построение базовых иерархий «общее-частное» или «часть-целое» из метапонятий, определение отношений между понятиями, задание атрибутов, описывающих свойства понятий и отношений, кодирование онтологии в системе Protege).
- Настройка пользовательского интерфейса – визуализация Информационных Объектов (ИО), являющихся экземплярами понятий онтологии.

- Информационное наполнение портала знаний.
Построение онтологии портала базируется на следующих принципах:
- Структурирование онтологий.
- Использование уже разработанных базовых онтологий (базовая онтология научной деятельности, базовая онтология научного знания, базовая онтология задач и методов, базовая онтология научных информационных ресурсов).
- Использование паттернов онтологического проектирования для построения онтологий научных предметных областей.

Структурирование онтологий в соответствии с технологией построения портала знаний предполагает выделение онтологии научной деятельности и онтологии научного знания. Онтология научной деятельности относится к организации научно-исследовательской работы, описывающей участников (исследователей, организации), мероприятия (конференции, семинары), проекты, публикации и др. Онтология научного знания описывает предметную область с выделением направлений, разделов, объектов, предметов, методов исследования.

2. Структура знаний системных исследований энергетики. Системные исследования энергетики предполагают системный подход как общую методологию исследований, которая включает иерархическое представление структуры объектов исследования, учет внешних связей рассматриваемой системы, учет неопределенностей и неполноты информации, а также использование математических методов и информационных технологий [17].

В ИСЭМ СО РАН разработано множество графических онтологий, отражающих разные аспекты исследований. На начальном этапе онтологии разрабатываются в графическом виде с использованием инструментария SmartTools. Такие онтологии отражают совокупность основных понятий и взаимосвязей рассматриваемого раздела исследований. Это обеспечивает их наглядность и возможность согласования базовых понятий между исследователями. Тематика системных исследований энергетики охватывает большое количество компонентов необходимых знаний и, соответственно, большое количество терминов предметной области (например, как это показано на рисунке 1).

Каждый из представленных на рисунке терминов является понятием онтологии системных исследований энергетики. Показанные связи базовых понятий отражают только иерархические отношения между представленными понятиями, а вся совокупность возможных взаимосвязей между ними значительно шире. Основой для систематизации области знаний рассматриваемой предметной области является структура системных исследований энергетики, представленная в работах [18, 19]. Основные направления системных исследований, выполняемых в ИСЭМ СО РАН, остаются неизменными, так как достаточно полно охватывают тематику исследований и включают:

- Комплексные проблемы энергетики:
- Прогнозирование развития систем энергетики.
- Исследование развития мировой энергетики.
- Энергетическая безопасность.
- Экологические проблемы.
- Управление системами энергетики:
 - Управление развитием систем энергетики.
 - Управление функционированием систем энергетики.
- Теоретические основы:
 - Свойства систем энергетики.
 - Закономерности развития систем энергетики и энергетических технологий.
 - Методы моделирования и системного анализа, информационные технологии.

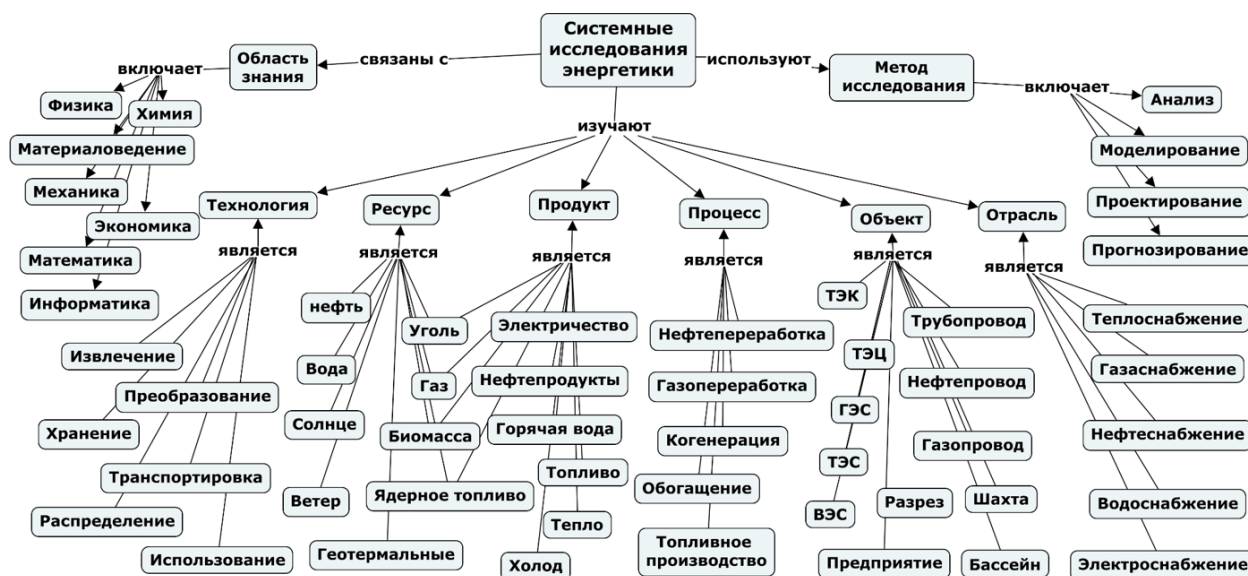


Рис. 1. Компоненты системных исследований энергетики

Разработанная в ИСЭМ СО РАН система онтологий структурируется на основе фрактального подхода [20], обеспечивающего переход от онтологий верхнего уровня (метаонтологий), включающих наиболее общие понятия, к более детальным, описывающим различные разделы системных исследований. На рисунке 2 показана метаонтология системных исследований энергетики, которая является основой системы онтологий разрабатываемого портала знаний.

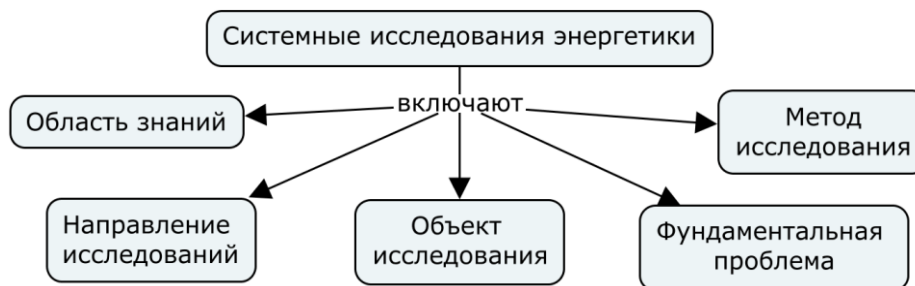


Рис. 2. Метаонтология системных исследований энергетики

На основе графических онтологий создается их формализованное представление с использованием открытой системы разработки онтологий Protégé на языке OWL, которое используется системой настройки и управления его контентом.

3. Система онтологий портала знаний. Система онтологий портала соответствует структуре предметной области исследований энергетики и сложной иерархической структуре объектов исследований, отражает направления и особенности выполняемых конкретных исследований, методы исследований, информационные ресурсы и другие источники знаний.

С учетом используемой технологии построения портала знаний и структуры предметной области исследований энергетики онтология разрабатываемого портала знаний включает описание научной деятельности, предметной области исследований энергетики и релевантных ей ресурсов. На рисунке 3 показаны эти основные разделы портала (Деятельность, Информационный ресурс, Системные исследования энергетики) и их компоненты.

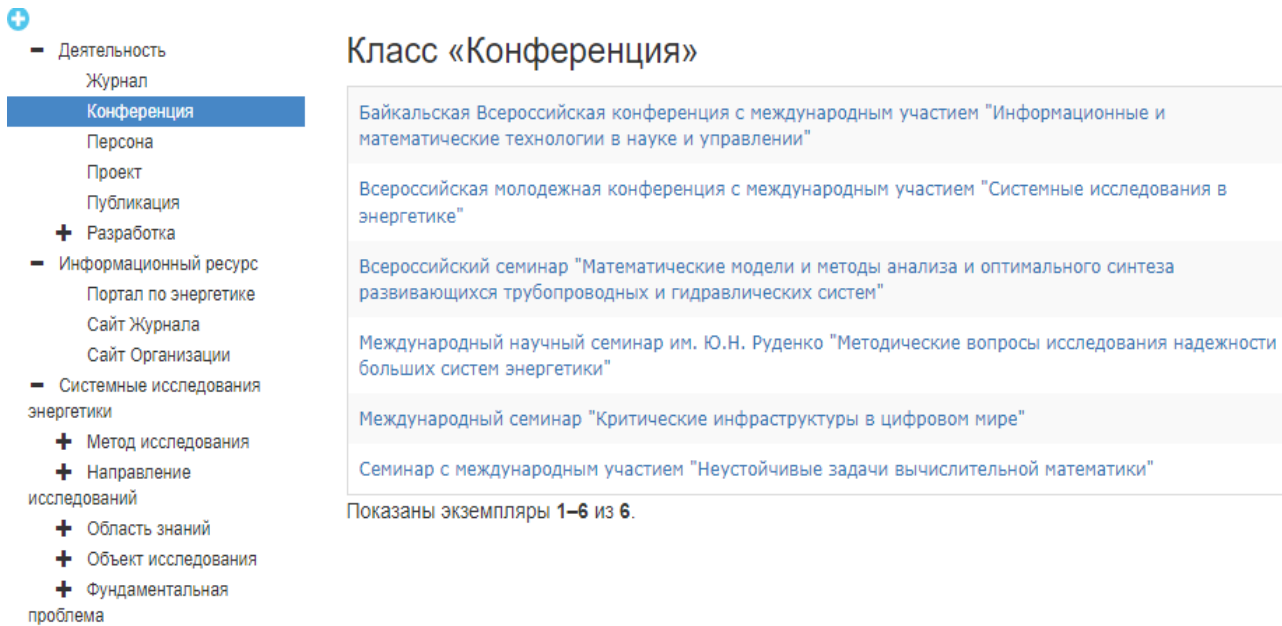


Рис. 3. Иерархия разделов портала

В разделе «Деятельность» отражается научно-организационная деятельность ИСЭМ СО РАН, в частности, проводимые в институте семинары и конференции разного уровня, издаваемые научные журналы, выполняемые проекты и разработки и др. Раздел «Информационный ресурс» предполагает обеспечение доступа к тематическим интернет-ресурсам соответствующей предметной области, а именно, порталам, сайтам и журналам энергетической тематики.

Раздел «Системные исследования энергетики» детализируется в соответствии с представленной выше метаонтологией системных исследований энергетики. В частности, раздел «Область знаний» включает физику, химию, материаловедение, информатику, экономику и другие, как это показано на рисунке 1. Там же перечислены используемые методы исследований. Раздел «Направление исследований» детализируется в соответствии с тематикой научных подразделений института. Раздел «Фундаментальные проблемы» соответствует тематике базовых проектов исследований по государственному заданию на 2021-2025 годы в программе фундаментальных научных исследований РФ 2021-2030.

Наиболее сложной является система онтологий раздела «Объект исследования». Основной объект исследований энергетики – это топливно-энергетический комплекс (ТЭК), объединяющий совокупность взаимосвязанных отраслей и систем энергетики. Структуру ТЭК можно представить в разных аспектах рассмотрения. Предлагается в качестве основных понятий (классов) метаонтологии исследований ТЭК рассматривать отраслевую, производственно-технологическую и территориальную системы, а также понятия – ресурс/продукт и объект/предприятие. Отраслевая структура включает совокупность отраслей: электроэнергетическую, теплоснабжающую, нефте-газоснабжающую, углеснабжающую. Производственно-технологическая структура рассматривается в соответствии с этапами технологического процесса: добыча, транспортировка, переработка топлива, преобразование топлива в энергию, транспортировка энергии, распределение энергии. Иерархия территориальной структуры ТЭК включает страну, федеральные округа, субъекты Российской Федерации.

Дальнейшая детализация онтологий предполагает представление объектов исследования на все более детальном уровне. На рисунке 4 показана онтология электростанций, являющаяся основой для представления таких объектов исследования в портале знаний.

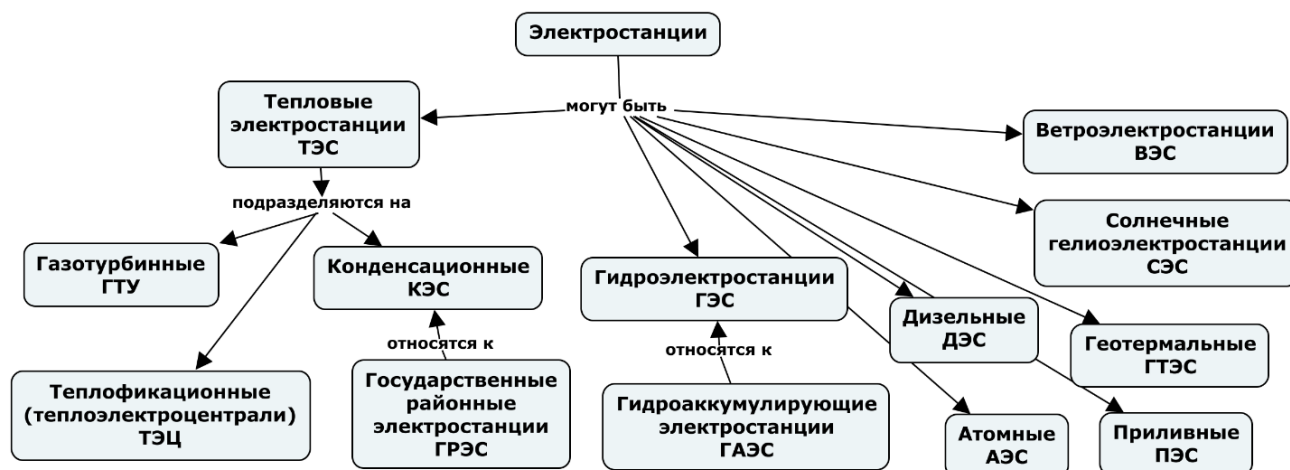


Рис. 4. Онтология электростанций

Примером онтологии более детального уровня является раздел теплоэнергетики, показанный на рисунке 5.

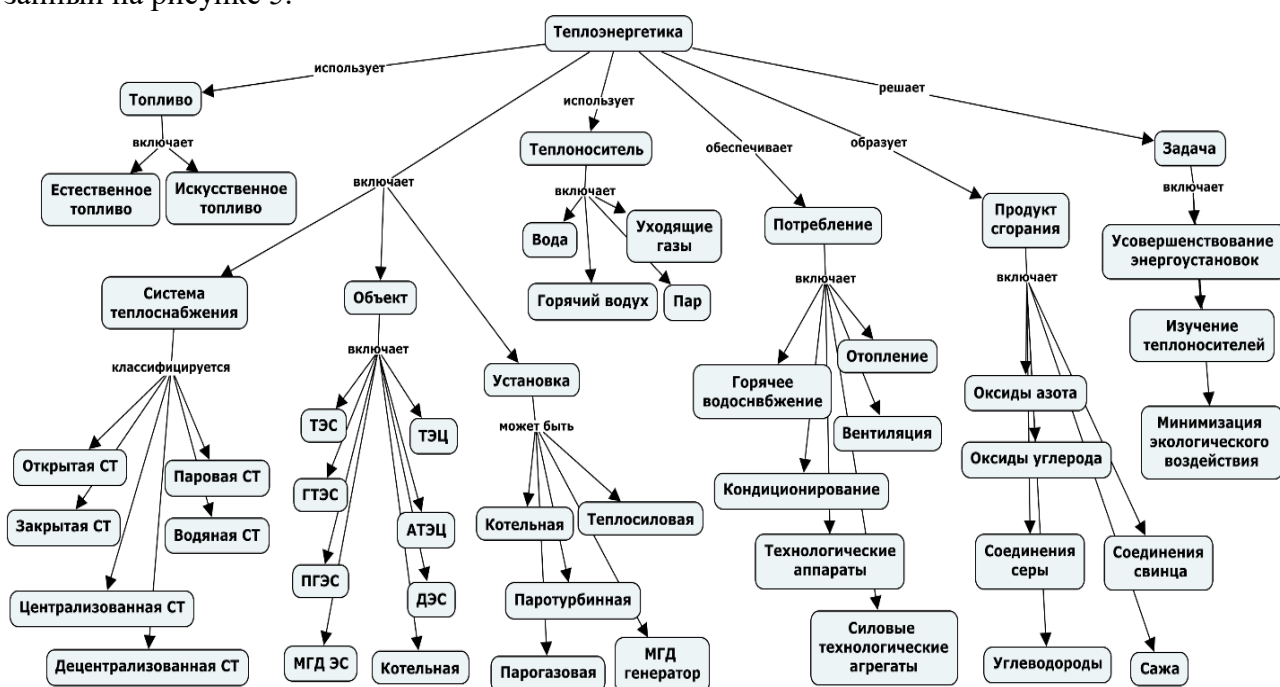


Рис. 5. Онтология теплоэнергетики

4. Информационные объекты портала знаний. Информационные ресурсы портала для представления реальных объектов и связей между ними организованы в виде сети взаимосвязанных Информационных Объектов (ИО), каждый из которых является экземпляром некоторого понятия онтологии портала. На рисунке 6 приведен пример, где представлены экземпляры или информационные объекты понятия «Проект», являющиеся конкретными названиями проектов, выполняемых в институте ИСЭМ СО РАН.

Взаимосвязи между информационными объектами определяются отношениями, заданными между соответствующими понятиями в онтологии. Предполагаются отношения наследования для построения иерархии понятий, отношения включения: «часть-целое», а также множество ассоциативных отношений. Совокупность таких информационных объектов образует контент портала, его информационное содержание. Доступ к знаниям и данным осуществляется путем навигации по дереву понятий онтологии.

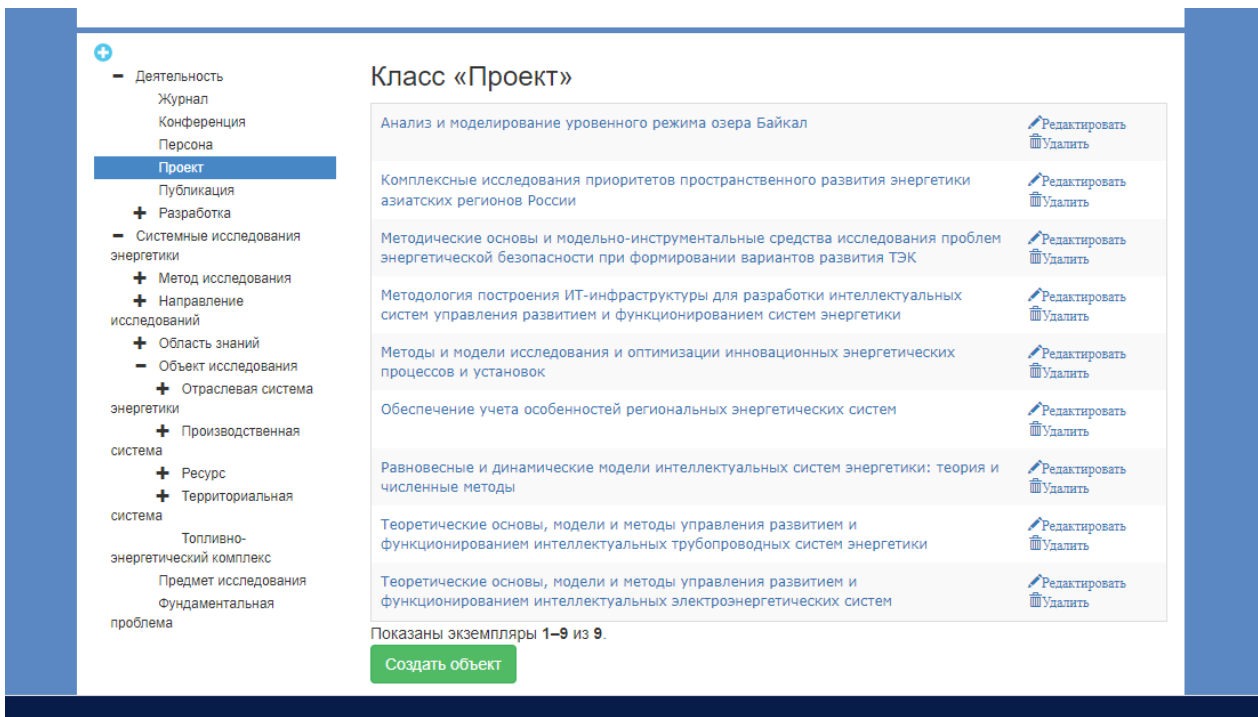


Рис. 6. Пример навигации по portalу

Заключение. Использование современных подходов к представлению знаний в области энергетики обусловлено необходимостью описания, структурирования и интеграции сложной структуры знаний для системных исследований энергетики. Разрабатываемый научный портал знаний предназначен для обеспечения доступности и наглядного представления знаний по конкретной тематике и с этой точки зрения имеет специфическую направленность. Такой портал обеспечивает интеграцию знаний, описанных в терминах онтологии и представленных в виде большого набора фрагментов, относящихся к разным разделам предметной области «Энергетика». Возможности предлагаемой технологии позволяют расширять области описываемых информационных ресурсов и интеграцию знаний, а также оперативно пополнять контент портала знаний в процессе его эксплуатации.

Благодарности. Работа по разработке, интеграции и наполнению онтологий научного портала знаний продолжается в рамках проекта государственного задания ИСЭМ СО РАН «Методология построения ИТ-инфраструктуры для разработки интеллектуальных систем управления развитием и функционированием систем энергетики» (№ FWEU-2021-0007, рег. № AAAA-A21_121012090007) программы фундаментальных исследований РФ на 2021-2030 гг.

Список источников

1. Официальный сайт Десятилетия науки и технологий в России. – URL: <https://наука.рф> (дата обращения: 20.10.2023).
2. Научная Россия. Электронное периодическое издание. – URL: <https://scientificrussia.ru> (дата обращения: 20.10.2023).
3. ПостНаука. – URL: <https://postnauka.org> (дата обращения 20.10.2023).
4. New-Science.ru. Новости науки, технологий и техники. – URL: <https://new-science.ru> (дата обращения: 20.10.2023).
5. Наука и просвещение. Конференции. Публикация статей. – URL: <https://naukaip.ru> (дата обращения: 20.10.2023).
6. Энергетика и промышленность России. Информационный портал. – URL: <https://www.eprussia.ru> (дата обращения: 20.10.2023).
7. Энергетика России. Портал об электроэнергетике. – URL: <https://energoseti.ru> (дата обращения: 20.10.2023).
8. Energyland.info. Новости энергетики, все инструменты для бизнеса, аналитика, обзоры. – URL: <https://energyland.info> (дата обращения: 20.10.2023).

9. Последние новости энергетики России. Информационный портал энергетика. – URL: <https://novostienergetiki.ru> (дата обращения: 20.10.2023).
10. E²nergy. Энергетика Евразии и мира. – URL: <https://eenergy.media> (дата обращения: 20.10.2023).
11. ЭнергоНьюс. Новости энергетики. – URL: <http://energo-news.ru> (дата обращения: 20.10.2023).
12. Министерство энергетики. Министерство энергетики РФ. – URL: <https://minenergo.gov.ru> (дата обращения: 20.10.2023).
13. Российское энергетическое агентство. – URL: <https://rosenergo.gov.ru> (дата обращения: 20.10.2023).
14. ПАО «РусГидро». – URL: <https://rushydro.ru> (дата обращения: 20.10.2023).
15. Загоруйко Ю.А. Технология создания тематических интеллектуальных интернет-ресурсов, базирующаяся на онтологии / Ю.А. Загоруйко, Г.Б. Загоруйко, О.И. Боровикова. // Программная инженерия, 2016. – № 2. – Том 7. – С. 51-60. – DOI: 10.17587/prin.7.51-60.
16. Загоруйко Ю.А. Технология разработки порталов научных знаний / Ю.А. Загоруйко // Программные продукты и системы, 2009. – № 4. – С. 25-29.
17. Иерархическое моделирование систем энергетики / отв. ред. Н.И. Воропай, В.А. Стенников; Рос. акад. Наук, Сиб. Отд-ние, Ин-т систем энергетики им. Л.А. Мелентьева. – Новосибирск: Академическое изд-во «Гео», 2020. – С. 314. – ISBN 978-5-6043021-9-4 (в пер.). – DOI:10.21782/B978-5-6043021-9-4.
18. Системные исследования проблем энергетики / Л.С. Беляев, Б.Г. Санеев, С.П. Филиппов и др. Под ред. Н.И. Воропая. Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 2000. – 558 с.
19. Системные исследования в энергетике: Ретроспектива научных направлений СЭИ-ИСЭМ / отв. ред. Н.И. Воропай. – Новосибирск: Наука, 2010. – 686 с.
20. Массель Л.В. Фрактальный подход к структурированию знаний и примеры его применения / Л.В. Массель // Онтология проектирования, 2016. – Т.6. – №2(20). – С. 149-161. – DOI:10.18287/2223-9537-2016-6-2-149-161.

Ворожцова Татьяна Николаевна. Кандидат технических наук, ведущий инженер исследователь отдела систем искусственного интеллекта в энергетике, Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, ORCID: 0000-0002-4022-8937, tnn@isem.irk.ru, Россия, Иркутск, Лермонтова д. 130.

Пестерев Дмитрий Вячеславович. Инженер-исследователь отдела систем искусственного интеллекта в энергетике, Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева СО РАН, SPIN: 4804-0232, ORCID: 0000-0002-8700-9520, pesterev.dmitriy@gmail.com, Россия, Иркутск, Лермонтова д. 130.

UDC 004.82

DOI:10.25729/ESI.2024.33.1.003

Ontologies system of a scientific knowledge portal for systemic energy research

Tatyana N. Vorozhtsova, Dmitrii V. Pesterev

Melentiev Energy Systems Institute SB RAS,

Irkutsk, Russia, tnn@isem.irk.ru

Abstract. The paper discusses issues of structuring knowledge in the field of energy research and proposes a system of ontologies to provide access to knowledge and information using the developed ontological portal of scientific knowledge. The scientific knowledge portal for energy research is being developed on the basis of the technology for constructing scientific knowledge portals developed at the A.P. Ershov Institute of Informatics Systems SB RAS in Novosibirsk. The proposed ontologies system is formed taking into account the systems approach as a general methodology for systems research carried out at the Melentiev Energy Systems Institute SB RAS (MESI SB RAS). Examples of ontologies are given that reflect the relationships between areas of research and the complex structure of research objects.

Keywords: knowledge portal, ontology, systems approach, energy, technologies for constructing knowledge portals

Acknowledgements: Work on the development, integration and filling of ontologies of the scientific knowledge portal continues within the framework of the state task project “Methodology for building an IT infrastructure for the development of intelligent systems for managing the development and functioning of energy systems” (No. FWEU-2021-0007) of the Russian Federation fundamental research program for 2021-2030 yy.

References

1. Oficialnyj sajt Desyatiletiya nauki i tekhnologij v Rossii [Official website of the Decade of Science and Technology in Russia], available at: <https://наука.рф> (accessed: 10/20/2023).
2. Nauchnaya Rossiya. Elektronnoye periodicheskoye izdaniye [Scientific Russia. Electronic periodical], available at: <https://scientificrussia.ru> (accessed: 10/20/2023).
3. PostNauka [PostScience], available at: <https://postnauka.org> (accessed: 10/20/2023).
4. New-Science.ru. Novosti nauki, tekhnologij i tekhniki [New-Science.ru. News of science, technology and engineering], available at: <https://new-science.ru> (accessed: 10/20/2023).
5. Nauka i prosveshchenie. Konferencii. Publikaciya statej [Science and education. Conferences. Publication of articles], available at: <https://naukaip.ru> (accessed: 10/20/2023).
6. Energetika i promyshlennost' Rossii. informatsionnyy portal [Energy and industry of Russia. informational portal], available at: <https://www.eprussia.ru> (accessed: 10/20/2023).
7. Energetika Rossii. Portal ob elektroenergetike [Energy of Russia. Portal about the electric power industry], available at: <https://energosei.ru> (accessed: 10/20/2023).
8. Energyland.info. Novosti energetiki, vse instrumenty dlya biznesa, analitika, obzory [Energyland.info. Energy news, all business tools, analytics, reviews], available at: <https://energyland.info> (accessed: 10/20/2023).
9. Poslednie novosti energetiki Rossii. Informacionnyj portal energetika [Latest Russian energy news. Energy Information Portal], available at: <https://novostienergetiki.ru> (accessed: 10/20/2023).
10. E2nergy. Energetika Yevrazii i mira [Energy of Eurasia and the world], available at: <https://eenergy.media> (accessed: 10/20/2023).
11. EnergoN'yus. Novosti energetiki [EnergoNews. Energy News], available at: <http://energo-news.ru> (accessed 10/20/2023).
12. Ministerstvo energetiki. Ministerstvo energetiki RF [Ministry of Energy. Ministry of Energy of the Russian Federation], available at: <https://minenergo.gov.ru> (accessed: 10/20/2023).
13. Rossiyskoye energeticheskoye agentstvo [Russian Energy Agency], available at: <https://rosenergo.gov.ru> (accessed: 10/20/2023).
14. PAO "RusGidro" [RusHydro], available at: <https://rushydro.ru> (accessed: 10/20/2023).
15. Zagorulko Yu.A., Zagorulko G.B., Borovikova O.I. Tekhnologiya sozdaniya tematicheskikh intellektual'nykh nauchnykh internet-resursov, bazirujushhajasja na ontologii [Technology for building subject-based intelligent scientific internet resources based on ontology]. Programmnaia inzhenerija [Software Engineering], 2016, no. 2, pp. 51-60, DOI:10.17587/prin.7.51-60.
16. Zagorulko Yu.A. Tehnologija razrabotki portalov nauchnykh znaniy [Technology portal development of scientific knowledge]. Programmnye produkty i sistemy [Software & Systems], 2009, no.4, pp. 25-29.
17. Voropai N.I., Stennikov V.A., eds. Ierarkhicheskoe modelirovanie sistem energetiki [Hierarchical modeling of energy systems]. Novosibirsk, Geo Publ., 2020. 314 p., ISBN 978-5-6043021-9-4, DOI:10.21782/B978-5-6043021-9-4.
18. Belyayev L.S. Sistemnye issledovaniya problem energetiki [Systematic studies of energy problems]. Ed. by N.I. Voropay, Novosibirsk, Nauka, Sibirskaya firma RAN [Science. Siberian firm RAS], 2000, 558 p.
19. Sistemnye issledovaniya v jenergetike: retrospektiva nauchnykh napravlenij SEI-ISEM [Systems research in energy: a retrospective of the scientific directions of SEI-ISEM]. Ed. N.I. Voropay. Novosibirsk: Nauka [Science], 2010, 686 p.
20. Massel L.V. Fraktal'nyj podhod k strukturirovaniyu znaniy i primery ego primeneniya [Fractal approach to knowledge structuring and examples of its application]. Ontologiya proyektirovaniya [Ontology of designing]. 2016, vol.6, № 2(20), pp. 149-161, DOI:10.18287/2223-9537-2016-6-2-149-161.

Vorozhtsova Tatiana Nikolaevna. Ph.D, leading research engineer of the department of artificial intelligence systems in energy, Melentiev energy systems institute SB RAS, ORCID: 0000-0002-4022-8937, tnn@isem.irk.ru, Russia, Irkutsk, Lermontova, 130.

Pesterev Dmitrii Vyacheslavovich. Research engineer of the department of artificial intelligence systems in energy, Melentiev energy systems institute SB RAS, SPIN: 4804-0232, ORCID: 0000-0002-8700-9520, pesterev.dmitriy@gmail.com, Russia, Irkutsk, Lermontova, 130.

Статья поступила в редакцию 17.11.2023; одобрена после рецензирования 16.02.2024; принята к публикации 11.03.2024.

The article was submitted 11/17/2023; approved after reviewing 02/16/2024; accepted for publication 03/11/2024.