

К ВОПРОСУ КОНЦЕПТУАЛЬНОЙ РАЗРАБОТКИ ПАРТНЕРСКОГО СЕРВИСА УЧЕТА ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ И ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

В. А. Ганявин¹, Д. Х. Михайлиди², Д. П. Еремин³

^{1, 2, 3} Центр экологической промышленной политики, Москва, Россия
¹v.ganyavin@eipc.center, ²d.mikhailidi@eipc.center, ³d.eremin@eipc.center

Аннотация. *Актуальность и цели.* Представлен концептуальный этап проектирования интеллектуального сервиса учета вторичных ресурсов и вторичного сырья для совершенствования работы государственной информационной системы промышленности. Приведены основные требования к разработке сервиса, в которых отражаются сведения о количестве вторичного сырья, доступного для применения в технологических процессах, а также географии его образования. *Материалы и методы.* Рассмотрены способы интеграции вновь создаваемого сервиса, формализованы алгоритм функционирования и программные процедуры системы поддержки принятия решений для выдачи экономически эффективных рекомендаций и предложений по взаимодействию различных категорий пользователей для согласования инновационного и инвестиционного развития отраслей и регионов. *Результаты.* Новизна предлагаемого подхода заключается в комплексном применении экспертных знаний на всех этапах моделирования в причинно-следственной парадигме с целью синтеза предпочтительных вариантов предложения развития не только для конкретного субъекта, но и о потенциальном симбиозе с другими участниками индустриальной экосистемы, включая предложения по кооперации трудовых и иных ресурсов. *Выводы.* Встраивание в информационную систему гибкой процедуры логического вывода и моделирования различных сценариев позволит сформировать для участников сервиса наиболее экономически обоснованные рекомендательные предложения по дальнейшему использованию и переработке вторичного сырья.

Ключевые слова: инструменты стратегического планирования, информационная система, система поддержки принятия решений, онтология проектирования, продуктивная модель, логический вывод

Для цитирования: Ганявин В. А., Михайлиди Д. Х., Еремин Д. П. К вопросу концептуальной разработки партнерского сервиса учета вторичных ресурсов и вторичного сырья для государственной информационной системы промышленности // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2024. № 4. С. 17–27. doi: 10.21685/2227-8486-2024-4-2

ON THE ISSUE OF CONCEPTUAL DEVELOPMENT OF A PARTNERSHIP SERVICE FOR ACCOUNTING RECYCLED RESOURCES AND RAW MATERIALS FOR THE STATE INDUSTRIAL INFORMATION SYSTEM

V.A. Ganyavin¹, D.Kh. Mikhaylidi², D.P. Eremin³

^{1, 2, 3} Environmental Industrial Policy Center, Moscow, Russia

¹v.ganyavin@eipc.center, ²d.mikhailidi@eipc.center, ³d.eremin@eipc.center

Abstract. *Background.* The conceptual stage of designing an intelligent service for accounting of recycled materials is presented to improve the operation of the state industrial information system. The basic requirements for the development of the service are given, which reflect information about the recycled amounts available for use in technological processes, as well as the geography of its formation. *Materials and methods.* Methods for integrating of new service are considered, the functioning algorithm and software procedures of the decision support system are formalized for issuing cost-effective recommendations and proposals for interaction between various categories of users for coordinating innovative and investment development of industries and regions. *Results.* The novelty of the proposed approach lies in the integrated application of expert knowledge at all stages of modeling in a cause-and-effect paradigm in order to synthesize preferred options for development proposals not only for a specific subject, but about potential symbiosis with other participants in the industrial ecosystem, including proposals for the cooperation of labor and other resources. *Conclusions.* An integration of flexible procedure for logical inference and modeling of various scenarios into the information system will allow service participants to formulate the most economically sound recommendations for the further use and processing of recycled materials.

Keywords: strategic planning instruments, information system, decision support system, design ontology, productive model, logical inference

For citation: Ganyavin V.A., Mikhaylidi D.Kh., Eremin D.P. On the issue of conceptual development of a partnership service for accounting recycled resources and raw materials for the state industrial information system. *Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve* = *Models, systems, networks in economics, technology, nature and society*. 2024;(4):17–27. (In Russ.). doi: 10.21685/2227-8486-2024-4-2

Введение

Рентабельные бизнес-процессы базируются на умении использовать ресурсные базы отраслей и регионов, их потенциал и результаты развития.

Рациональное обращение с отходами – одно из важнейших направлений сокращения негативного воздействия на окружающую среду – подразумевает сортировку (превращение во вторичные ресурсы – ВР), обработку и утилизацию (превращение во вторичное сырье – ВС) для увеличения сырьевой ресурсной базы. Данная трансформация позволяет вовлекать материалы в многократное использование (рециклинг): на каждом витке цикла «производство – потребление – получение ВР – получение ВС – производство» сокращается потребление ископаемых ресурсов, что полностью соответствует требованиям ресурсосбережения.

Ежегодно на территории Российской Федерации образуется более 9 млрд т отходов производства и потребления, количество накопленных отходов достигло 55 млрд т [1]. Подавляющую часть потока отходов составляют

отходы горнодобычи (вскрышные породы) и обогащения ископаемых ресурсов (более 96 %), отходы производства составляют менее 3 %, а отходы потребления (твердые коммунальные отходы – ТКО) – менее 1 %.

С точки зрения утилизации картина противоположная: наибольшее количество ценных компонентов содержится в ТКО, но этот вид отхода требует тщательной сортировки, производственные отходы, как правило, однородны, но не всегда существуют экономически эффективные способы их переработки. Отходы добычи и обогащения не обладают значимой ценностью, но могут использоваться при засыпке отработанных шахтных и карьерных разработок, земляных работах (например, в дорожном строительстве). Без учета последних ежегодный потенциал обращения с отходами составляет 350 млн т, из которых около 300 млн т образуются в промышленности.

Природоохранный смысл рециклинга заложен в проекты «Экология» (в части обращения с ТКО) и «Экономика замкнутого цикла» (в части утилизации отходов производства). Созданы отраслевые программы по ВР и ВС в промышленности, строительстве, жилищно-коммунальном и сельском хозяйстве, обращению с вскрышными и вмещающими породами, использованию альтернативного топлива (из отходов).

Система учета ВР и ВС – это информационный ресурс для реального сектора экономики, без формирования которого нельзя себе представить развитие стратегического планирования на промышленных предприятиях и в отраслях промышленности. Комплексность и системность требуют разработки и постоянной актуализации спектра материалов, методов, продуктов, процессов, программ, типов, устройств, формирования рекомендаций, предположений и прогнозов, отслеживания воздействий регуляторных мероприятий.

Пользователь системы сможет оценить потенциал образования определенных ВР в регионе и/или отрасли хозяйствования, констатировать соответствие производств и технологий задачам вовлечения ВС, предсказать перспективы производства различных видов продукции, изготавливаемой с применением ВС, принять решение о выпуске такой продукции.

В настоящей работе поднимается вопрос актуальности разработки цифрового сервиса учета ВР и ВС и его интеграции в государственную информационную систему промышленности (ГИСП). Сервис должен содержать информацию о пользователях системы (поставщики отходов – утилизаторы отходов – покупатели ВР и ВС), данные о материальных потоках, зонах деятельности и т.д.

Материалы и методы

Эффективность жизненного цикла продукции обусловлена рациональностью производства, обработки и использования природных и техногенных ресурсов. Численно это выражается в повышении доли использования ВС, количества образующихся ВР; в уменьшении площади захоронений отходов; в сохранении производственной эффективности при снижении потребления первичных материалов.

География образования промышленных отходов и ВР на их основе (Уральский и Сибирский регионы) не совпадает с географией потребления ВС (Европейская часть России). Предел экономически оправданного перемещения большинства видов ВР, согласно оценкам аудиторско-консалтинговых компаний, составляет 500–800 км. Доля ВС в промышленном сырье оценивается

в 2024 г. в 15 %, планируется довести ее до 32 % к 2030 г. [2]. В настоящее время востребовано около 100 млн т ВР (рис. 1) в следующих индустриальных отраслях: производство строительных материалов, металлургическая, химическая, легкая и электронная промышленность. ВС органического происхождения используется в качестве RDF-топлива. Необходимы действенные механизмы вовлечения ВС в различные производственные цепочки – либо как заменителей части первичных ресурсов без потери потребительских свойств продукта, либо как основной компонент для создания новых товаров и услуг [3].



Рис. 1. Ежегодное образование востребованных видов вторичных ресурсов

В Указе Президента Российской Федерации от 7 мая 2024 г. № 309 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года и на перспективу до 2036 года» говорится о цифровой трансформации для достижения определенных критериев «зрелости» государственного управления, экономики и социальной сферы. Это предполагает поддержку принятия решений на основе структурированного учета данных и транзакций в рамках единых цифровых платформ.

В связи с этим, учитывая прогнозную динамику использования ВС, приоритеты развития экономики замкнутого цикла и разобщенность логистических потоков, закономерно поднимается вопрос о необходимости концентрации всей релевантной информации.

Создание государственного сервиса учета ВР и ВС коррелирует с требованиями эффективности управления экономикой. Соблюдается информационная безопасность, снижаются транзакционные издержки, создаются согласительные отраслевые площадки для кооперации и распределения усилий – все это обеспечивает институционализацию процессов.

Сервис позволит оценить потенциал образования определенных видов ВР в различных регионах и отраслях промышленности, сопоставляя производственные и технологические возможности использования ВС и сбытовые перспективы продукции, содержащей в своем составе ВС. Подобный функционал важен для снабжения предприятий по всей цепочке производственных переделов, а также для разработки и внедрения новых видов продукции, что способствует устойчивому экономическому развитию.

Сервис может быть интегрирован в базу ГИСП, которая появилась в условиях роста интереса государства к цифровизации в период реализации концепции «Государство как платформа», подразумевающей полный переход на цифровое предоставление услуг и взаимодействие между пользователями, развитие новых информационных систем. Одной из функций ГИСП является автоматизация процессов сбора и обработки информации в целях реализации промышленной политики и функционирования органов исполнительной власти по стимулированию и поддержке субъектов промышленного производства. Результатом деятельности ГИСП служит эффективный обмен данными, в том числе сведениями о состоянии промышленности и прогнозе ее развития [4].

В настоящее время ГИСП агрегирует, хранит и обрабатывает существенное количество информации о промышленных объектах, благодаря чему обладает инфраструктурой, необходимой для выстраивания описываемого сервиса. ГИСП представляет собой одну из наиболее динамично развивающихся информационных систем. В ней накоплен значительный опыт эксплуатации системы и организации разработки сервисов, обеспечивается охват 89 субъектов Российской Федерации и 35 отраслей промышленности. За счет предоставления как собственных, так и партнерских сервисов, соответствующих прикладным задачам (жизненным ситуациям), система представляет ценность для организации новых и управления существующими объектами малого и среднего бизнеса.

Кроме того, ГИСП зарекомендовала себя как наиболее дружелюбная и гибкая платформа для пользователей: для расширения функциональных возможностей в ГИСП предусмотрены алгоритмы встраивания в существующие сценарии дополнительных партнерских сервисов. В целевом состоянии пользователи могут использовать собственно ГИСП, партнерские сервисы, размещаемые в ГИСП, внешние сервисы. Таким образом, выбор и использование ГИСП в качестве платформы для интеграции сервиса по обращению с ВР и ВС является не только логически объяснимым, но и стратегически важным, наиболее целесообразным вариантом из имеющихся альтернатив.

Результаты и обсуждение

Приведем требования по интеграции сервиса с основными функциями ГИСП для типа взаимодействия «полная интеграция». На уровне источника данных настроена конфигурация на чтение и передачу идентификатора пользователя (ID) для перехода в партнерский сервис, а также архивирование о действиях пользователя. Правовая основа работы – индивидуальное соглашение о взаимодействии с поставщиком сервиса.

Для реализации потребуется индивидуальная процедура взаимодействия и вовлеченность оператора ГИСП в процессы формирования требований и управления проектом. Для обеспечения высокого уровня востребованности каждый создаваемый сервис ГИСП должен соответствовать следующим требованиям [4]:

- сервис должен удовлетворять потребности пользователя, решать его практическую проблему «под ключ»;
- компоненты сервиса должны иметь возможность вертикального и горизонтального масштабирования на другие типы аудиторий;

- пользователь должен быть проинформирован о наличии сервиса и его функционале;
- должны быть обеспечены достоверность, актуальность и полнота данных, представленных в сервисе;
- дизайн и удобство интерфейсов (UX/UI) должны соответствовать лучшим практикам;
- должна быть доступна исключительная часть функционала для некоторых типов пользователей;
- сервис предназначен для функционального заказчика.

Переход к программной разработке сервисов ГИСП на базе существующего архитектурного стиля требует сопоставления с условиями и требованиями, определяемыми на основании целевого видения технологического обеспечения всего жизненного цикла приложений. Ниже приведена архитектура микросервисной модели приложения ГИСП.

Технология и платформа разработки, развертывания, сопровождения программного обеспечения придерживается методологии непрерывной интеграции и разработки прикладных приложений (DevOps или ее защищенной модификации DevSecOps) [5], гибкой методики разработки (Agile software development) [6].

Стек технологической платформы построен на базе Docker, K8S, Java, Python и др. Для бесшовного обмена информацией с внешними источниками данных и процессами сервисов приложений используется REST API. Компонентное наполнение функциональных блоков для микросервисной архитектуры организовано по стандартной иерархической структуре, включая сети и инфраструктуру, сервисы информационного обмена и интеграции, базовые прикладные сервисы, сервисы приложений, бизнес-приложения, бизнес-данные, сервисы взаимодействия с пользователями, сервисы разработки приложений, сервисы информационной безопасности, управление сетью и системой.

Процедуры принятия обоснованных и оптимальных решений партнерского сервиса учета ВР и ВС для ГИСП должны быть максимально формализованы, особенно на ранних стадиях создания и развития и даже в условиях значительной неопределенности экономических прогнозов развития.

Для субъектов промышленности – участников сервиса – разработанная система логического вывода должна выдавать предложения развития не только для конкретного субъекта, но и о потенциальном симбиозе (интеграции) с другими участниками индустриальной экосистемы, включая предложения по кооперации (коллаборации) трудовых и иных ресурсов.

Сервис должен учитывать базы данных предприятий (географическое расположение, виды и количество потребляемых ресурсов основного производства, виды и количество производимых полезных и побочных продуктов или полуфабрикатов и т.д.), базы данных утилизации продуктов или полуфабрикатов, базы данных ГИС населенных пунктов, базы данных правил (решений), расчетный модуль, модуль логического вывода.

Входной информацией является информация о ВР, их превращении в ВС (в качестве отдельного товара или полуфабриката) и разработанная база правил (способов) использования ВС при производстве готовой продукции. Выходная информация – рекомендации и предложения по возможному взаимодействию объектов друг с другом в части реализации принципов малоотходного производства.

Схема работы системы сервиса приведена на рис. 2.

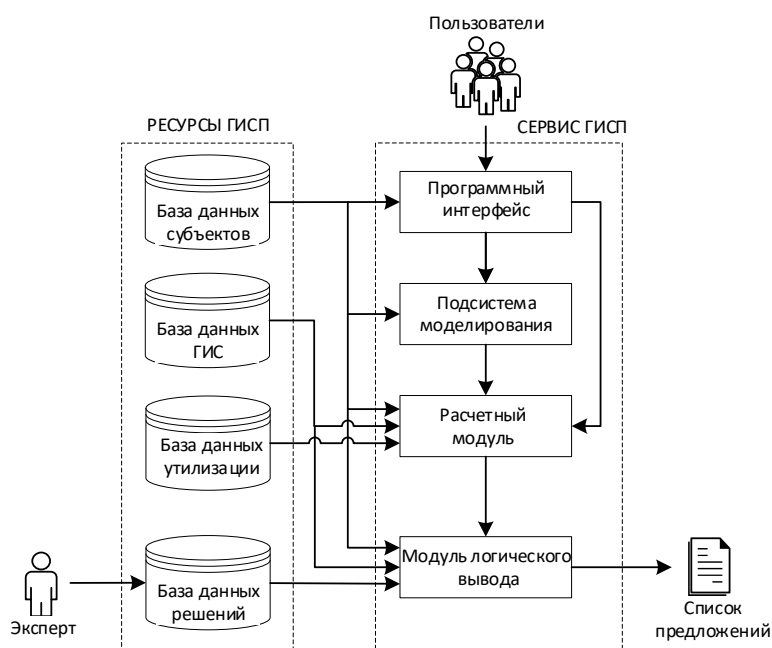


Рис. 2. Схема работы системы сервиса

Для разрабатываемой информационной системы поддержки принятия решений (СППР) с целью реализации интеллектуального механизма взаимодействия с информацией авторами предложено применение логического вывода [7], основанного на продукционных правилах [8]. В этом случае архитектура СППР будет включать в себя следующие основные программные элементы и блоки:

- базы данных – структурированные факты, понятия или инструкции, характеризующие ретроспективное и текущее состояние субъектов и объектов;
- базы знаний – данные, содержащие заранее предопределенные зависимости и их описания между различными субъектами и объектами;
- выходной блок модуля логического вывода.

Для разработки и конфигурации базы знаний изначально были определены атрибуты первого уровня модели: «*объект производства*», «*ресурсы*», «*полезная продукция*», «*основная продукция*» и т.д. В качестве атрибутов второго уровня были заведены «*мероприятие*» и «*решение*», определяющие рекомендации и предложения по возможному взаимодействию субъектов и объектов друг с другом. Для эффективного описания и представления знаний по субъектам и объектам было принято решение использовать продукционную модель в виде аналитического условия:

$$k : \langle S, F, i \rightarrow j, D, \quad (1)$$

где k – имя идентификатора продукции; S – свойство, характеризующее область применения продукции; F – условие применимости процедуры; $i \rightarrow j$ – предикат перехода из i -го в j -е состояние; D – процедуры и действия, характеризующие реализацию j .

Проиллюстрируем алгоритмическое наполнение продуктивной (семантической) модели для сервиса согласно формуле (1).

Блок «*принятие мер*». Пусть P – вероятность наилучшего найденного предложения с учетом входных критериев, например видов и количества потребляемых ресурсов, видов и количества производимых полезных и побочных продуктов или полуфабрикатов.

Решения принимаются, если вероятность предложения превышает отметку 80 % и более. Так, например, на результат системы для условия «*вывод решения*» тождественно равен «*принятие мер*» сервис начнет выполнять поиск, и в случае если на запрос «*получить решение*» вероятность будет более 80 %, то система принимает решение, иначе будет циклическое «*продолжить поиск*» и продолжится систематизация ответа.

В случае продолжения поиска решения и перехода на дополнительные алгоритмические блоки модели входные критерии заменяются (выбираются следующие), например географическое расположение поставщиков и потребителей ВР и ВС или их технологические требования (по зольности, влажности, содержанию примесей, механическим и иным свойствам и т.д.); далее процесс поиска продолжится, пока не будет найдено наилучшее предложение с учетом всех критериев и ограничений [9, 10].

При разработке вычислительного алгоритма для модуля логического вывода существуют два варианта приведения поиска решения [11, 12]: в прямом и обратном направлениях. Для экспертных систем с поиском решений в прямом направлении заключение определяется по заранее известным критериям и ограничениям. Если найденное заключение принимается согласно (1), то его «отображение» сохраняется в оперативную память модели.

Экспертные системы с поиском решений в обратном направлении применяются, когда цели определенно известны и их количество небольшое по сравнению с критериями и ограничениями. Каждый раз, когда в экспертной системе при поиске ставится новая гипотеза об условиях применимости цели к критериям и ограничениям – выдвинутые условия становятся новыми подцелями для поиска, происходят рецикл от достигнутых подцелей и детализация гипотез до тех пор, пока не будут достигнуты исходные данные задачи, подтверждающие правильность выдвинутых гипотез.

Требование к повышению эффективности процедур логического вывода для вновь разрабатываемого партнерского сервиса на базе ГИСП, включающего проверку точности отношения к цели и удаления незначимых и менее значимых правил, обязывает использовать алгоритм логического поиска в обратном направлении.

Необходимо также отметить, что с ростом количества взаимосвязей и семантических переходов в модели, т.е. при включении в базы данных новых записей по предприятиям, данных утилизаций продуктов или полуфабрикатов и другой информации, программные процедуры блока обратного логического вывода обеспечат больший выигрыш в гибкости, производительности и скорости по сравнению с традиционными архитектурами СППР [13, 14].

Заключение

Представленная концептуальная схема сервиса имеет иерархическую структуру и является многоуровневой. Сервис объединяет множество подходов, технологий и методов, позволяющих на основе экспертных правил

формировать наиболее обоснованные и экономически выгодные рекомендательные предложения по развитию отрасли и региона как для органов власти, так и для отдельных инвесторов.

Логическая поддержка принятия решений позволит заинтересованному лицу в короткий срок получить список экономически обоснованных рекомендаций, основывающихся на правилах продуктивной модели. Хранение экспертных правил в отдельном файле дает возможность постоянно актуализировать количественные и качественные критерии для оценки инвестиционных проектов и внедрения инноваций.

Разработанные процедуры могут быть встроены как типовые проектные решения для сценарного использования в алгоритмическом и программном обеспечении партнерского сервиса ГИСП, в этом случае могут быть достигнуты максимальный охват информации и ее последующая систематизация.

В результате произойдет снижение избыточности и устранение рассогласования потоков поступающей информации для инструментов внутрифирменного и стратегического планирования и для достижения целей экономики замкнутого цикла.

Выбор и использование ГИСП в качестве платформы для разработки сервиса по обращению с вторичными ресурсами и вторичным сырьем представляется наиболее оптимальным вариантом за счет имеющегося накопленного практического опыта эксплуатации системы, набора данных и гибкости системы.

Список литературы

1. Сведения об образовании, обработке, утилизации, обезвреживании, размещении отходов производства и потребления по форме 2-ТП (отходы) за 2023 год, систематизированные по видам отходов ФККО // Росприроднадзор. URL: <https://rpn.gov.ru/open-service/analytic-data/statistic-reports/production-consumption-waste/> (дата обращения: 24.06.2024).
2. Прогноз долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2030 года // Минэкономразвития. 2013. URL: <http://static.government.ru/media/files/41d457592e04b76338b7.pdf> (дата обращения: 24.06.2024).
3. Скобелев Д. О. Наилучшие доступные технологии: опыт повышения ресурсной и экологической эффективности производства // АСМС. 2020. 250 с.
4. Об утверждении Концепции развития государственной информационной системы промышленности : приказ Минпромторга России № 2091 от 23.06.2016. URL: <https://rulaws.ru/acts/Prikaz-Minpromtorga-Rossii-ot-23.06.2016-N-2091/> (дата обращения: 24.06.2024).
5. Gartner Market Trends: DevOps – Not a Market, but Tool-Centric Philosophy That supports a Continuous Delivery Value Chain // Gartner journal. 2015. 8 Feb. URL: <https://www.gartner.com/en/documents/2987231> (дата обращения: 24.06.2024).
6. Highsmith J. Agile Software Development Ecosystems. Addison-Wesley Professional, 2002. 404 p.
7. Петровский А. Б. Теория принятия решений. Академия, 2009. 400 с.
8. Каунг М. Х. Анализ онтологических языков (о языках CYCL, Dogma, Gellish, IDEF5, KIF, RIF и OWL) // Инновации и инвестиции. 2017. № 12. С. 224–228.
9. El Amin Tebib M., Andre P., Cardin O. A Model Driven Approach for Automated Generation of Service-Oriented Holonic Manufacturing Systems // SOHOMA 2018 – International Workshop on Service Orientation in Holonic and Multi-Agent Manufacturing. P. 183–196. doi: 10.1007/978-3-030-03003-2_14

10. Xu Zh., Ni Yu., He W., Yan Q. Automatic extraction of OWL ontologies from UML class diagrams: a semantics-preserving approach // *World Wide Web*. 2012. Vol. 15, № 5. P. 517–545. doi: 10.1007/s11280-011-0147-z
11. Кашникова А. П., Беляева М. Б. Метод Монте-Карло в задачах моделирования процессов и систем // *Modern Science*. 2021. № 1-2. С. 358–362.
12. Mimno D. Wallach H., Talley E. [et al.]. Optimizing semantic coherence in topic models // *Proc. of the 2011 Conf. on Empirical Methods in Natural Language Processing*. 2011. P. 262–272. URL: <https://aclanthology.org/D11-1024.pdf> (дата обращения: 24.06.2024).
13. Федоров А. М., Датьев И. О., Шишаев М. Г. [и др.]. Информационно-аналитическая система поддержки управления региональным развитием на основе открытых больших данных социальных медиа: концепция разработки и практика реализации // *Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Технические науки*. 2022. Т. 13, № 2. С. 5–22. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionno-analiticheskaya-sistema-podderzhki-upravleniya-regionalnym-razvitiem-na-osnove-otkrytyh-bolshih-dannyh-sotsialnyh> (дата обращения: 28.06.2024).
14. Кузьмин В. Р., Загоруйко Ю. А. Применение агентно-сервисного подхода при разработке интеллектуальных систем поддержки принятия решений в энергетике // *Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии*. 2020. Т. 18, № 3. С. 5–18. doi: 10.25205/1818-7900-2020-18-3-5-18

References

1. Information on the formation, processing, disposal, neutralization, and disposal of industrial and consumer waste in the form of 2-TP (waste) for 2023, systematized by type of waste from the Federal Tax Service. *Rosprirodnadzor = Rosprirodnadzor*. (In Russ.). Available at: <https://rpn.gov.ru/open-service/analytic-data/statistic-reports/production-consumption-waste/> (accessed 24.06.2024).
2. Forecast of the long-term socio-economic development of the Russian Federation for the period up to 2030. *Minekonomrazvitiya = Ministry of Economic Development*. 2013. (In Russ.). Available at: <http://static.government.ru/media/files/41d457592e04b76338b7.pdf> (accessed 24.06.2024).
3. Skobelev D.O. The best available technologies: experience in increasing resource and environmental efficiency of production. *ASMS = ASMS*. 2020:250. (In Russ.)
4. On approval of the Concept for the Development of the State Information System of Industry: Order of the Ministry of Industry and Trade of Russia No. 2091 dated 06/23/2016. (In Russ.). Available at: <https://rulings.ru/acts/Prikaz-Minpromtorga-Rossii-ot-23.06.2016-N-2091/> (accessed 24.06.2024).
5. Gartner Market Trends: DevOps – Not a Market, but Tool-Centric Philosophy That supports a Continuous Delivery Value Chain. *Gartner journal*. 2015. 8 Feb. Available at: <https://www.gartner.com/en/documents/2987231> (accessed 24.06.2024).
6. Highsmith J. *Agile Software Development Ecosystems*. Addison-Wesley Professional, 2002:404.
7. Petrovskiy A.B. *Teoriya prinyatiya resheniy = Theory of decision-making*. Akademiya, 2009:400. (In Russ.)
8. Kaung M.Kh. Analysis of ontological languages (on the languages CYCL, Dogma, Gellish, IDEF5, KIF, RIF and OWL). *Innovatsii i investitsii = Innovations and investments*. 2017;(12):224–228. (In Russ.)
9. El Amin Tebib M., Andre P., Cardin O. A Model Driven Approach for Automated Generation of Service-Oriented Holonic Manufacturing Systems. *SOHOMA 2018 – International Workshop on Service Orientation in Holonic and Multi-Agent Manufacturing*. 2018:183–196. doi: 10.1007/978-3-030-03003-2_14
10. Xu Zh., Ni Yu., He W., Yan Q. Automatic extraction of OWL ontologies from UML class diagrams: a semantics-preserving approach. *World Wide Web*. 2012;15(5):517–545. doi: 10.1007/s11280-011-0147-z

11. Kashnikova A.P., Belyaeva M.B. The Monte Carlo method in modeling processes and systems. *Modern Science*. 2021;(1-2):358–362. (In Russ.)
12. Mimno D. Wallach H., Talley E. et al. Optimizing semantic coherence in topic models. *Proc. of the 2011 Conf. on Empirical Methods in Natural Language Processing*. 2011:262–272. Available at: <https://aclanthology.org/D11-1024.pdf> (accessed 24.06.2024).
13. Fedorov A.M., Dat'ev I.O., Shishaev M.G. et al. Information and analytical support system for regional development management based on open big data of social media: development concept and implementation practice. *Trudy Kol'skogo nauchnogo tsentra RAN. Seriya: Tekhnicheskie nauki = Proceedings of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. Series: Technical Sciences*. 2022;13(2):5–22. (In Russ.). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionno-analiticheskaya-sistema-podderzhki-upravleniya-regionalnym-razvitiem-na-osnove-otkrytyh-bolshih-dannyh-sotsialnyh> (accessed 28.06.2024).
14. Kuz'min V.R., Zagorul'ko Yu.A. Application of the agent-service approach in the development of intelligent decision support systems in the energy sector. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Informatsionnye tekhnologii = Bulletin of Novosibirsk State University. Series: Information Technology*. 2020;18(3):5–18. (In Russ.). doi: 10.25205/1818-7900-2020-18-3-5-18

Информация об авторах / Information about the authors

Василий Александрович Ганявин

кандидат технических наук,
научный сотрудник,
Центр экологической
промышленной политики
(Россия, г. Москва, Стремянный пер., 38)
E-mail: v.ganyavin@eipc.center

Vasily A. Ganyavin

Candidate of technical sciences,
scientific researcher,
Environmental Industrial Policy Center
(38 Stremyannyi lane, Moscow, Russia)

Дмитрий Христофорович Михайлиди

кандидат экономических наук,
научный сотрудник,
Центр экологической
промышленной политики
(Россия, г. Москва, Стремянный пер., 38)
E-mail: d.mikhailidi@eipc.center

Dmitriy Kh. Mikhaylidi

Candidate of economical sciences,
scientific researcher,
Environmental Industrial Policy Center
(38 Stremyannyi lane, Moscow, Russia)

Дмитрий Павлович Еремин

начальник отдела,
Центр экологической
промышленной политики
(Россия, г. Москва, Стремянный пер., 38)
E-mail: d.eremin@eipc.center

Dmitriy P. Eremin

Department head,
Environmental Industrial Policy Center
(38 Stremyannyi lane, Moscow, Russia)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов /

The authors declare no conflicts of interests.

Поступила в редакцию/Received 24.06.2024

Поступила после рецензирования/Revised 18.07.2024

Принята к публикации/Accepted 10.08.2024