

УПРАВЛЕНИЕ В ОРГАНИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

УДК 004.021

МЕТОД АНАЛИЗА ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ УПРАВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ АКТИВОВ¹

Статья поступила в редакцию 01.02.2022, в окончательном варианте – 18.02.2022.

Нгуен Тхань Вьет, Волгоградский государственный технический университет, 400005, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. Ленина, 28; Фам Ван Донг университет, Куанг Нгай, Вьетнам, аспирант, ORCID: 0000-0003-3805-5958, e-mail: vietqn1987@gmail.com

Кравец Алла Григорьевна, Волгоградский государственный технический университет, 400005, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. Ленина, 28; Государственный университет «Дубна», 141982, Российская Федерация, Московская область, г. Дубна, ул. Университетская, 19, доктор технических наук, профессор, ORCID: 0000-0003-1675-8652, e-mail: agk@gde.ru

Шчербаков Максим Владимирович, заведующий кафедрой САПРиПК, Волгоградский государственный технический университет, 400005, Российская Федерация, г. Волгоград, пр. Ленина, 28, доктор технических наук, профессор, ORCID: 0000-0001-7173-4499, e-mail: maxim.shcherbakov@gmail.com

Чтобы поддерживать конкурентоспособность в среде быстро меняющейся науки, важно отслеживать развитие существующих технологий, открывать новые и многообещающие технические решения. Предприятиям необходимо разрабатывать стратегию инновационного развития на основе прогноза новых технологий, чтобы получить конкурентное преимущество при использовании ограниченных ресурсов. В работе предложен метод анализа тенденции развития технологий в области управления эффективностью активов (Asset Performance Management – APM), определены самые влиятельные факторы (изобретатели, ученые, организации). В качестве источника данных использована система The Lens – флагманский проект общественной организации Cambia. В исходный датасет вошли 115677 патентов, после предобработки которых с учетом самой ранней даты приоритета в периоде 2010–2021 гг. и группировки по простым семействам получено 30706 патентов. Из 18073 научных публикаций, посвященных теме области APM, отобраны 9069 в периоде 2010–2021 гг. для дальнейшего анализа. Кроме того, были исследованы 29943 научные публикации, цитируемые в найденных патентах по APM. В результате определены основные направления исследований и их тенденции в области APM за последние 12 лет (2010–2021), выявлены топ-20 тематик исследования и 9 тематик восходящего тренда в публикациях.

Ключевые слова: управление эффективностью активов, анализ данных, анализ технологии, патент, научные публикации, Asset Performance Management (APM)

METHOD FOR DEVELOPMENT TRENDS ANALYSIS OF ASSET PERFORMANCE MANAGEMENT TECHNOLOGIES

The article was received by the editorial board on 01.02.2022, in the final version – 18.02.2022.

Nguyen Thanh Viet, Volgograd State Technical University, 28 Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation; Pham Van Dong University, Quang Ngai, Vietnam, post-graduate student, e-mail: vietqn1987@gmail.com

Kravets Alla G., Volgograd State Technical University, 28 Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation,

Doct. Sci. (Engineering), Professor, ORCID: 0000-0003-1675-8652, e-mail: agk@gde.ru

Shcherbakov Maksim V., Head of the CAD&SD Department, Volgograd State Technical University, 28 Lenin Ave., Volgograd, 400005, Russian Federation,

Doct. Sci. (Engineering), Professor, ORCID: 0000-0001-7173-4499, e-mail: maxim.shcherbakov@gmail.com

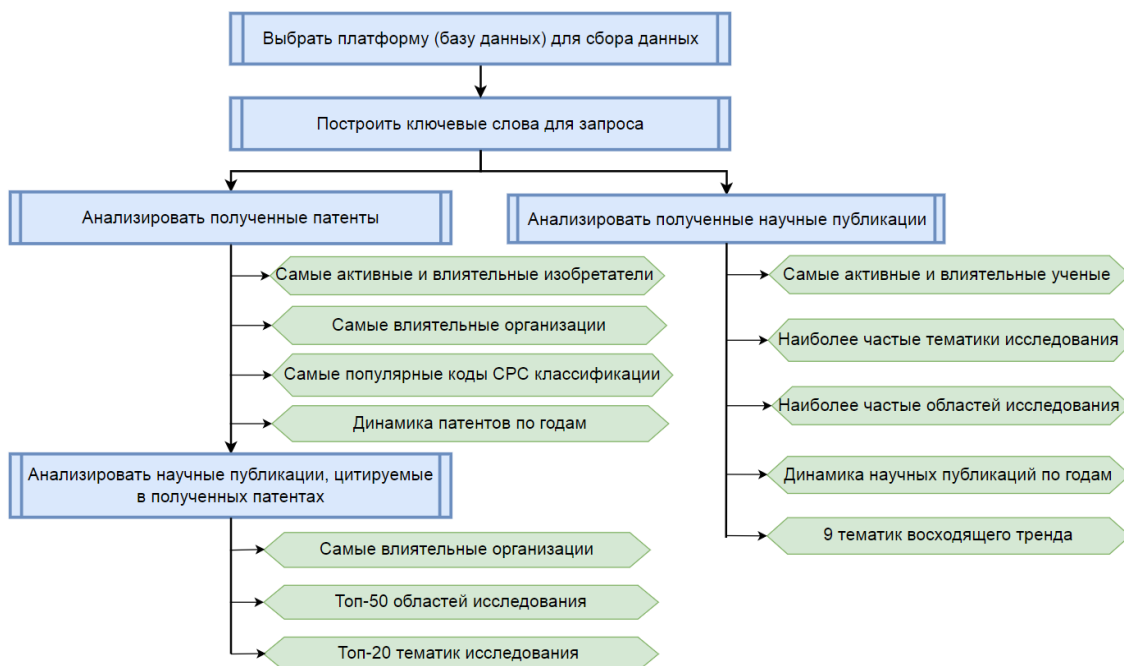
In order to remain competitive in a rapidly changing science environment, it is important to keep track of the development of existing technologies, to discover new and promising technical solutions. An enterprise needs to develop an innovative development strategy based on a forecast of new technologies in order to gain a competitive advantage while using limited resources. The paper proposes a method for analyzing the trend of technology development in the field of asset performance management (APM), implemented the selection of the most influential factors (inventors,

¹Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-37-90092.

scientists, organizations). The Lens system, the flagship project of the social organization Cambia, was used as a data source. The initial dataset included 115677 patents, after pre-processing, taking into account the earliest priority date in the period 2010–2021 and grouping by simple families, 30706 patents were received. Out of 18073 scientific publications devoted to the topic of the APM field, 9069 were selected in the period 2010–2021 for further analysis. In addition, 29943 scientific publications cited in found APM patents were also analyzed. The main areas of research and their trends in the field of APM over the past 12 years (2010–2021) were explored. Moreover, the top-20 research subjects and 9 uptrend subjects in publications were also identified.

Keywords: asset performance management, data analysis, technology analysis, patent, scientific publications, Asset Performance Management (APM)

Graphical annotation (Графическая аннотация)



Введение. Новые технологии способны радикально изменить ситуацию как на мировых рынках, так и на отдельном предприятии. Речь идет о таких вещах, как облачные решения, управление большими данными, промышленный интернет вещей, комплексное системное моделирование и аналитика. По отдельности они обеспечивают предприятиям возможность стратегически планировать, прогнозировать и оптимизировать операции. Вместе же эти технологии составляют мощный инструментарий, который позволяет снижать издержки и увеличивать производительность [1].

С другой стороны, в процессе управления промышленным предприятием одной из актуальных проблем становится анализ эффективности управления его активами. В условиях рыночной экономики активы являются дорогостоящим товаром, который формирует основную часть рыночной стоимости предприятия как имущественного комплекса. В настоящее время самый распространенный подход к обеспечению непрерывной эксплуатации оборудования – это профилактическое обслуживание. Оно проводится через регулярные промежутки времени, чтобы уменьшить вероятность отказов. Однако в большинстве случаев такая практика приводит либо к излишнему, либо к недостаточному обслуживанию из-за непредсказуемых ситуаций, различий в возрасте оборудования и условиях эксплуатации.

Управление эффективностью активов (Asset Performance Management – APM) – это подход к управлению активами, который определяет приоритеты бизнес-целей в дополнение к традиционным целям надежности и доступности активов. APM стал основным инструментом цифровой трансформации промышленных компаний. Цифровая трансформация позволяет компаниям сменить стратегию техобслуживания с реактивной на проактивную [2]. Эта стратегия позволяет персоналу заблаговременно предотвращать дорогостоящие отказы и максимально эффективно использовать активы в течение всего их жизненного цикла [3]. Современный APM сочетает в себе традиционные методы управления активами с новыми цифровыми технологиями для повышения надежности, выполнения технического обслуживания и обеспечения эффективности бизнеса [4].

В работе [5] представлен современный подход к повышению эффективности управления техническим обслуживанием и ремонтами (ТОиР) производственных активов предприятия с помощью информационных центров управления производственными активами на базе SAP ERP (ERP – система управления ресурсами предприятия). Решение позволяет повысить производительность труда специалистов ТОиР за счет концентрации всех действий по планированию и управлению процессами ТОиР в «едином информационном окне».

Аналогично в исследовании [6] приведен поиск возможных путей создания единой цифровой модели промышленного предприятия для повышения эффективности управления его производственными активами. При этом в статье проведен подробный анализ различных информационных систем, применяемых на всех стадиях жизненного цикла производственных активов промышленного предприятия, начиная с прединвестиционных исследований и заканчивая стадиями эксплуатации и ликвидации. Авторами предложена единая информационная модель активов предприятия, основанная на интеграции ERP-системы предприятия и BIM-моделей его зданий и сооружений.

Тем самым средства автоматизации объединяют операции и позволяют экспертам в реальном времени видеть, что происходит внутри бизнес-процессов. Мобильная связь обеспечивает доступ к данным отовсюду и улучшает сотрудничество бизнес-подразделений. Машинное обучение, искусственный интеллект и облачные технологии также помогают реализовать прогнозные стратегии, которые существенно сокращают незапланированные простои (рис. 1). Подход, ориентированный на данные, повышает эффективность актива, что является дополнительным экономическим преимуществом для эксплуатирующего предприятия [7, 8].

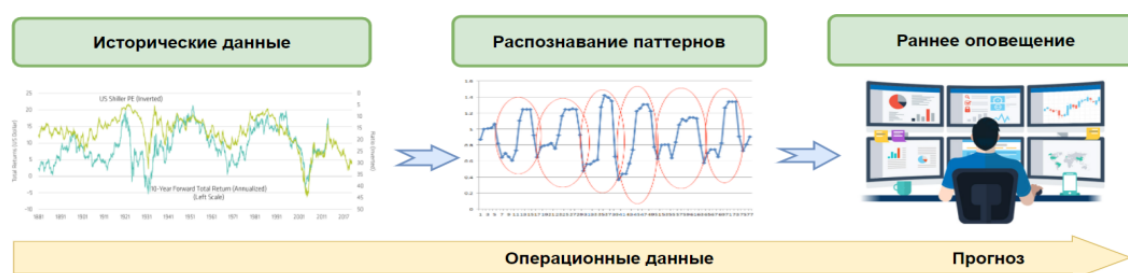


Рисунок 1 – Предиктивная аналитика актива

Помимо этого, работа [9] рассматривает движущие силы бизнеса (business drivers), проблемы и инновации в отрасли, направленные на повышение надежности энергосистемы с помощью АРМ-технологий. В ней подчеркивается роль оцифровки в принятии надежных и основанных на данных решений путем объединения информации из разных организационных хранилищ и проведения методичного и последовательного анализа. Также предложено использовать цифровые технологии, такие как мобильные инструменты, промышленный интернет, большие данные и предиктивный анализ. На реальных примерах показано, как реализуется проект АРМ и как заказчик за короткое время добился чрезвычайно высокой окупаемости инвестиций с помощью практических технологий.

Таким образом, целью данной работы является разработка и реализация метода анализа современных достижений, значительных направлений исследований и тенденций развития технологий как в предметной области АРМ, так и в смежных областях. Практическая значимость данного метода анализа состоит в выявлении сильных и слабых сторон технологической деятельности в выбранной области и позволяет обозначить возможности увеличения конкурентных преимуществ за счет надлежащего использования технологий, а также определить доступные технологии для улучшения своих продуктов и процессов.

1. Предложенный метод анализа предметной области АРМ. Общий вид предложенного метода анализа предметной области АРМ представлен на рисунке 2.

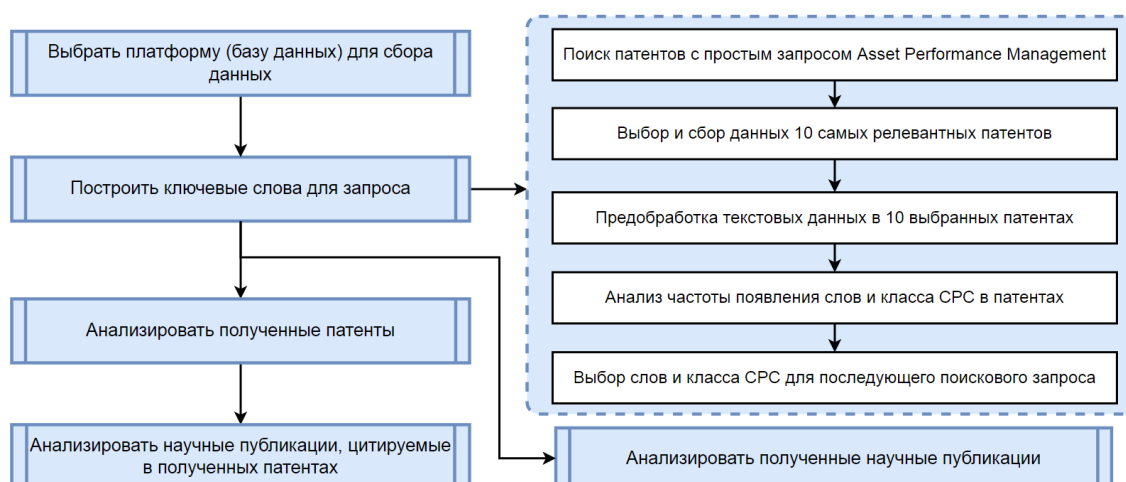


Рисунок 2 – Общий метод для анализа (CPC – Cooperative Patent Classification)

1.1. Выбор платформы – источника патентных документов для анализа. Решение о том, какой источник патентной информации будет использоваться, является важным на начальном этапе исследовательской работы. Стоимость сбора данных для анализа следует сопоставить со временем, которое потребуется на работу с данными, и их полнотой.

Хотя только сами государственные патентные органы генерируют авторитетные патентные данные (первичные источники), существует ряд различных вторичных источников патентных документов и информации, которые обычно используются для создания отчетов о патентовании. По своей природе вторичные источники обычно включают информацию о семействах патентных документов. В некоторых базах данных эта информация о семействе используется для сокращения семейств в списке результатов, то есть список результатов поиска будет включать только один документ из семейства патентов.

Несколько патентных ведомств поддерживают вторичные патентные базы данных, которые позволяют искать патенты из нескольких стран вместе. Например, это PATENTSCOPE от WIPO, Esp@cenet от Европейского патентного ведомства или DEPATISNET от Немецкого ведомства по патентам и товарным знакам.

Есть еще несколько бесплатных онлайн-сервисов по поиску патентов. Их характеристики аналогичны предложениям патентных ведомств, хотя их охват по странам может быть меньше. Иногда они предлагают преимущества по сравнению с сайтами патентных ведомств, поскольку их пользовательский интерфейс зачастую немного более отлажен и удобен для конечного пользователя. Иногда они также предлагают дополнительные функции, которых обычно нет на сайтах патентных ведомств. Например, The Lens от Cambia и Patent Inspiration от CREAX предлагают некоторые функции статистического анализа и визуализации.

Среди них Cambia – The Lens (<http://www.lens.org>) – всемирный открытый бесплатный полнотекстовый ресурс патентной информации. The Lens, флагманский проект общественной организации Cambia, направлен на поиск, объединение и связывание различных наборов открытых знаний, включая научные работы и патенты, для информирования об открытии, анализе, принятии решений и партнерстве с ориентированным на человека пользовательским интерфейсом, основанном на открытой веб-платформе Lens.org с инструментами для решения различных задач анализа.

В течение более 20 лет развития, благодаря поддержке известными благотворительными организациями, The Lens собирает, очищает, объединяет, нормализует и обслуживает более 225 миллионов научных работ, 127 миллионов глобальных патентных записей и более 370 миллионов патентных последовательностей с обширными метаданными, взятыми из различных источников данных [10].

Таким образом, в данной работе платформа The Lens использована для сбора данных и выполнения анализа тенденций в предметной области АРМ.

1.2. Построение набора ключевых слов для поискового запроса. Для начала был реализован поиск патентов на платформе The Lens с простым поисковым запросом «Asset Performance Management». В результате был получен набор 95032 патентов. Далее авторы изучили небольшое количество патентов и выбрали 10 самых релевантных документов, из которых данные: заголовок, аннотация, классификация (CPC) – были извлечены для последующего анализа. Предварительная

обработка данных включает в себя удаление знаков препинания и стоп-слов из стандартного списка, а также лемматизацию с помощью библиотеки NLP spaCy. Новое свойство Text образуется путем комбинирования заголовков и аннотаций, а затем разбивается на лексемы.

В результате получен график частоты появления в патентах топ-30 слов, как показано на рисунке 3. На основе этого следующие слова были включены в поисковый запрос: data, model, digital, predict, analy* (analyze, analytic, analysis).

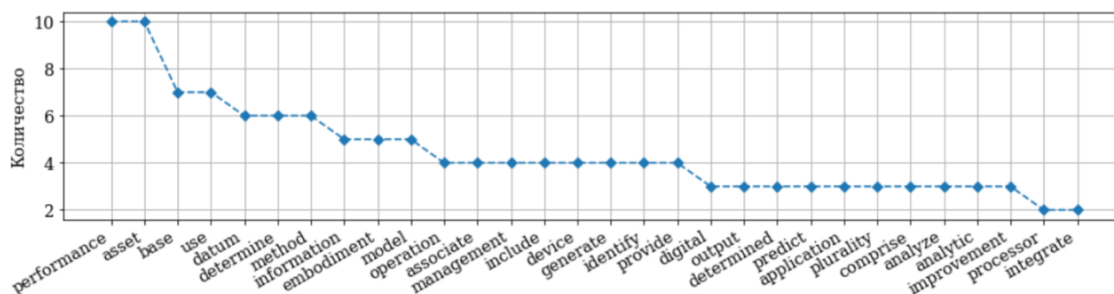


Рисунок 3 – Частоты появления топ-30 слов в 10 релевантных патентах

Кроме того, была осуществлена статистическая обработка 4 первых уровней классов совместной патентной классификации Европейского патентного ведомства и Ведомства по патентам и товарным знакам США – Cooperative Patent Classification (CPC), результаты которой представлены в рисунке 4.

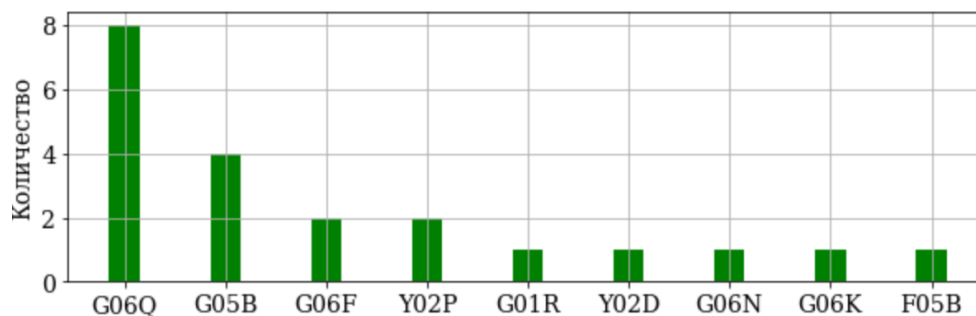


Рисунок 4 – Частоты появления CPC классов в 10 релевантных патентах

На основе этого в выборку были включены классы:

- G06Q (системы или методы обработки данных, специально адаптированные для административных, коммерческих, финансовых, управленческих, надзорных или прогнозных целей);
- G05B (системы контроля или регулирования в целом; функциональные элементы таких систем; меры по мониторингу или тестированию таких систем или элементов);
- G06F (компьютерные системы электронной цифровой обработки данных на основе конкретных вычислительных моделей).

Таким образом, составлен следующий поисковый запрос:

```
((asset AND performance AND manage* AND (data || model || digital || predict || analy*)) || ("asset performance management")) AND (class_cpc.symbol:G06Q* || G05B* || G06F *).
```

Данный запрос подается в поисковую систему платформы The Lens и получает в результате набор 115677 патентов. Далее выполнена фильтрация патентов с самой ранней датой приоритета в периоде 2010–2021 гг. и группировка по простым семействам (Simple Families). В результате получено 30706 патентов, как показано на рисунке 5.

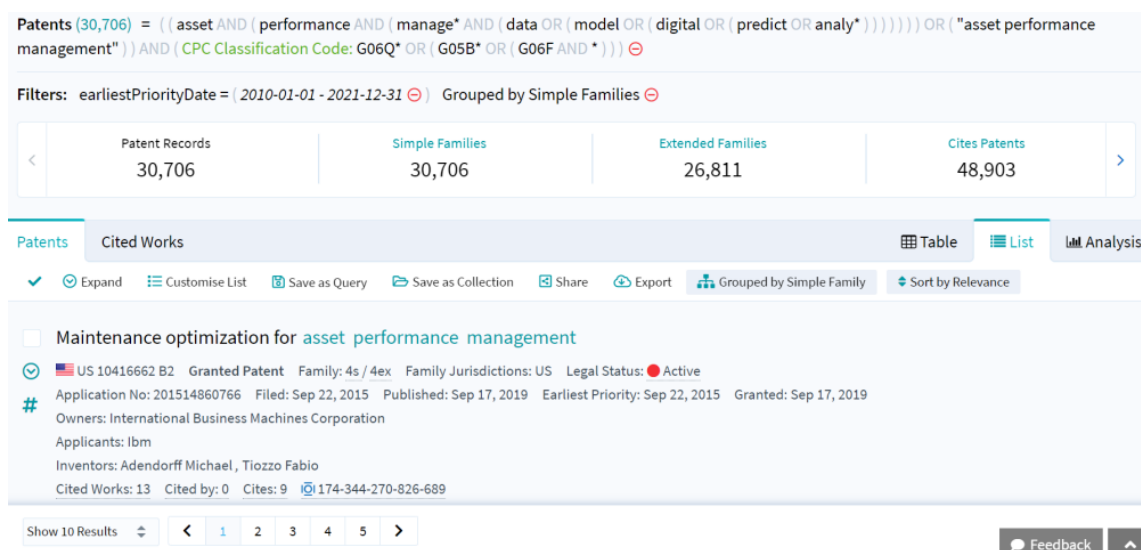


Рисунок 5 – Результат поиска и фильтрации патентов по составленному запросу

Для поиска научных публикаций приведен подобный поисковый запрос (для заголовка или аннотации):

```
((asset AND performance AND manage* AND (data || model || digital || predict || analy*)) || ("asset performance management"))
```

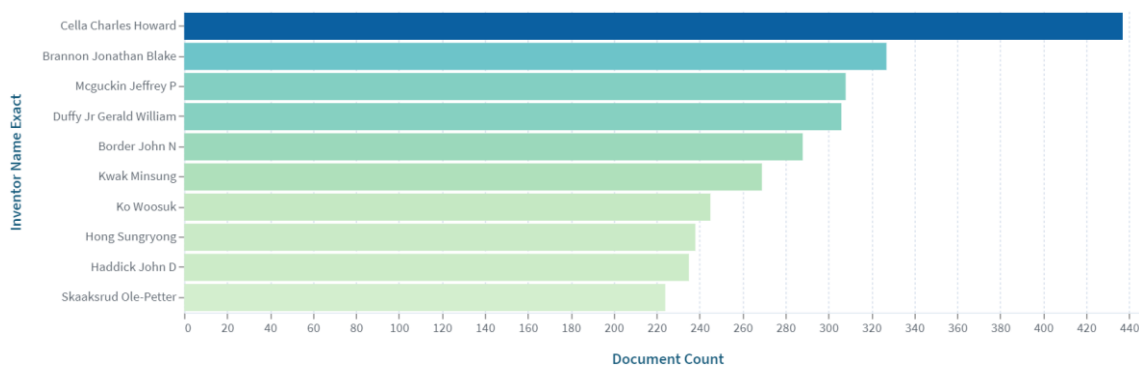
В результате найдены 18073 записи, после фильтрации по годам выпуска 2010–2021 получен набор из 9069 научных публикаций.

2. Результат анализа патентов и научных публикаций.

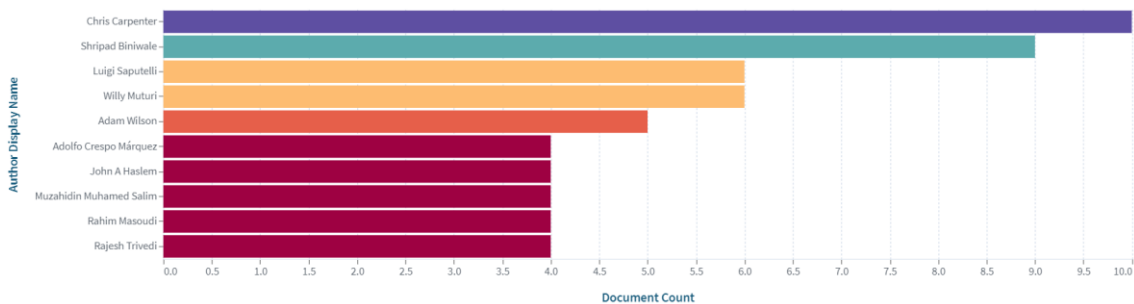
2.1. Самые активные изобретатели и ученые в области АРМ. Выявление персоналий, вносящих вклад в АРМ, является важным первым шагом в понимании основных акторов в анализе и установлении значимых партнерских отношений.

Эти графики (рис. 6, 7) содержат данные о наиболее известных и влиятельных ученых и изобретателях, вносящих свой вклад в АРМ. Выявление этих ключевых лиц помогает определить, кто стоит за исследованиями и изобретениями по АРМ и способствует развитию партнерских отношений. Исследование участников инновационной системы необходимо, чтобы лучше понять возможности каждого из них, найти и поделиться возможностями, наладить партнерские отношения, минимизировать риск собственных исследований и выявить перспективные траектории сотрудничества.

Рисунки 6 и 7 иллюстрируют данные о ведущих ученых и изобретателях в Lens, которые внесли свой вклад в развитие АРМ, на основе анализа количества их научных работ, количества патентов, научного или патентного цитирования.

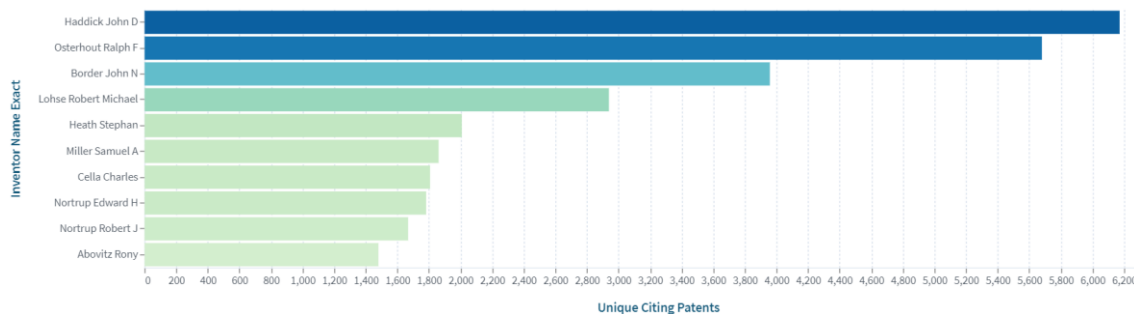


a)

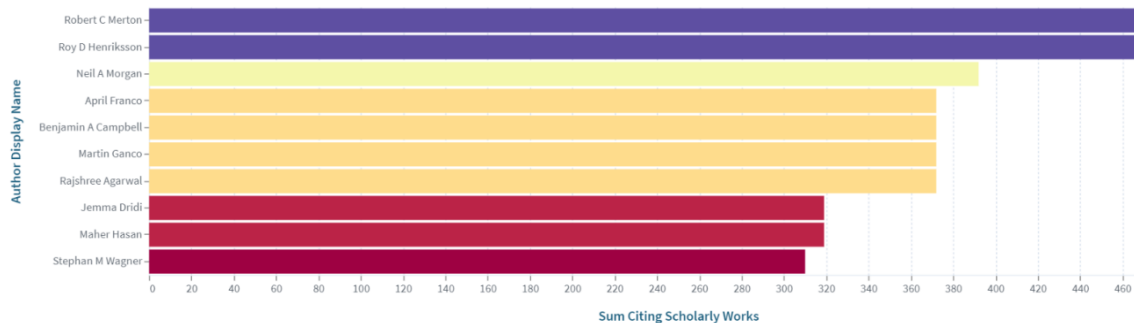


б)

Рисунок 6 – Самые активные (а) изобретатели и (б) ученые в области АРМ



а)



б)

Рисунок 7 – Исследователи с наибольшим числом (а) цитируемых патентов и (б) цитируемых научных работ

2.2. Самые влиятельные организации. Определение того, какие организации являются наиболее влиятельными (рис. 8) в области АРМ, позволяет различным участникам инновационной системы находить друг друга, чтобы лучше понимать возможности каждого и создавать партнерства, минимизировать риски внедрения высокотехнологичных решений и принимать решения по прямому взаимодействию.

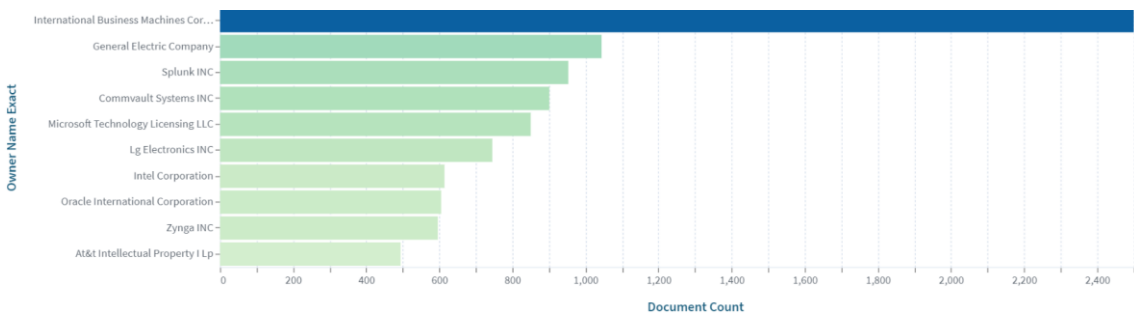


Рисунок 8 – Ведущие организации по количеству патентных документов

2.3. Самые востребованные тематики и области исследования. The Lens представляет собой агрегатор метаданных, объединяющий три уникальных набора контента:

- Microsoft academic;
- CrossRef;
- PubMed

и один базовый инструмент управления. Этот инструмент поддерживает основные функции Lens, которые заключаются в обнаружении, анализе и управлении следующими объектами:

- научные публикации;
- патенты;
- PatSeq – средство для поиска и анализа биологических последовательностей, раскрытых в патентной литературе;
- коллекции – Collections – инструмент управления для динамического или статического отслеживания, мониторинга и анализа коллекции научных работ или патентов [10].

Среди них научные работы обнаруживаются и анализируются с помощью инструментов, обеспечивающих доступ к глобальному корпусу метаданных научной литературы с индексацией цитирования, в основном от Microsoft Academic. Эта платформа использует машинное обучение, семантический вывод и извлечение знаний, чтобы обеспечить эффективное исследование научной информации [11, 12]. В частности, Microsoft Academic использовал содержимое Википедии и анализ графических ссылок, чтобы расширить охват областей исследования (Fields of study – FoS). Начиная с нескольких тысяч высококачественных начальных значений FoS и повторяя несколько циклов анализа связей графа и фильтрации сущностей, можно выявить больше FoS. Затем были просканированы сотни миллионов метаданных академических публикаций, таких как название, ключевые слова, аннотации, чтобы подтвердить существование нового FoS. Основываясь на тематиках (Subjects) и областях исследования FoS, определенных Microsoft Academic в каждой научной работе, можно обобщить наиболее часто встречающиеся FoS (рис. 9) и предметы (рис. 10) в исследованиях APM.

Самые частые области исследования состоят из следующих: Business, Finance, Economics, Computer science, Accounting, Return on assets и т. д.

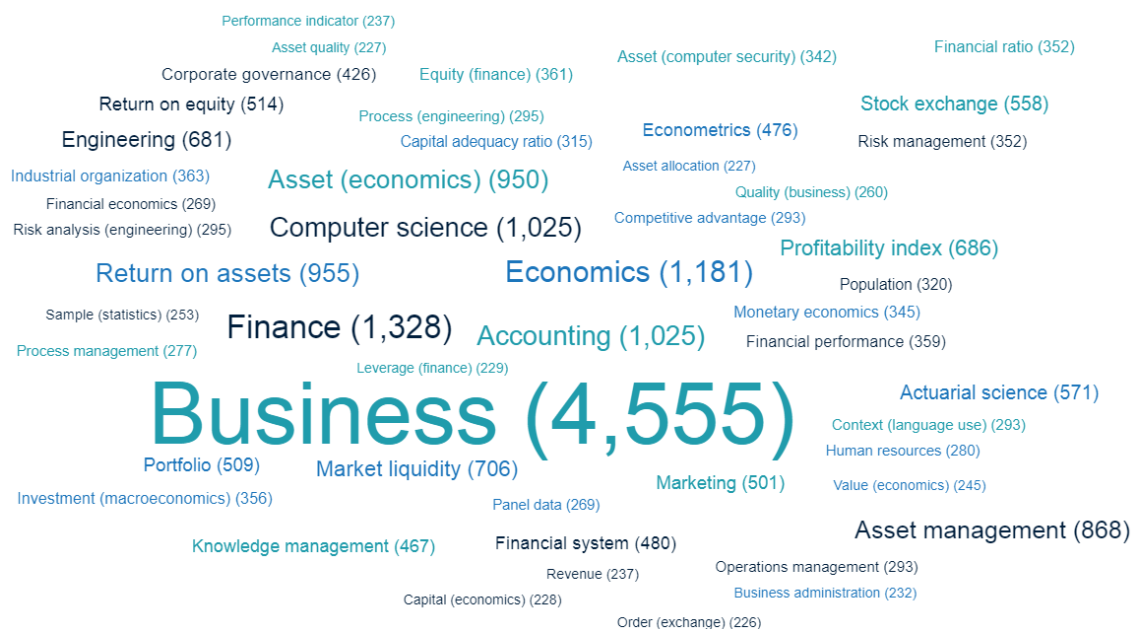


Рисунок 9 – Облако ТОП-50 FoS

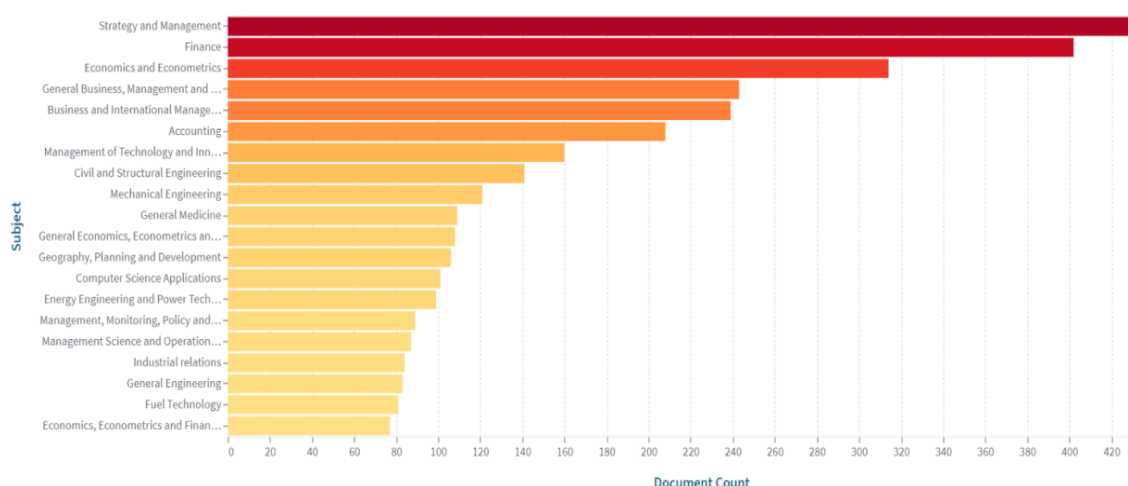


Рисунок 10 – Наиболее частые тематики исследования в научных публикациях по АРМ

Из рисунка 10 видны наиболее частые тематики исследования в научных публикациях по АРМ: Strategy and Management; Finance; Economics and Econometrics; General Business, Management and Accounting и т. д.

С другой стороны, ниже перечислены описания 5 самых популярных классов CPC (рис. 11) в патентах по порядку убывания частоты появления:

- G06N20/00: машинное обучение;
- H04L67/10: зависящие от сети механизмы или протоколы связи, поддерживающие сетевые приложения, в которых приложение распределяется по узлам в сети (механизмы мультипрограммирования);
- H04L2209/38: дополнительная информация или приложения, относящиеся к криптографическим механизмам или криптографическим схемам для секретной или безопасной связи (цепочка хеширования или цепочка сертификатов);
- H04L67/12: зависящие от сети механизмы или протоколы связи, поддерживающие сетевые приложения, адаптированы для проприетарных или специализированных сетевых сред, например медицинские сети, сенсорные сети, сети в автомобиле или сети удаленных измерений (сети домашней автоматизации; тотальный заводской контроль, характеризующийся сетевой связью; игры, включающие системы передачи);
- H04L9/3239: криптографические механизмы для секретной или безопасной связи (сетевая архитектура или сетевые протоколы связи для сетевой безопасности или для безопасности беспроводной сети; меры безопасности для защиты компьютеров или компьютерных систем от несанкционированной активности) с участием неключевых хэш-функций, например коды обнаружения модификации (MDC), MD5, SHA или RIPEMD.

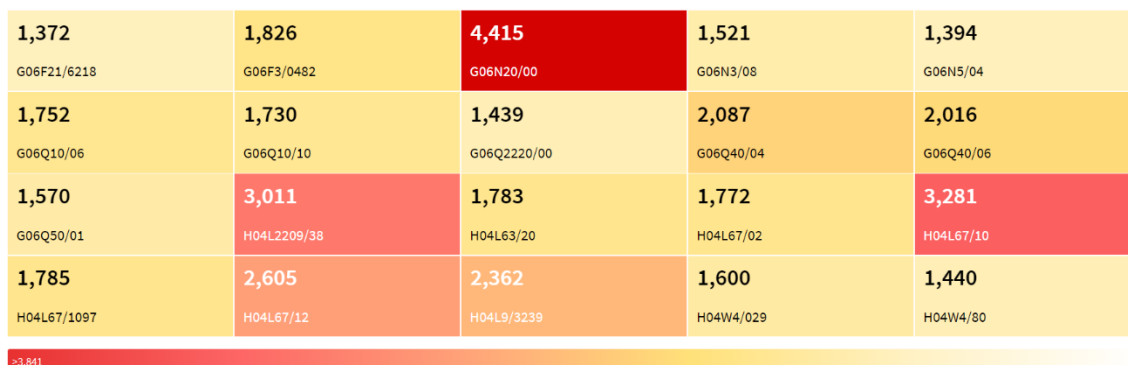


Рисунок 11 – Самые популярные классы CPC

2.4. Выделение тенденции исследования на основе представления на временной шкале.

Знание хронологии открытий, изобретений и событий в анализе предметной области АРМ помогает нам понять сигналы во временных тенденциях и интерпретировать стадии развития и уровни зрелости технологий.

Сопоставляя временные рамки открытий (представленных временными рядами научных работ, рис. 12) и изобретений (представленных временными рядами патентов, рис. 13) с политическими, правовыми и нормативными событиями, можно идентифицировать ключевые события, такие как крупные открытия, развитие вспомогательных технологий или основные политические решения.

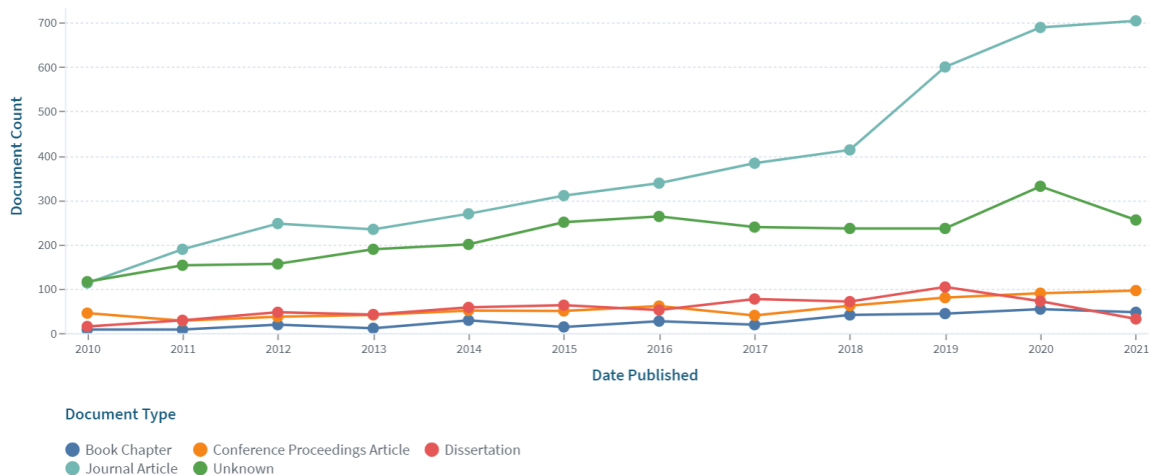


Рисунок 12 – Динамика научных публикаций по годам

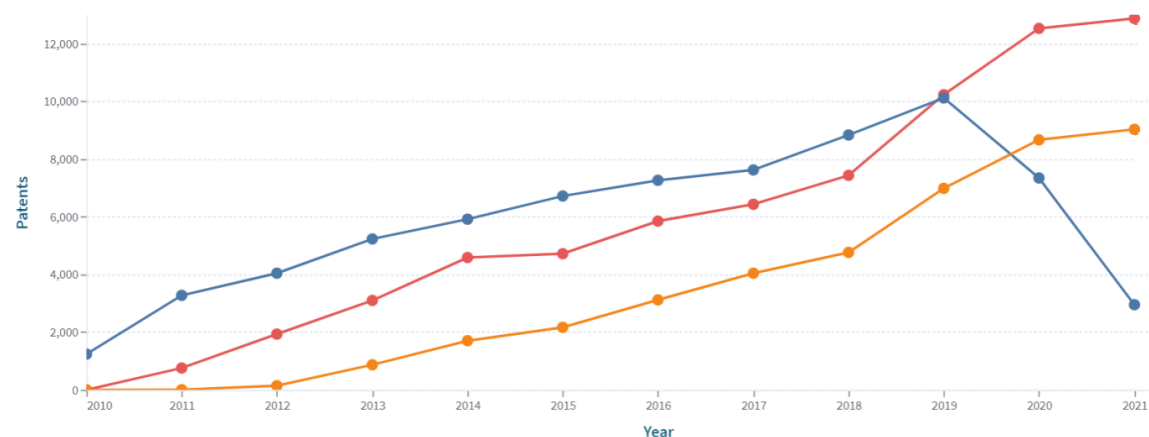


Рисунок 13 – Динамика количества поданных, выданных, опубликованных патентов

Из рисунка 12 видно, что количество публикаций по тематике АРМ возрастает каждый год. Возможно, появились новые области знаний, которые связаны с данной темой и находятся в тренде. Для выявления трендов тематик исследования рассмотрим динамику их появления по годам в научных публикациях [13, 14]. Затем приспособим выраженную динамику моделью линейной регрессии [15]. В частности, коэффициент регрессии (наклон) будет рассчитываться с помощью метода наименьших квадратов (Ordinary least square – OLS). Зависимой переменной оценки является показатель частоты появления тематик, а независимой переменной является год в анализируемом периоде (2010–2021). При этом коэффициент регрессии показывает, насколько в среднем частота анализируемой тематики менялась с каждым наблюдаемым годом. Поэтому для выбора развивающейся тематики исследования следует отобрать положительный коэффициент регрессии ($a \geq 1$) и $p\text{-value} < 5\%$.

Далее для проверки и прогнозирования тенденции изменения частоты тематик необходимо применить метод скользящих средних (была использована функция `seasonal_decompose` в библиотеке `statsmodels` [16]). В результате выбраны 9 тематик исследования, которые имеют большой наклон регрессии и сохраняют восходящие тенденции. Все данные динамики частоты, аппроксимирующей линии и линии тенденции выбранных тематик показаны на рисунке 14.

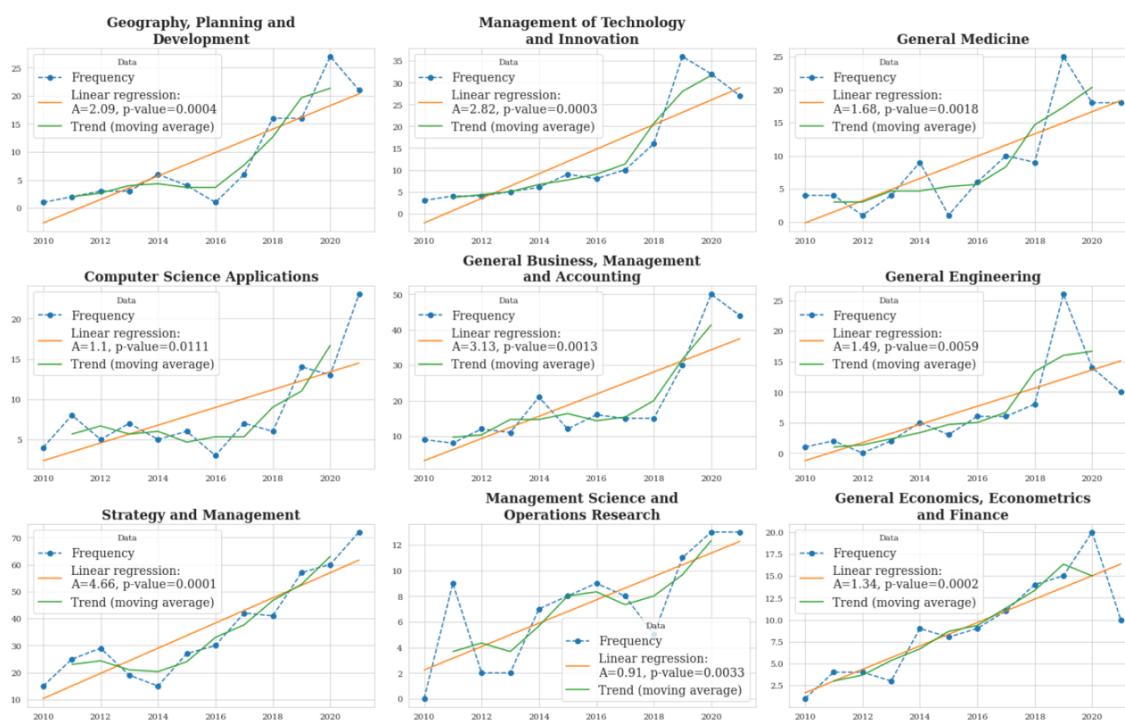


Рисунок 14 – Выявление тематик исследования по тренду появления

С другой стороны, приведена динамика количества поданных, выданных, опубликованных патентов, которая иллюстрирована на рисунке 13. Из рисунка видно, что хотя количество поданных, выданных патентов увеличивается ежегодно, количество патентных заявок падает с 2019 г. Отсюда логично предположить, что инновации, связанные с технологией АРМ, замедляются на последние годы. Однако количество научных публикаций еще сохраняет свой восходящий тренд, поэтому можно сделать вывод о продолжительном активном развитии фундаментальных исследований области АРМ.

2.5. Анализ научных публикаций, цитируемых в патентах по АРМ. В последние 20 лет количество патентных ссылок на научные статьи быстро увеличивается. Это свидетельствует о все более сильном перетекании знаний из академической науки в промышленные инновации. Многие исследования доказали, что склонность патентов к цитированию академических публикаций резко возросла, даже с учетом изменений в объеме и распределении патентов в разных областях [17].

Примечательно, в исследовании [18] авторы исследуют, в какой степени патентные ссылки на статьи могут служить ранними признаками для прогнозирования замедленно распознанных (delayed recognized – DR) знаний в науке, используя сравнительное исследование с контрольной группой, т. е. статьи с мгновенным распознаванием (instant recognition papers). Выходило, что работы с замедленным распознаванием оказывают более сильное и длительное техническое воздействие, чем работы с мгновенным распознаванием.

Более того, важный тип основанных на цитировании ранних признаков пробуждения (awakening) DR-публикаций или признания преждевременных (premature) открытий и преобразующих исследований (transformative research) сосредоточен на патентных ссылках на DR-статьи и научные непатентные источники. В заключение авторы отметили, что половина DR-публикаций по физике, химии, технике и информатике являются прикладными исследованиями или публикуются в прикладных журналах и значительно больше цитируются в патентах, чем другие общенаучные работы [19].

При этом связи между наукой и технологиями широко изучались с использованием ссылок на непатентную литературу или сопоставления авторов и изобретателей. В статье [20] используется латентное распределение Дирихле (LDA) для создания тематических связей между публикациями и патентами на основе семантического содержания документов. Этот подход позволяет обнаруживать тематические совпадения между патентными и научными публикациями, выделяя тематические области, примененные для исследований и технологий.

Таким образом, очень важно анализировать научные работы, на которые ссылаются патенты АРМ. На момент написания данной статьи существует 29943 научных публикации, цитируемых в найденных патентах по АРМ. На рисунке 15 показаны самые влиятельные организации в цитируемых научных публикациях, такие как Stanford University, Massachusetts Institute of Technology (MIT), International Business Machines (IBM), Harvard University, University of Washington (UW) и т. д.

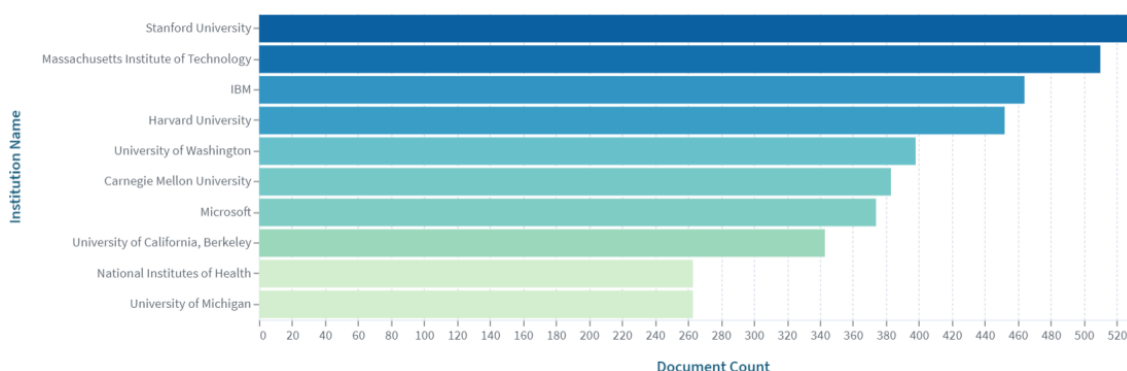


Рисунок 15 – Самые влиятельные организации в цитируемых научных публикациях

На рисунке 16 приведено облако топ-50 областей исследования в цитируемых научных публикациях. Наиболее существенные области исследования включают: Computer Science (computer network, computer security, computer vision), Biology, Medicine, Artificial Intelligence, Engineering, Chemistry и т. д.

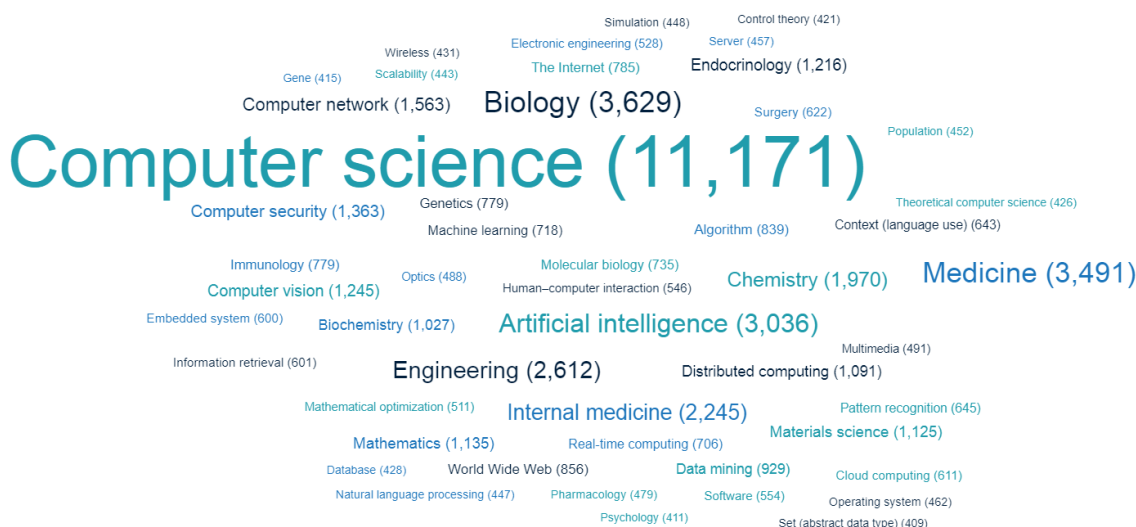


Рисунок 16 – Облако ТОП-50 областей исследования в цитируемых научных публикациях

Причем ТОП-20 тематик исследования в цитируемых научных публикациях показаны на рисунке 17, которые представляют собой: Electrical and Electronic Engineering, General Medicine, Software, General Computer Science (and Applications), Biochemistry, Molecular Biology, Computer Networks and Communications, Theoretical Computer Science и т. д.

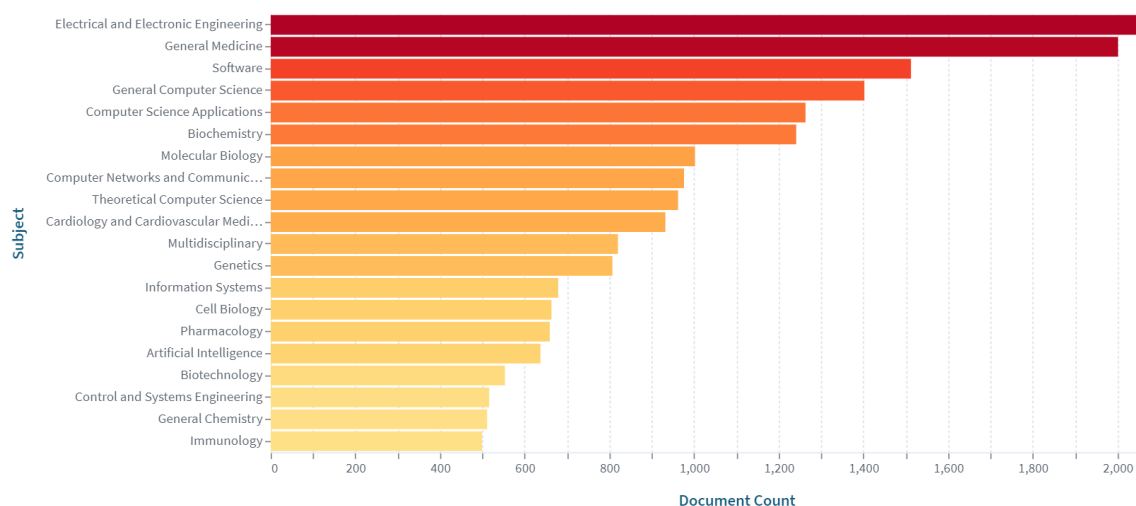


Рисунок 17 – Топ-20 тематик исследования в цитируемых научных публикациях

Заключение. Технологические разработки оказывают существенное влияние на принятие стратегических решений. Раннее осознание возможных грядущих или появляющихся технологических тенденций может привести к усилению конкурентоспособности и рыночного позиционирования предприятий [21, 22]. Однако, если инновационные компании игнорируют появляющиеся технологические разработки, они не смогут полностью реализовать потенциал своих собственных продуктов или технологий.

Подход, ориентированный на данные, повышает эффективность актива, что является дополнительным экономическим преимуществом для эксплуатирующего предприятия. При этом управление эффективностью активов стало основным инструментом цифровой трансформации промышленных компаний. В работе предложен и реализован метод анализа тенденции развития технологий в области АРМ, в результате выделены наиболее влиятельные факторы (изобретатели, ученые, организации), значительные направления исследования и основные тенденции в данной предметной области. Следовательно, необходимо отметить, что основными трендами области АРМ за последние 12 лет (2010–2021) являются следующие:

1. В настоящее время данная область исследования АРМ еще находится в стадии продолжительной разработки научных исследований и довольно активно развивается. При этом обнаружены наиболее частые предметы (Subject) и области исследования (Field of study) в научных публикациях по АРМ. Также выявлены 9 тематик восходящего тренда: Geography, Planning and Development; Management of Technology and Innovation; General Medicine; Computer Science Applications; General Business, Management and Accounting; General Engineering; Strategy and Management; Management Science and Operations Research; General Economics, Econometrics and Finance.

2. Ведущие предприятия по количеству патентов в области включают: IBM Corporation, General Electric Company, Splunk INC, Commvault Systems INC, Microsoft Technology Licensing LLC и др. Причем наиболее значительные классы патентования за 12 лет: машинное обучение; зависящие от сети механизмы или протоколы связи, поддерживающие сетевые приложения; приложения, относящиеся к криптографическим механизмам или криптографическим схемам для секретной или безопасной связи и т. д. Однако за последние 3 года (2019–2021) эти классы патентования показывают убывающую тенденцию в патентных заявках.

Кроме того, при анализе научных публикаций, цитируемых в АРМ-патентах, также выявлены наиболее влияющие на инновационное развитие АРМ-организации, области исследования и тематики исследования.

Библиографический список

1. Управление эффективностью активов: новый взгляд на преимущества Asset Performance Management 4.0. – 2020. – Режим доступа: <https://sapr.ru/article/26153>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус. (дата обращения: 01.02.2022).
2. Ferket, J. Asset performance management 4.0 internet of things IoT enabled condition monitoring, a story from a digital maintenance service provider / J. Ferket // Society of Petroleum Engineers – Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference 2018, ADIPEC 2018. – 2019.
3. Kizim, A. V. On Systemological Approach to Intelligent Decision-Making Support in Industrial Cyber-Physical Systems / A. V. Kizim, A. G. Kravets // Studies in Systems, Decision and Control. – 2020. – P. 167–183.
4. Karar, A.N., Labib A., Jones D.F. A conceptual framework for an agile asset performance management process / A. N. Karar, A. Labib, D. F. Jones // Journal of Quality in Maintenance Engineering. – 2021.

5. Тихомиров, Л. И. Информационные центры управления производственными активами - ключевой элемент повышения эффективности ТОиР / Л. И. Тихомиров, В. В. Лехтцинд // Автоматизация в промышленности. – 2021. – Т. 12. – С. 28–31.
6. Князева, Н. В. Разработка единой информационной модели промышленного предприятия для повышения эффективности управления его непроизводственными активами / Н. В. Князева, В. А. Елифанов // Управленческий учет. – 2021. – Т. 12, № 2. – С. 418–426.
7. Yusupbekov, N. Concepts and Methods of “Digital Twins” Models Creation in Industrial Asset Performance Management Systems / N. Yusupbekov et al. // *Advances in Intelligent Systems and Computing*. – 2021. – P. 1589–1595.
8. Shcherbakov, M. A method and IR4I index indicating the readiness of business processes for data science solutions / M. Shcherbakov, P. P. Groumpos, A. Kravets // *Communications in Computer and Information Science*. – 2017. – P. 21–34.
9. Wan, S. Asset Performance Management for Power Grids / S. Wan // *Energy Procedia*. – 2017. – P. 611–616.
10. About The Lens. – Режим доступа: <https://about.lens.org/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ. (дата обращения: 30.01.2022).
11. Sinha, A. и др. An Overview of Microsoft Academic Service (MAS) and Applications / A. Sinha et al. // *Proceedings of the 24th International Conference on World Wide Web*. – New York, NY, USA: ACM, 2015. – P. 243–246.
12. Wang, K. A Review of Microsoft Academic Services for Science of Science Studies / K. Wang et al. // *Frontiers in Big Data*. – 2019. – Vol. 2.
13. Нгуен, Т. В. Анализ и прогноз тенденций использования терминов в компьютерных науках на основе нейросетевых моделей / Т. В. Нгуен, А. Г. Кравец, К. Х. Т. Зьонг // *Вестник компьютерных и информационных технологий*. – 2021. – Т. 18, № 2. – С. 24–38.
14. Нгуен, Т. В. Оценка и прогнозирование тенденций развития научных исследований на основе библиометрического анализа публикаций / Т. В. Нгуен, А. Г. Кравец // *Информационные технологии*. – 2021. – Т. 27, № 4. – С. 195–201.
15. Ordinary least squares Linear Regression. – Режим доступа: https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.linear_model.LinearRegression.html, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ. (дата обращения: 30.01.2022).
16. Statsmodels.tsa.seasonal.seasonal_decompose. – Режим доступа: https://www.statsmodels.org/stable/generated/statsmodels.tsa.seasonal.seasonal_decompose.html, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. англ. (дата обращения: 30.01.2022).
17. Wei, F. Decreasing the noise of scientific citations in patents to measure knowledge flow / F. Wei et al. // *17th International Conference on Scientometrics and Informetrics, ISSI 2019 – Proceedings*. – 2019. – P. 1662–1669.
18. Du, J. Paper-patent citation linkages as early signs for predicting delayed recognized knowledge: Macro and micro evidence / J. Du et al. // *Journal of Informetrics*. – 2020. – Vol. 14, № 2.
19. van Raan, A. F. J. Sleeping beauties cited in patents: Is there also a dormitory of inventions? / A. F. J. van Raan // *Scientometrics*. – 2017. – Vol. 110, № 3. – P. 1123–1156.
20. Suominen, A. Exploration of Science and Technology Interaction: A Case Study on Taxol / A. Suominen, S. Ranaei, O. Dedehayir // *IEEE Transactions on Engineering Management*. – 2021. – Vol. 68, no. 6. – P. 1786–1801.
21. Кравец, А. Г. Формальные метрики для автоматизированной оценки изобретений / А. Г. Кравец, М. С. Легенченко // *Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии*. – 2017. – № 3 (39). – С. 8–19.
22. Кравец, А. Г. Предсказательное моделирование трендов технологического развития / А. Г. Кравец, Н. А. Сальникова // *Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института (технического университета)*. – 2020. – Т. 55, № 81. – С. 103–108.

References

1. *Upravlenie effektivnostyu aktivov: novyy vzglyad na preimushchestva Asset Performance Management 4.0* [Asset Performance Management: A New Look at the Benefits of Asset Performance Management 4.0]. Available at: <https://sapr.ru/article/26153> (accessed 01.02.2022).
2. Ferket, J. Asset performance management 4.0 internet of things IoT enabled condition monitoring, a story from a digital maintenance service provider. *Society of Petroleum Engineers – Abu Dhabi International Petroleum Exhibition and Conference 2018, ADIPEC 2018*. 2019.
3. Kizim, A. V., Kravets, A. G. On Systemological Approach to Intelligent Decision-Making Support in Industrial Cyber-Physical Systems. *Studies in Systems, Decision and Control*, 2020, pp. 167–183.
4. Karar, A. N., Labib, A., Jones, D. F. A conceptual framework for an agile asset performance management process. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 2021.
5. Tihomirov, L. I., Lehtcind, V. V. Informatsionnye tsentry upravleniya proizvodstvennymi aktivami – klyuchevoy element povysheniya effektivnosti TOiR [Information centers for managing production assets are a key element in increasing the efficiency of maintenance and repair]. *Avtomatizatsiya v promyshlennosti* [Automation in Industry], 2021, vol. 12, pp. 28–31.
6. Knyazeva, N. V., Epifanov, V. A. Razrabotka edinoj informatsionnoy modeli promyshlennogo predpriyatiya dlya povysheniya effektivnosti upravleniya ego neproizvodstvennymi aktivami [Development of a unified information model of an industrial enterprise to improve the efficiency of managing its non-productive assets]. *Upravlencheskiy uchët* [Management Accounting], 2021, vol. 12, no. 2, pp. 418–426.
7. Yusupbekov, N. et al. Concepts and Methods of “Digital Twins” Models Creation in Industrial Asset Performance Management Systems. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 2021, pp. 1589–1595.
8. Shcherbakov, M., Groumpos, P.P., Kravets, A. A method and IR4I index indicating the readiness of business

- processes for data science solutions. *Communications in Computer and Information Science*, 2017, pp. 21–34.
9. Wan, S. Asset Performance Management for Power Grids. *Energy Procedia*, 2017, pp. 611–616.
 10. *About The Lens*. Available at: <https://about.lens.org/> (accessed 30.01.2022).
 11. Sinha, A. et al. An Overview of Microsoft Academic Service (MAS) and Applications. *Proceedings of the 24th International Conference on World Wide Web*. New York, NY, USA, ACM, 2015, pp. 243–246.
 12. Wang, K. et al. A Review of Microsoft Academic Services for Science of Science Studies. *Frontiers in Big Data*, 2019, vol. 2.
 13. Nguyen, T. V., Kravets, A. G., Duong, Q. H. T. Analiz i prognoz tendentsiy ispolzovaniya terminov v kompyuternykh naukakh na osnove neyrosetevykh modeley [Analysis and trend prediction of using terms in computer science based on neural network models]. *Vestnik kompyuternykh i informatsionnykh tekhnologiy* [Bulletin of Computer and Information Technologies], 2021, vol. 18, no. 2, pp. 24–38.
 14. Nguyen, T. V., Kravets, A. G. Otsenka i prognozirovanie tendentsiy razvitiya nauchnykh issledovaniy na osnove bibliometricheskogo analiza publikatsiy [Assessment and forecasting of scientific research development trends based on bibliometric analysis of publications]. *Informatsionnye tekhnologii* [Information Technology], 2021, vol. 27, no. 4, pp. 195–201.
 15. *Ordinary least squares Linear Regression*. Available at: https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.linear_model.LinearRegression.html (accessed 30.01.2022).
 16. *Statsmodels.tsa.seasonal.seasonal_decompose*. Available at: https://www.statsmodels.org/stable/generated/statsmodels.tsa.seasonal.seasonal_decompose.html (accessed 30.01.2022).
 17. Wei, F. et al. Decreasing the noise of scientific citations in patents to measure knowledge flow. *17th International Conference on Scientometrics and Informetrics, ISSI 2019 – Proceedings*, 2019, pp. 1662–1669.
 18. Du, J. et al. Paper-patent citation linkages as early signs for predicting delayed recognized knowledge: Macro and micro evidence. *Journal of Informetrics*, 2020, vol. 14, no. 2.
 19. van Raan, A. F. J. Sleeping beauties cited in patents: Is there also a dormitory of inventions? *Scientometrics*, 2017, vol. 110, no. 3, pp. 1123–1156.
 20. Suominen, A., Ranaei, S., Dedehayir, O. Exploration of Science and Technology Interaction: A Case Study on Taxol. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 2021, vol. 68, no. 6, pp. 1786–1801.
 21. Kravets, A.G., Legenchenko, M., S. Formalnye metriki dlya avtomatizirovannoy otsenki izobreteniy [Formal Metrics for Automated Evaluation of Inventions]. *Prikaspiyskiy zhurnal: upravlenie i vysokie tekhnologii* [Caspian Journal: Control and High Technologies], 2017, no. 3 (39), pp. 8–19.
 22. Kravets, A. G., Salnikova, N. A. Predskazatelnoye modelirovanie trendov tekhnologicheskogo razvitiya [Predictive modeling of technological development trends]. *Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo instituta (tekhnicheskogo universiteta)* [Proceedings of the St. Petersburg State Technological Institute (Technical University)], 2020, vol. 55, no. 81, pp. 103–108.

DOI 10.54398/2074-1707_2022_1_53

УДК 004.001

СИСТЕМНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ЗАТРАТ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ ОПЕРАТИВНО-ВЫЕЗДНЫМИ БРИГАДАМИ ЭЛЕКТРОСЕТЕВОЙ КОМПАНИИ

Статья поступила в редакцию 06.01.2022, в окончательном варианте – 29.01.2022.

Кинжалиева Алия Рахметовна, Астраханский государственный технический университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, аспирант, ORCID: 0000-0002-6243-5750, e-mail: satobalova@mail.ru

Ханова Анна Алексеевна, Астраханский государственный технический университет, 414056, Российская Федерация, г. Астрахань, ул. Татищева, 16, доктор технических наук, доцент, ORCID: 0000-0003-2693-8876, e-mail: akhanova@mail.ru

Реализация задачи обеспечения надежности оказания услуг электросетевыми компаниями при минимальном уровне затрат во многом зависит от сокращения продолжительности перерыва электроснабжения потребителей, что может быть достигнуто путем совершенствования процесса управления дежурным персоналом оперативно-выездных бригад. В связи с этим задача повышения эффективности процесса управления оперативно-выездными бригадами при возникновении аварий и технологических нарушений в электросетевых компаниях является актуальной. Построены временные графики, рассмотрена структура и динамика затрат процесса управления оперативно-выездными бригадами. Представлено формальное описание процесса формирования затрат на эксплуатацию собственных и привлеченных ресурсов при возникновении аварийных ситуаций в электросетевом комплексе. Описаны уравнения, определяющие темпы потоков и уровни затрат, формируемых при эксплуатации ресурсов. Разработана и предложена прикладная базовая модель системной динамики на основе диаграммы потоков Форрестера для создания имитационных моделей распределительных электросетевых компаний. Представлена имитационная модель системной динамики, разработанная в программном продукте AnyLogic. Разработана схема проведения эксперимента с имитационной моделью в нотации ЕРС. Детально описаны результаты экспериментов с моделью, выявлены оптимальные характеристики в разрезе численности персонала и общего количества задействованной техники.

Ключевые слова: системная динамика, имитационное моделирование, затраты, электросетевая компания, оперативно-выездные бригады, авария, управление, персонал, ресурсы