

DOI: 10.15514/ISPRAS-2024-36(3)-8



Перспективы использования доверенной информационной аналитической системы на базе платформы Талисман с применением методов искусственного интеллекта для повышения эффективности эксплуатации сложных аппаратных систем

¹ Ф.А. Колокольников, ORCID: 0000-0002-4369-5055 <fkolokolnikov@ispras.ru>

² В.В. Орлов, ORCID: 0009-0004-1923-0938 <vorlov@interprocom.ru>

¹ Д.Ю. Турдаков, ORCID: 0000-0001-8745-0984 <turdakov@ispras.ru>

¹ Институт системного программирования РАН,
Россия, 109004, г. Москва, ул. А. Солженицына, д. 25.

² ООО «Интерпроком», 117218, г. Москва, ул. Большая Черемушкинская, д. 34

Аннотация. В результате исследования были предложены и проверены механизмы для решения прикладных задач импорта, автоматической обработки, структурирования и анализа информации на основе компонентов платформы Talisman для повышения эффективности эксплуатации сложных аппаратных систем. Была разработана предметная область, позволяющая проработать аналогичные задачи в прочих прикладных областях (проведено тестирование на примере энергетической и авиационной отраслей). Полученные результаты подтверждают гипотезу, что методы машинного обучения могут быть эффективно использованы в сложных распределенных доверенных ИАС для решения спектра прикладных задач в бюджетных и коммерческих организациях, на производстве и при эксплуатации сложных аппаратных систем.

Ключевые слова: искусственный интеллект; машинное обучение; Talisman; решение прикладных задач; платформа; доверенная информационная аналитическая система.

Для цитирования: Колокольников Ф.А., Орлов В.В., Турдаков Д.Ю. Перспективы использования доверенной информационной аналитической системы на базе платформы Талисман с применением методов искусственного интеллекта для повышения эффективности эксплуатации сложных аппаратных систем. Труды ИСП РАН, том 36, вып. 3, 2024 г., стр. 105–122. DOI: 10.15514/ISPRAS-2024-36(3)-8.

Благодарности: ИСП РАН, ООО «Интерпроком».

Prospects for using a trusted information analytical system based on the Talisman platform using artificial intelligence methods to improve the efficiency of complex hardware systems

¹ P.A. Kolokolnikov, ORCID: 0000-0002-4369-5055 <fkolkolnikov@ispras.ru>

² V.V. Orlov, ORCID:0009-0004-1923-0938 <vorlov@interprocom.ru>

¹ D.Y. Turdakov, ORCID: 0000-0001-8745-0984 <turdakov@ispras.ru >

¹ Institute for System Programming of the Russian Academy of Sciences
25, Alexander Solzhenitsyn st., Moscow, 109004, Russia.

² Interprokom LLC,

34, Bolshaya Chermushkinskaya st., Moscow, 117218, Russia.

Abstract. As a result of the research, mechanisms were proposed and tested to solve applied problems of importing, automatic processing, structuring and analyzing information based on components of the Talisman platform to improve the efficiency of operation of complex hardware systems. A subject area has been developed that allows us to work out similar tasks in other applied areas (testing was carried out on the example of the energy and aviation industries). The results obtained confirm the hypothesis that machine learning methods can be effectively used in complex distributed trusted IAS to solve a range of applied tasks in budget and commercial organizations, in production and in the operation of complex hardware systems.

Keywords: artificial intelligence; machine learning; Talisman; solution of applied problems; platform; trusted information analytical system.

For citation: Kolokolnikov P.A., Orlov V.V., Turdakov D.Y. Prospects for using a trusted information analytical system based on the Talisman platform using artificial intelligence methods to improve the efficiency of complex hardware systems. *Trudy ISP RAN/Proc. ISP RAS*, vol. 36, issue 3, 2024. pp. 105-122 (in Russian). DOI: 10.15514/ISPRAS-2024-36(3)-8.

Acknowledgements. ISP RAS, Interprokom LLC.

1. Введение

Современные процессы инженерного проектирования новых систем и устройств имеют схожие этапы проектирования верхнего уровня и обязательно включают широкий спектр аналитических и исследовательских задач.

Среди таких задач следует выделить:

- анализ предметной области и условий применения;
- анализ нормативно-правовой базы;
- анализ рынка;
- профильные исследования;
- разработка (формирование) технических требований;
- прогнозирование технического состояния и отказов;
- разработка конструкторской и эксплуатационной документации.

Решение этих задач определяет эффективность будущего устройства и необходимо именно на первых этапах определения требований, выбора концепции, и в процессе разработки эскизного проекта [1].

Каждая из них подразумевает работу с большим объемом документации, которая может быть рассредоточена как в различных внутренних базах данных (существующие наработки, результаты проведенных исследований, испытаний и эксплуатации), так и на внешних открытых серверах в сети Интернет (нормативно-правовые акты, международные стандарты, сертификаты и требования). При этом, крайне актуально не только иметь единую базу

данных подобных материалов, но и уметь быстро и качественно актуализировать, и обрабатывать эту информацию.

Один из методов такой обработки, на примере технического обслуживания (ТО) воздушных судов (ВС), предлагается в статье «Извлечение информации из записей ТО ВС для построения графа знаний» [2]. В качестве исходного материала используются записи ТО, включающие важную информацию о режимах отказов, которая в последствии используется для создания и актуализации руководств. При этом, повышается эффективность использования такого опыта за счет использования системы бинарных тегов совместного каскада обучения при извлечении необходимых знаний из неструктурированных записей технического обслуживания, предоставляемых авиакомпаниями. Предлагаемый метод позволяет повысить эффективность определения местоположения неисправности, оптимизировать операции ТО и снизить эксплуатационные затраты.

Еще один пример эффективного применения обработки естественного языка при помощи методов машинного обучения представлен в инструменте интеллектуальной обработки текста и извлечения информации из неструктурированных данных для определения процесса расчета рисков при проектировании гражданских ВС [3].

Таким образом, результаты исследований и анализ международного опыта показывают, что адаптация передовой техники машинного обучения и методов искусственного интеллекта (ИИ), которая уже успешно применяется в других областях, эффективна и для решения целого спектра задач в технических прикладных отраслях [4]. Причем, не только при проектировании, но и при производстве и эксплуатации. Например, компания Honeywell в 2018 году включила информационно-аналитическую систему (ИАС) с возможностью интеллектуальной обработки естественного языка в свою производственную линию (управление качеством продукции), а растущий рынок, состоящий из разнообразных аналитических задач и все большего числа источников информации, требует использование методов и передовых технологий из академической среды в практической сфере [5].

В России, на данный момент, часть таких задач также решается при помощи современных компьютерных инструментов, но результаты зачастую оказываются изолированы друг от друга и не применяются при последующих анализах, исследованиях и разработках. Это приводит к необходимости создания универсальной программной платформы для автоматизированной подготовки (поиска, сбора и обработки) исходных данных и решения целого спектра аналитических и исследовательских задач.

Такой платформой может выступить универсальная ИАС, использующая в своей работе современные методы ИИ для поиска, сбора и обработки информации в соответствии с динамически настраиваемой предметной областью, а также современный набор аналитических инструментов, который бы позволял успешно решать возникающие профильные исследовательские и аналитические задачи.

В данной работе представлен опыт исследований возможности использования, в качестве такой ИАС, платформы Talisman [6] с применением методов ИИ для повышения эффективности эксплуатации сложных аппаратных систем на примере обработки конструкторской и эксплуатационной документации для систем электрогенерации. Платформа Talisman поддерживает работу с динамическими предметными областями, но не использовалась ранее для решения подобных прикладных задач в технической сфере.

В рамках научно-исследовательской работы произведен импорт данных (на примере технологических карт), обеспечена автоматизированная обработка информации (с использованием методов машинного обучения) в соответствии с разработанной предметной областью, проведено тестирование компонентов платформы (инструментов анализа наборов данных).

2. Описание исследования

В процессе исследования были проработаны:

- динамическая настройка предметной области системы;
- импорт (сбор) информации, содержащей сведения об объектах интереса (объекты, попавшие в фокус решаемых аналитических задач), из открытых источников; и существующих баз данных (БД);
- автоматическая обработка собранной и загруженной информации в соответствии с текущей предметной областью и ее объектами интереса (использован глоссарий стандартного оборудования, наименования международных стандартов и правил) при помощи методов ИИ, в частности, были использованы следующие модели:
 - fasttext для автоматического определения языка текста;
 - ResNet18 для классификации ориентации документов;
 - DBNet для выявления текста на изображениях;
 - ResNet+BiLSTM+Attention – для распознавания текста;
 - UDPipe (english-partut-ud-2.4-190531) для сегментации текста;
 - XLM-RoBERTa-base + LSTM для распознавания объектов интереса в соответствии с заданной предметной областью.
- анализ информации при помощи встроенных инструментов Talisman: лента документов, досье на объект интереса и исследовательская карта (ИК).

2.1 Настройка предметной области системы

Предметная область ИАС — это, описанная с помощью набора концептов (объектов интереса, событий) и связей между ними, область реального (виртуального) мира, представляющая интерес в рамках решаемых задач.

Предметная область важная часть любой ИАС при анализе структурированных данных. Качество ее проработки особенно критично в случае, если для источников информации используются неструктурированные данные, а выявление необходимых фактов осуществляется с применением методов машинного обучения (ML). В таком случае именно предметная область является ориентиром для используемых в потоке обработчиков при поиске и выявлении необходимой информации в текстах.

При этом, бывает крайне сложно проработать предметную область заранее с необходимым и достаточным уровнем точности. В таких случаях важным функционалом ИАС становится поддержка динамических предметных областей. В таких системах предметная область может уточняться (изменяться) в процессе эксплуатации не только на уровне характеристик (атрибутов) объектов интереса, но и на уровне типологии самой области.

В рамках проработки технологических сценариев была разработана предметная область (табл. 1), которая успешно себя зарекомендовала в процессе отработки целого ряда задач в прикладных сферах, связанных с гражданской авиацией и атомной энергетикой. При этом, под типами концептов понимается классификатор объектов интереса и событий, описывающих конкретный экземпляр концепта данного типа.

В системе предусмотрены два вида концептов: объект и событие. Объект – концепт, соответствующий физической сущности реального мира (инструмент, устройство и пр.), либо классу сущностей реального мира (перечень норм и правил). Событие – хронологический концепт, имеющий характеристики «время начала» и «время окончания», не рассматривался в рамках предметной области данного исследования и будет проработан в будущем (при возникновении необходимости) в рамках дальнейшего исследования. Таким

образом, все представленные выше типы концептов отнесены к виду «объект». Продолжительность (где применимо) заведена как характеристика концепта.

Табл.1. Типы концептов

Table 1. Types of concepts

№	Наименование	Описание	Комментарий
1	Документ	Системный концепт соответствующий сущности «документ» в базе знаний системы	В рамках проработанных кейсов такими сущностями выступали руководства по техническому обслуживанию и ремонту (ТОиР), регламенты, Aircraft Maintenance Manual (АММ) и прочие документы, импортированные в систему
2	Нормы и правила	Концепт, соответствующий нормам и правилам, упоминаемым в импортированных документах	Примеры упоминаемых норм и правил в рамках проработанных кейсов: СТО 1.1 .1 .01 .0069-2013 Правила организации технического обслуживания и ремонта систем и оборудования атомных станций 1.2.1.02.006 Правила по радиационной безопасности при эксплуатации АС
3	Регламент/Документ /Ведомость/Карта	Концепт, соответствующий регламентам и ведомостям, упоминаемым в импортированных документах	Примеры упоминаемых документов в рамках проработанных кейсов: КСЦ 1.3.1.02.0582.019, КО 1.3.1.02.0582.020, ВР 1.3.1.02.0582.018, ВР 1.3.1.02.0582.026
4	Организация	Концепт, соответствующий организациям, упоминаемым в импортированных документах	Примеры упоминаемых документов в рамках проработанных кейсов: ФГУП Концерн «Росэнергоатом», АО «ВНИИ АЭС», и пр.
5	Расходный материал	Концепт, соответствующий расходным материалам, используемым при выполнении работ и совершении операций	Примеры расходных материалов: 10РАВ12АТ001, 10РАВ11АТ001 (Фильтры предварительной очистки)
6	Специалист	Концепт, соответствующий специалистам и конкретным должностным лицам (с указанием ФИО), упоминаемым в импортированных документах	В рамках проработки кейсов выделялись специалисты, допущенные к выполнению работ (например, инженер по ТО категории В1), а также конкретные персоны, авторы или должностные лица, отмеченные в импортированных технических документах
7	Устройство	Концепт, соответствующий устройствам, над которыми выполняются работы и совершаются операции	Примеры устройств: Компенсатор давления, механизм перемещения подвесок ионизационных камер, изоляция тепловая верхнего блока и пр.
8	Инструмент	Концепт, соответствующий инструментам, применяющимся при выполнении работ	Примеры: шахта ревизии внутрикорпусных устройств, гидравлический гайковерт и пр.
9	Операция	Концепт, соответствующий технологической операции, содержащей фиксированный перечень работ	Примеры технологических операций: испытания на герметичность, сборка/разборка реактора, консервация оборудования и пр.
10	Работа	Концепт, соответствующий конкретной (отдельной) работе из перечня, соответствующего операции	Примеры работ: визуальный контроль поверхности, снятие заглушки с фланца трубопровода воздухоудаления из реактора в бетонной шахте и пр.

Тип концепта определяет перечень характеристик, описывающих конкретный экземпляр концепта данного типа. Под характеристикой понимаются атрибуты концепта (или связи) и их значения, представляющие интерес при разработке технологических сценариев. Значения характеристик также типизируются. Тип значения характеристики накладывает возможные ограничения на ввод значения, определяет базовый тип значения, задает соответствие типам NERC, поиск которых выполняется в импортируемых технических текстах с целью автоматического выявления в них (с применением методов ML) соответствующих значений характеристик.

В рамках разработки технологических сценариев, на основе базовых, были определены общие типы значений характеристик предметной области. Они были использованы при проработке типов характеристик концептов. Например, для типа концепта «Устройство» был определен набор типов характеристик, представленный в табл.2.

Табл.2. Типы характеристик для концепта «Устройство»

Table 2. Types of characteristics for the "Device" concept

№	Наименование типа	Базовый тип
1	Вес	Строка
2	Гарантийный срок (лет)	Число
3	Гарантийный срок (циклы)	Число
4	Количество единиц в системе	Число
5	Комментарий	Комментарий (строка)
6	Название	Название (строка)
7	Обозначение по КД	Название (строка)
8	Ресурс (час)	Число
9	Серийный номер	Серийный номер (число)
10	Срок службы (лет)	Число
11	Тип	Строка

При разработке предметной области была предусмотрена «связь» - сущность базы знаний, задающая отношение между двумя концептами. Связь является частью предметной области, может иметь тип, направление (опционально) и свой набор характеристик (атрибутов).

Под типом связи в ИАС понимается классификатор связей, задающий отношение между двумя типами концептов и описывающий конкретный экземпляр связи данного типа.

Таким образом, тип связи определяет:

- перечень типов характеристик (а в конечном итоге характеристик), описывающих конкретный экземпляр связи данного типа;
- пару типов концептов (а в конечном итоге концепты), которые могут быть связаны данным типом связи. Может накладывать ограничение на направление связи: от концепта (из) к концепту (в).

В рамках разработки технологических сценариев были определены типы направленных связей, которые представлены в табл.3.

Для наглядности разработанную предметную область, включая концепты и связи можно представить в виде онтологической модели на графе (рис. 1).

Табл.3. Типы связей
Table 3. Types of connections

№	Название	Тип концепта (из)	Тип концепта (в)
1	Родительский документ	Документ	Документ
2	Содержит	Регламент/Документ /Ведомость/Карта	Регламент/Документ /Ведомость/Карта
3			Устройство
4			Нормы и правила
5			Специалист
6			Операция
7			Расходный материал
8			Работа
9			Организация
10			Инструмент
11			Входит
12	Филиал	Организация	Организация
13	Входит		
14	Последовательность	Операция	Операция
15	Применяется	Расходный материал	
16			Работа
17	Действия	Операция	Устройство
18		Работа	
19	Запасная часть	Устройство	Операция
20			Работа
21	Применяется	Инструмент	Операция
22			
23	Содержит	Операция	Работа
24	Выполняет	Специалист	
25			Операция

2.2 Импорт (сбор) информации

Импорт был осуществлен стандартными инструментами подсистемы Talisman. Сбор из тестовой БД. В базу было загружено 15 технических документов различных типов. Пример структуры импортированного документа представлен на рис. 2.

2.3 Обработка информации

Была создана конфигурация обработки, обеспечивающая выявление необходимых фактов об объектах интереса в импортированных технологических картах (рис. 3).

Конфигурация содержит последовательность обработчиков, которая обеспечивает:

- исключение дублирования технологических карт в базе знаний Системы;
- извлечение файлов;

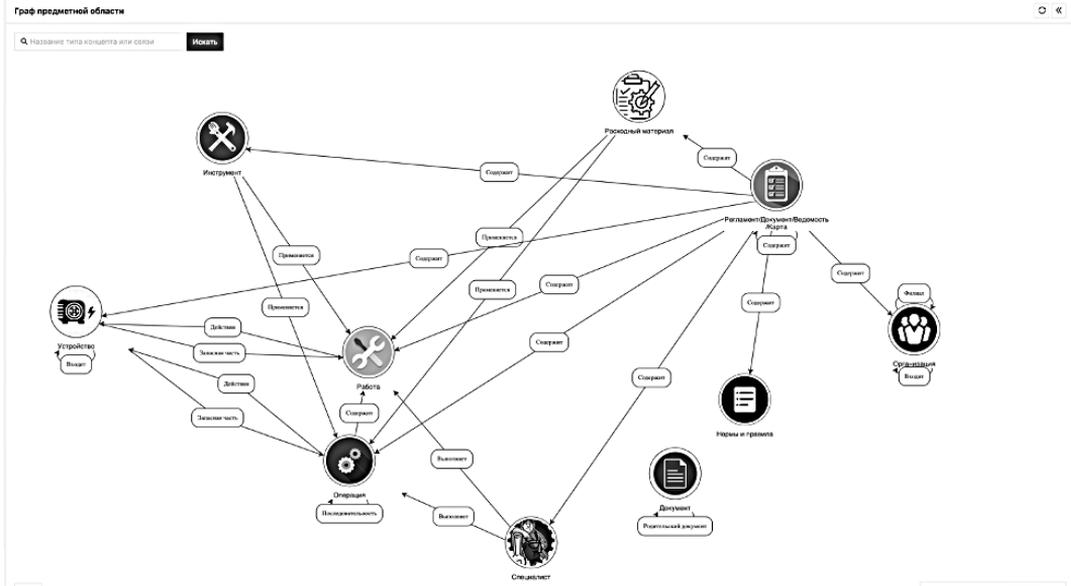


Рис. 1. Онтологическая модель в виде графа
 Fig. 1. An ontological model in the form of a graph

```

{
  "_file": {
    "path": "s3://documents/0953/1424/FMC-21088-AA62F-AW125-01_001-00_ru-RU.pdf"
    "user": "7688e607-e213-48a7-93e5-60b90c7f83c1"
    "uid": "W9531424-1e59-4143-a218-48bca103a67a"
    "checksum": "7889000bbd439908d419e2188092a690d"
    "filename": "FMC-21088-AA62F-AW125-01_001-00_ru-RU.pdf"
    "trust_level": 0.5
    "access_level": "1"
  }
  "_uid": "09531424-2e59-4143-a218-48bca103a67a"
  "_task_id": "1"
  "_timestamp": 1683086721
  "_attachments": [
    {
      "related_concept_id": ""
    }
  ]
}
    
```

Рис. 2. Пример структуры импортированного документа
 Fig. 2. An example of the structure of an imported document

- построение модели документа: распознавание текста, выявление и разбор таблиц, построение модели документа [7];
- базовую обработку текста: морфосинтаксическую разметку документа;
- извлечение фактов из технологической карты с использованием моделей машинного обучения, регулярных выражений, словарей, правил;
- нормализацию значений в соответствии с разработанной предметной областью;
- установку соответствия факта объектам интереса в базе знаний, устранение лексической многозначности;
- загрузку полученной модели в базу знаний.

В рамках исследования, в соответствии с разработанной методикой, была проведена разметка документов (рис. 4).

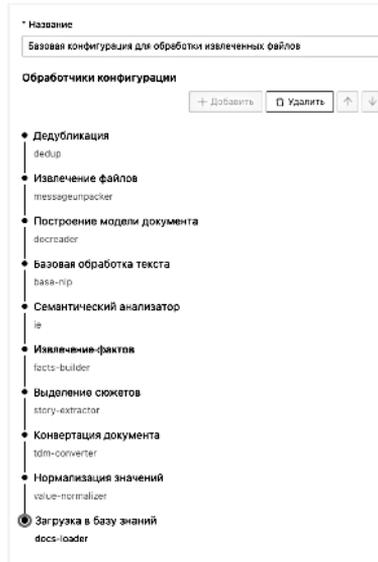


Рис. 3. Базовая конфигурация для обработки импортированных файлов
 Fig. 3. Basic configuration for processing imported files

РГ 1.3.1.02.0582-2018.pdf Исследовать Подписка Повторно обработать Выгрузить оригинал

ый	ый					
1.9. Защита биологическая	1.9. Защита биологическая	1160.01.16.000	1	1		
1.10. Механизм перемещения подвесок ионизационных камер	1.10. Механизм перемещения подвесок ионизационных камер	1160.18.00.000	1	1		
2. Система компенсации объема	2. Система компенсации объема	320.02.00.00.000			УР	УР
2.1. Компенсатор давления в сборе	2.1. Компенсатор давления в сборе	320.02.01.00.000			1,2,3,4 УР10В 01	1,2,3,4 УР10В 01
2.1.1. Компенсатор давления	2.1.1. Компенсатор давления	1160.11.00.000	1	1	1,2,3,4 УР10В 01	1,2,3,4 УР10В 01
2.1.2. Ошибка в пределах компенсатора давления. Блоки ТЭН	2.1.2. Ошибка в пределах компенсатора давления. Блоки ТЭН	320.02.01.03.000	28	28	ТЭНБ-90П03 80И1	ТЭНБ-90П03 80И1
2.1.3. Элементы крепления	2.1.3. Элементы крепления	320.02.01.01.000				
2.2. Типологические	2.2. Типологические					

Компенсатор давления в сборе Публичный



Тип концепта
 Устройство

Термины Очистить

Компенсатор давления в сборе ⌵ ⌶

Добавить характеристику

Основное значение характеристики

* Тип характеристики ▼

* Уровень доступа Публичный ▼

Отменить Сохранить

Потенциальные характеристики

Рис. 4. Пример разметки технологической карты
 Fig. 4. An example of the layout of a technological map

Были проверены механизмы автоматического извлечения фактов об объектах интереса и ручной разметки текстов (рис. 5). База знаний была обогащена объектами интереса, их характеристиками и связями между ними в соответствии с предметной областью (рис. 6).

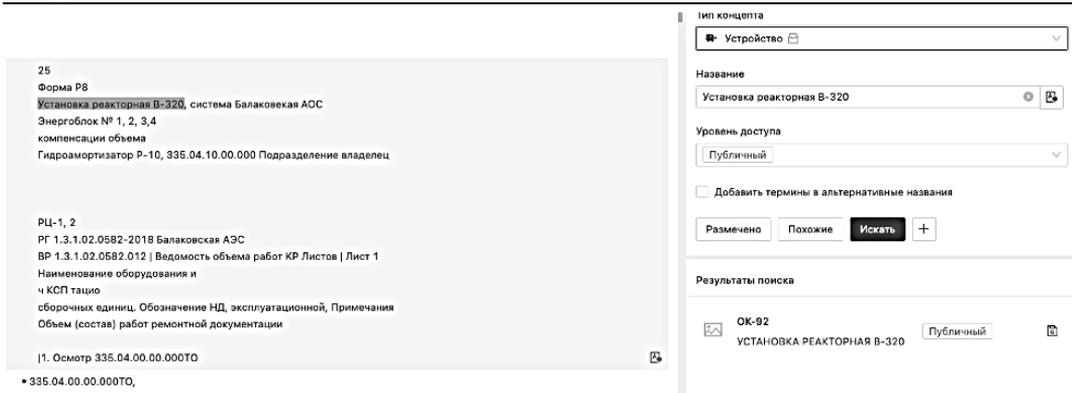


Рис. 5. Пример автоматического извлечения фактов об объектах интереса
 Fig. 5. An example of automatic extraction of facts about objects of interest

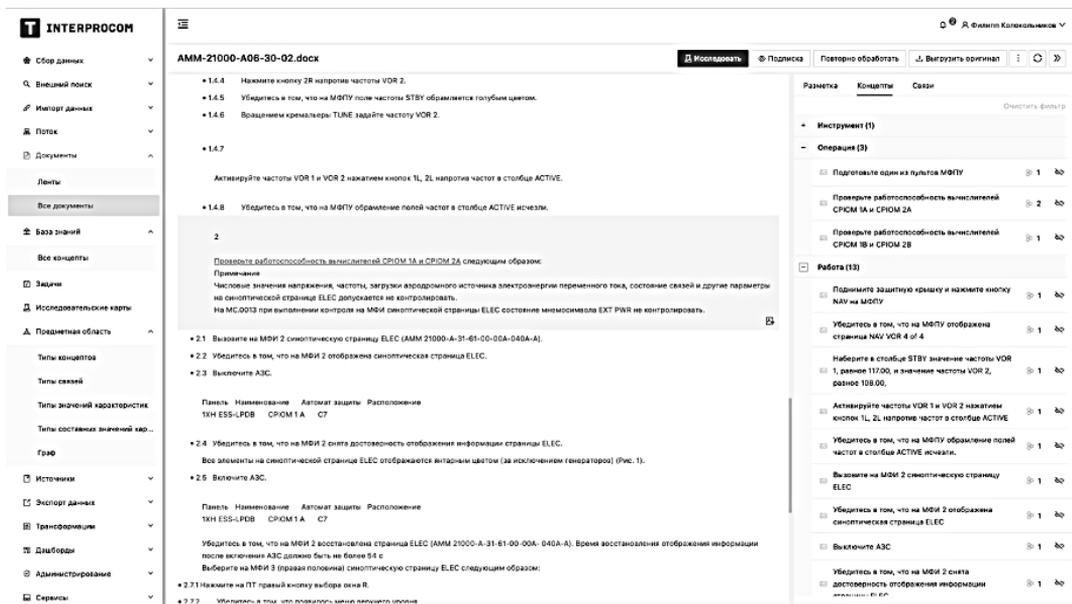


Рис. 6. Просмотр перечня выявленных объектов интереса из текста документа
 Fig. 6. Viewing the list of identified objects of interest from the text of the document

2.4 Анализ информации

Автоматическая обработка (с использованием методов машинного обучения) импортированной информации позволила выявить необходимые факты об объектах интереса в соответствии с разработанной предметной областью. Разметка документов, выявление и подтверждение фактов позволило структурировать информацию и сформировать массив данных.

В результате проведенных работ в базе данных было сформировано:

- 16 концептов типа «Операция»;
- 15 концептов типа «Организация»;

- 14 концептов типа «Специалист»;
- 41 концепт типа «Регламент/Документ/Ведомость/Карта»;
- 8 концептов типа «Инструмент»;
- 55 концептов типа «Работа»;
- 2 концепта типа «Нормы и правила»;
- 2 концепта типа «Расходный материал»;
- 84 концепта типа «Устройство».

Для всех подтвержденных концептов (объектов интереса) были созданы необходимые характеристики и связи, которые были выявлены в импортированных технических документах (рис. 7).

The screenshot shows the 'База знаний' (Knowledge Base) interface. The main table lists concepts with columns for ID, photo, name, type, access level, creation date, modification date, and author. The selected concept is 'УСТАНОВКА РЕАКТОРНАЯ В-320' (Reactor Installation V-320), which is a 'Устройство' (Device) type, public, created on 24.07.2023 at 11:29 and modified on 13.08.2023 at 14:41 by Philipp Kolokolnikov (phika666).

№	Фото	Название	Тип концепта	Уровень доступа	Дата, время создания	Дата, время изменения	Автор создания	АЕ из
OK-92		УСТАНОВКА РЕАКТОРНАЯ В-320	Устройство	Публичный	24.07.2023 11:29	13.08.2023 14:41	Филипп Колокольников (phika666)	Фс Кс (а)
OK-94		Регламент технического обслуживания и ремонта *Установка Реакторная В-320*	Регламент/ Документ/ Ведомость/ Карта	Публичный	24.07.2023 11:32	14.08.2023 11:59	Филипп Колокольников (phika666)	Фс Кс (а)
OK-154		ОП 1.3.1.02.0582.002	Регламент/ Документ/ Ведомость/ Карта	Публичный	10.08.2023 13:36	10.08.2023 13:37	Филипп Колокольников (phika666)	Фс Кс (а)
OK-158		ПО 1.3.1.02.0582.003	Регламент/ Документ/ Ведомость/ Карта	Публичный	10.08.2023 13:39	10.08.2023 17:11	Филипп Колокольников (phika666)	Фс Кс (а)

The right sidebar shows the detailed view for 'УСТАНОВКА РЕАКТОРНАЯ В-320'. It includes a 'Тип концепта' (Concept Type) section with 'Устройство' selected, and a 'Характеристики (3)' (Characteristics (3)) section. The characteristics listed are 'ру' (RU) and 'УСТАНОВКА РЕАКТОРНАЯ В-320'. A 'Комментарий' (Comment) section contains the text: 'Реакторная установка - это комплекс систем и элементов АС (блока АС), предназначенный для преобразования ядерной энергии в тепловую, включающий реактор и непосредственно связанные с ним системы и элементы, необходимые для его нормальной эксплуатации, аварийного охлаждения, аварийной защиты и поддержания в безопасном состоянии при условии выполнения требуемых вспомогательных и обеспечивающих функций другими системами АС. Границы РУ устанавливаются в проекте АС.'

Рис. 7. Просмотр характеристик устройства
Fig. 7. Viewing device characteristics

Это позволило обеспечить необходимый анализ данных при помощи встроенных инструментов Talisman. Доступ к импортированным документам в системе был организован через реестр лент и документов (рис. 8).

Для удобства работы была создана лента документов, содержащая перечень импортированной технической документации по АЭС (рис. 9).

Структурирование информации из технических документов позволило сформировать базу знаний и сформировать досье на набор объектов интереса, содержащее перечень характеристик, связей и подтверждающих документов. Пример такого досье представлен на рис. 10.

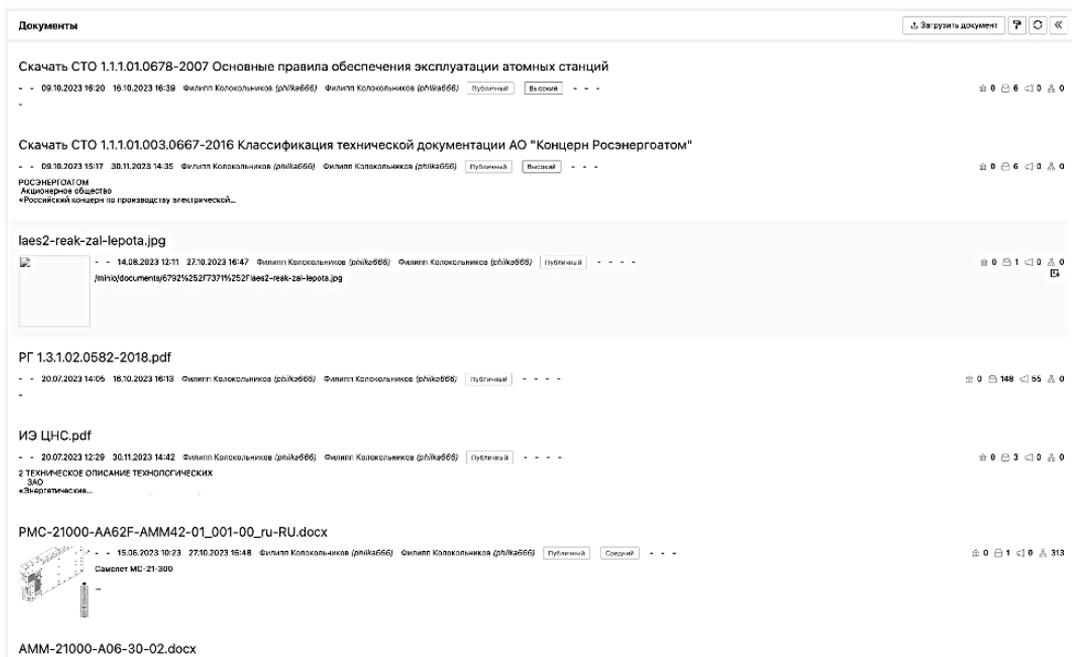


Рис. 8. Просмотр импортированных документов в реестре
 Fig. 8 Viewing imported documents in the registry

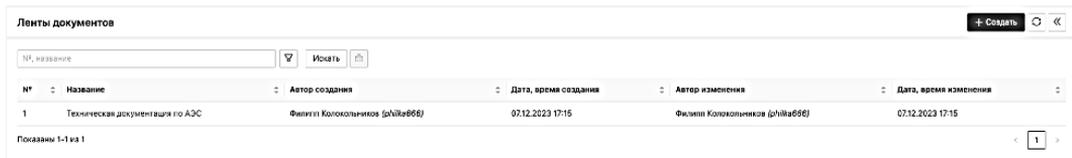


Рис. 9. Просмотр импортированных документов в реестре
 Fig. 9 Viewing imported documents in the registry

В рамках исследования была осуществлена разработка представления для типа концепта «Регламент/Документ/Ведомость/Карта» в интерфейсе ИАС. Пример представления представлен на рис. 11. Результаты извлечения фактов и связей между концептами в соответствии с разработанной предметной областью представлены в качестве примеров в табл.4 и табл.5.

Структурирование информации в единой базе знаний позволило обеспечить работу механизма «Исследовательская карта». Это визуальное представление объектов интереса и связей между ними на плоскости в виде графа. Пример ИК, посвященной тестовому разбору технологической карты представлен на рис. 12. Данный механизм может быть использован для разных прикладных задач, включая восстановление технологий процессов из разрозненных данных на основе структурированной информации, извлеченной из технологических карт. Пример восстановленного процесса представлен на рис. 13.

3. Заключение

В результате исследования были адаптированы и проверены предложенные механизмы для решения прикладных задач импорта, автоматической обработки, структурирования и анализа информации на основе компонентов платформы Talisman для повышения эффективности эксплуатации сложных аппаратных систем. Была разработана предметная область, 116

позволяющая прорабатывать аналогичные задачи в прочих прикладных областях (проведено тестирование на примере энергетической и авиационной отраслей, на примере импорта и структурирования информации из технологических карт). Полученные результаты подтверждают гипотезу, что методы машинного обучения и адаптированные механизмы платформы Talisman могут быть эффективно использованы в сложных распределенных доверенных ИАС для решения спектра прикладных задач в бюджетных и коммерческих организациях, на производстве и при эксплуатации сложных технических средств.

Компенсатор давления в сборе



3 1 3 1

Тип концепта: Устройство

Уровень доступа: Публичный

Автор, дата создания: Филипп Колокольников - 10.08.2023 19:31

Характеристики | **Связи** | Подтверждающие документы | Задачи | Объединенные

Только медиа-файлы

Заголовок	URL оригинала	Уровень доступа	
1	-	Публичный	↓
laes2-reak-zal-lepota.jpg	-	Публичный	↓
РГ 1.3.1.02.0582-2018.pdf	-	Публичный	↓

Показаны 1-3 из 3

Рис. 10. Пример досье на объект интереса
 Fig. 10 An example of a dossier on an object of interest

РГ 1.3.1.02.0582-2018

Исследовать | Подпись | Выбрать представление | Поиск в документах |

Список связей

Содержит (33)

→	УСТАНОВКА РЕАКЦИОННАЯ В-320 (Устройство)	0	-	Публичный	1
→	Энергоблок № 1 (Устройство)	0	-	Публичный	1
→	Энергоблок №3 (Устройство)	0	-	Публичный	1
→	Энергоблок №4 (Устройство)	0	-	Публичный	1
→	Детали закладные и рельсы (Устройство)	0	-	Публичный	1
→	Двери защитные (Устройство)	0	-	Публичный	1
→	Сиффон разделительный (Устройство)	0	-	Публичный	1
→	Энергоблок №2 (Устройство)	0	-	Публичный	1
→	Изоляция тепловая зоны парогенер (Устройство)	0	-	Публичный	1
→	Изоляция тепловая временного блока (Устройство)	0	-	Публичный	1
→	Оборудование шахты ядерного реактора (Устройство)	0	-	Публичный	1
→	Детали закладные (Устройство)	0	-	Публичный	1
→	Изоляция теплозащитной части корпуса (Устройство)	0	-	Публичный	1
→	Ферма опорная (Устройство)	0	-	Публичный	1
→	Защита биологическая (Устройство)	0	-	Публичный	1
→	Механизм перемещения грузов автоматизированный (Устройство)	0	-	Публичный	1
→	Система компенсации объема (Устройство)	0	-	Публичный	1

Рис. 11. Пример представления для концепта
 Fig. 11 An example of a representation for a concept

Табл.4. Представление концептов, связанных обозначением по КД

Table 4. Presentation of concepts related to designations according to design documentation

Наименование	Обозначение по КД
Детали закладные и рельсы	320.01.09.00.000
Дверь защитная	320.01.11.00.000
Изоляция тепловая зоны патрубков	320.01.04.00.000
Изоляция тепловая верхнего блока	320.01.07.00.000
Оборудование шахты ядерного реактора	320.01.00.00.000
Детали закладные	320.01.01.00.000
Изоляция тепловая цилиндрической части корпуса	320.01.03.00.000
Ферма опорная	320.01.05.00.000
Защита биологическая	1160.01.16.000
Механизм перемещения подвесок ионизационных камер	1160.18.00.000
Система компенсации объема	320.02.00.00.000
Компенсатор давления в сборе	320.02.01.00.000
Компенсатор давления	1160.11.00.000
Ошиновка в пределах компенсатора давления. Блоки ТЭН	320.02.01.03.000
Элементы крепления	320.02.01.01.000
Реактор ВВЭР-1000	320.06.00.00.000
Выгородка	1152.02.09.000
Шахта внутрикорпусная	1160.02.08.000
Подогреватель гидроемкости САОЗ	ТЭНБ-901380И1
Трубопровод системы компенсации объема	320.02.02.00.000

Табл.5. Представление выявленных концептов, связанных с набором характеристик

Table 5. Presentation of the identified concepts related to a set of characteristics

Наименование	Гарантийный срок (лет)	Гарантийный срок (циклы)	Срок службы (лет)	Ресурс (час)	Количество единиц в системе
Комплект элементов упругих трубчатых	-	-	-	-	1
Гидроамортизатор Р-450	-	-	-	-	32
Парогенератор ПГВ-1000М с опорами	-	-	-	-	4
Гидроамортизатор Р-20	-	-	-	-	2
Гидроамортизатор Р-10	-	-	-	-	8
Каналы нейтронные измерительные КНИ-5Б	-	15	-	-	-
Соединитель РС19ТВ	4	-	-	-	-
Соединитель СНЦЗМ	10	-	-	-	-
Кабель КПЭТИ	45	-	-	-	-
Провод марки МСТП	12	-	-	-	-
Металлорукав 4655А	10	-	-	-	-
Преобразователь термоэлектрический специального назначения	-	-	-	32 000	-
Устройство компенсационное типа УК-82	-	-	-	25 000	-
Блок трубчатых электронагревателей	-	-	-	-	-
блок ТЭН	-	-	10	20 000	-
Резиновые уплотнительные кольца гидроамортизаторов Р-10, Р-20, Р-450	-	-	12	-	-
Гидроемкость САОЗ	-	-	-	-	4

Также перспективным для взаимодействия с ИК является использование интерфейса AR. Так как, данная технология может быть использована сразу на двух этапах аналитической работы:

- при разработке исследовательской карты - на этапе командной работы: исследовательская карта может выводиться при помощи технологии дополненной реальности на поверхность стола или доски для обсуждения, внесения оперативных изменений в структуру или добавления комментариев;
- при ознакомлении с результатами работы, представленными в виде электронного или бумажного отчета: наведение камеры мобильного устройства на отчет дает доступ к дополнительным сведениям об объекте интереса. Например, иллюстрирует принцип его устройства и работы в виде интерактивной трехмерной модели, видеофрагмента или набора фотографий, предварительно собранных, обработанных и загруженных в базу знаний ИАС.

Таким образом, по результатам проведенной исследовательской работы можно сделать следующие выводы:

- – подтверждена гипотеза о том, что методы машинного обучения и адаптированные механизмы платформы Talisman могут быть эффективно использованы в сложных распределенных доверенных ИАС для решения спектра прикладных задач в бюджетных и коммерческих организациях, на производстве и при эксплуатации сложных технических средств;
- – необходима методическая и функциональная доработка, совместно со специалистами профильных ВУЗов и НИИ, существующей ИАС в соответствии со спецификой эксплуатации в прикладных технических областях;
- – выдвинута гипотеза об эффективности применения VR и AR технологий для обеспечения расширенных интерфейсов Talisman для анализа данных, что требует дальнейшей исследовательской работы.

Список литературы / References

- [1]. Системный подход к проектированию ЛА: Учебное пособие. – М.: Изд-во МАИ. Интернет источник: <https://studfile.net/preview/6711193/> (посещен 10.04.2024).
- [2]. Wang Z., Wang X., Zhang Y., Yang Y., Li Y., Information Extraction of Aircraft Maintenance Records for Knowledge Graph Construction. Published in: *Global Reliability and Prognostics and Health Management (PHM-Yantai)*, 2022. Интернет источник: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9942091> (посещен 10.04.2024).
- [3]. McDonald A., Gilbertson L., Baca T., A Text Mining and Information Extraction Tool for Unstructured Data, National Laboratories Information Technology Summit, 2016.
- [4]. Niraula N., Kao A., Whyatt D., Part and Condition Extraction from Aircraft Maintenance Records, Boeing Research and Technology, Seattle, Washington and Huntsville, Alabama, USA, 2020.
- [5]. Allinson C., Enabling Proactive Quality in Commercial Airplanes using Natural Language Processing, Massachusetts Institute of Technology, USA, 2022.
- [6]. TALISMAN (Tracking and Learning Insights from Social Media Analysis). ИСП РАН. Интернет источник: <https://talisman.ispras.ru/> (посещен 10.04.2024).
- [7]. Belyaeva.O., Dedoc: A Universal System for Extracting Content and Logical Structure From Textual Documents / O Belyaeva, A Bogatenkova, D Turdakov, 2023 Ivannikov Ispras Open Conference (ISPRAS), 2023.
- [8]. Neretin, E. S., Prospect for the application of augmented and virtual reality technologies in the design, production, operation of aircraft and training of aviation personnel / E. S. Neretin, P. A. Kolokolnikov, S. Y. Mitrofanov // *Journal of Physics: Conference Series*: 11, Moscow, 10–11 декабря 2020 года. – Moscow, 2021. – P. 012030. – DOI 10.1088/1742-6596/1958/1/012030. – EDN JDSCZB.

Информация об авторах / Information about authors

Филипп Аркадьевич КОЛОКОЛЬНИКОВ – кандидат технических наук, старший научный сотрудник ИСП РАН, старший преподаватель Московского авиационного института (МАИ). Научные интересы: анализ и визуализация больших данных, технологии дополненной и виртуальной реальности для решения прикладных задач при разработке и эксплуатации сложных аппаратных систем, в медицине и авиационной отрасли.

Philipp Arkadyevich KOLOKOLNIKOV – PhD in Technical Science, senior Researcher at ISP RAS, senior lecturer at the Moscow Aviation Institute (MAI). Research interests: analysis and visualization of big data, augmented and virtual reality technologies for solving applied problems in the development and operation of complex hardware systems, in medicine and the aviation industry.

Владимир Владимирович ОРЛОВ – инженер ООО «Интерпроком»

Vladimir Vladimirovich ORLOV – engineer of Interprokom LLC

Денис Юрьевич ТУРДАКОВ – кандидат физико-математических наук, заведующий отделом ИСП РАН, доцент кафедры системного программирования ф-та ВМК МГУ. Научные интересы: анализ естественного языка, извлечение информации, обработка больших данных, анализ социальных сетей.

Denis Yurievich TURDAKOV – PhD, Head of Department at ISP RAS, associate professor of the Department of System Programming at MSU. Research interests: natural language processing, information extraction, big data analysis, social network analysis.

