

М.С. Анферова, А.М. Белевцев, В.В. Дворецкий

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ И АНАЛИЗА ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕНДОВ

Стремительный рост научных знаний и постоянно растущий объем научных публикаций создают серьезные проблемы для выявления новых тенденций и понимания меняющегося исследовательского ландшафта. Формирование технологических трендов необходимо для разработки и построения дорожных карт развития на национальном, отраслевом и корпоративном уровнях. Задача определения технологических трендов является важной проблемой в области анализа данных и машинного обучения. Известные методы анализа, включающие кластеризацию по временному фактору, позволяют сформировать ключевые фразы, но задача формирования трендов, исследования их характеристик и динамики их развития не имеют в настоящее время удовлетворительного решения. Решение этой задачи предполагает: – создание методики перехода от ключевых фраз к непосредственно названию новых технологических трендов; – определение закономерности, развития технологий в заданной предметной области; – определение направления развития будущих исследований. Решение этих задач позволит создать эффективный инструмент поддержки принятия решений, уменьшить время выявления тренда, оценки динамики его развития и построения дорожных карт. В представленной работе предлагается новый подход к формированию технологических трендов. Метод основан на алгоритмах машинного обучения и методах обработки естественного языка и направлен на преодоление некоторых ограничений традиционных методов. В частности, методика позволяет выявить сложные взаимосвязи между различными научными концепциями и обеспечивает более точный и всесторонний способ выявления трендов. Проведен анализ методов и способов выявления трендов научно-технологического развития и их развития на основе ключевых слов, выявленных с помощью модели, использующей кластеризацию по времени. Предложен алгоритм выявления трендов.

Мониторинг; анализ текста; обнаружение тренда; экспоненциальный рост; технологическое развитие; прогнозирование трендов.

M.S. Anferova, A.M. Belevtsev, V.V. Dvoreckij

METHODOLOGY FOR DETERMINING AND ANALYZING THE TECHNICAL CHARACTERISTICS OF TECHNOLOGICAL TRENDS

The rapid growth of scientific knowledge and the ever-increasing volume of scientific publications pose serious challenges to identify new trends and understand the changing research landscape. The formation of technological trends is necessary for the development and construction of development roadmaps at the national, sectoral and corporate levels. The task of identifying technological trends is an important problem in the field of data analysis and machine learning. Well-known methods of analysis, including clustering by time factor, make it possible to form key phrases, but the task of forming trends, studying their characteristics and dynamics of their development does not currently have a satisfactory solution. The solution to this problem involves: – creating a methodology for moving from key phrases to directly naming new technological trends; – determination of the regularity of technology development in a given subject area; – determining the direction of future research. Solving these tasks will create an effective decision support tool, reduce the time to identify a trend, assess the dynamics of its development and build roadmaps. In the presented work, a new approach to the formation of technological trends is proposed. The method is based on machine learning algorithms and natural language processing methods and aims to overcome some of the limitations of traditional methods. In particular, the technique makes it possible to identify complex relationships between various scientific concepts and provides a more accurate and comprehensive way to identify trends. The analysis of methods and methods for identifying trends in scientific and technological development and their development based on keywords identified using a model using time clustering is carried out. An algorithm for identifying trends is proposed.

Monitoring; text analysis; trend detection; exponential growth; technological development; trend forecasting.

Введение. В настоящее время можно наблюдать стремительное развитие науки и технологий - постоянно появляются новые открытия и инновации. Данный прогресс приводит к значительным изменениям в обществе, создавая как новые возможности, так и проблемы для исследователей, предпринимателей и лиц, принимающих решения [1].

Необходимо постоянно отслеживать появление тенденций и развитие технологических и технических решений науки и техники в заданных предметных областях [2, 3].

С постоянным увеличением объема публикуемых научных работ становится все труднее выявлять новые тенденции и результаты научных исследований и разработок [4, 5].

В этой связи растет потребность в более эффективных методах выявления новых тенденций в глобальном информационном пространстве [6, 7].

В работах [8, 9] был разработан алгоритм с кластеризацией с временным смещением позволяющий сформировать первичное название тренда. Данные ключевые слова интерпретируются аналитиком и могут быть утверждены в качестве тренда [10]. Обработка первичной коллекции трендов аналитиком может привести к замедлению прогресса в исследованиях.

В данной работе представлена методика, которая позволяет:

- ◆ более точно, по сравнению с существующими алгоритмами, выделить первичные наименования технологических трендов на более раннем этапе;
- ◆ наблюдать за их трансформацией и изменением их характеристик с течением времени.

Это позволит сократить время формирования конечных трендов аналитиком.

Основная часть. Алгоритм формирования технологических трендов [10] включал в себя метод кластеризации с временным смещением [9], направленный на повышение эффективности обнаружения за счет уменьшения сходства документов на основе временного интервала между документами.

Предложенный алгоритм [11] помогает выделять тренды, но результатом его действия является, по сути, набор некоторых ключевых слов, которые формировались путем подсчета количества упоминаний. Чем больше какая-то ключевая фраза встречалась во всем наборе текстов, тем вероятнее, что она является трендом в этих данных. На основе анализа данных ключевых слов аналитик формирует итоговые технологические тренды.

К недостаткам данного метода следует отнести наличие следующих неопределенностей:

1. Начиная с какого количества вхождений считать, что фраза тренд?
2. Каким образом вести учет роста упоминаний в процентном или количественном соотношении? Найти первоисточник
3. Как быть с выделенными ключевыми фразами общего назначения, такими как, например, “обучающие данные” и “нейросети”?

Предложенный алгоритм в данной работе алгоритм должен обеспечить раскрытие этих неопределенностей, более точно формировать тренды и сократить выборку, что в свою очередь ускорит работу аналитика.

Для достижения поставленных целей в предлагаемом алгоритме необходимо реализовать следующие функции:

Ф1. Создание словаря с фразами общей лексики и фразами, которые модель не будет считать трендом.

Ф2. Группировка идентичных ключевых фраз в одно общее выражение. Данная функция позволит избежать синонимов в конечной выборке.

Ф3. Необходимо ввести и учитывать понятие веса документов.

Для реализации описанных функций необходимо сократить количество первичных ключевых фраз и повысить точность их выявления.

Введем в алгоритм возможность аналитиком настраивать параметры модели. Ввод дополнительных параметров позволит указывать какую конкретно информацию считать трендом уже на начальном этапе анализа.

Нужно подсчитать сколько раз ключевая фраза упоминается в конкретном документе. На основании полученной информации пользователь может сделать выбор нужно ли в конкретной ситуации учитывать информацию из документов, где ключевая фраза повторяется, условно, 50 раз с документом, в котором она повторяется 2 раза [12].

В зависимости от обстоятельств аналитик может принять решение уменьшить вес документа на определенное значение.

При этом алгоритм должен определять не только сам тренд, но и информационные первоисточники (статьи, материалы конференций и т.д.).

Необходимо знать, когда определенная технология начинает появляться и когда она становится значимой для оценки с использованием статистических параметров, таких как «интенсивность», «степень технологической готовности», «научная продуктивность», а также создание, распространение и применение технологических решений, наряду с производством технологической продукции и услуг [13].

На рис. 1 представлены этапы формирования новой технологии.

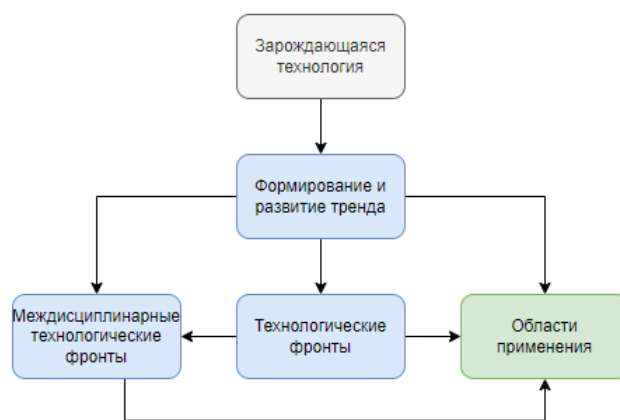


Рис. 1. Траектории развития технологий

Можно выделить три основных признака, с которых начинается формирование тренда (рис. 2):

1. Начальное упоминание ключевого слова. Тренд считается инициированным статьей, где впервые встречается соответствующее тренду ключевое слово [14].

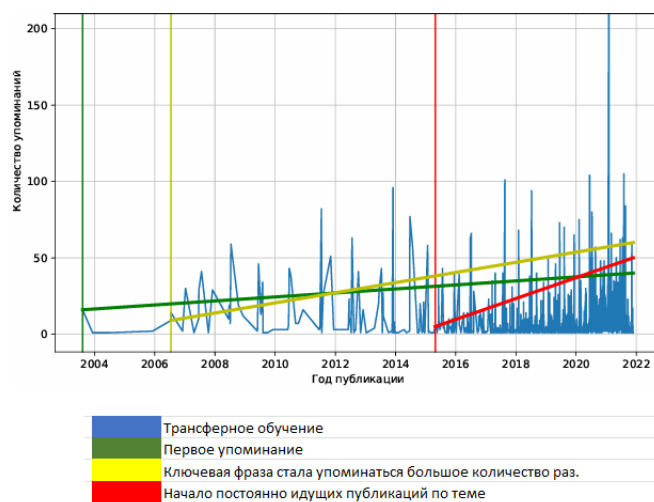


Рис. 2. Зарождение тренда Трансферное обучение с течением времени

2. Ключевое слово начинает активно использоваться и упоминаться в большом количестве источников.

3. Постоянное появление публикаций с данным ключевым словом.

В дальнейшем тренды могут достигать стадии стабилизации или плато [15]. При этом продолжается появляться информация, но основные характеристики тренда не меняются и существенного прорыва не предвидится.

Введем следующие обозначения:

V – словарь общей лексики и стоп фраз.

α – параметр, отвечающий за то, сколько раз должна встретиться ключевая фраза во всем корпусе документов, чтоб она считалась трендом.

Если параметр $\alpha = 0$, то алгоритм будет формировать ключевые слова не смотря на количество упоминаний.

d – отвечающий за контролируемость начала экспоненциального роста. отвечает на вопрос о том, как сильно должно вырасти количество публикаций с упоминанием тренда, чтобы это можно было считать началом экспоненциального роста [16].

Тогда, для текущего временного интервала слово добавляется в коллекцию если оно удовлетворяет условию:

$$\frac{t \int new - t \int old}{t \int old} > \alpha, \quad (1)$$

где $t \int old$ – количество встречаемости слова в документах в предыдущем временном интервале; $t \int new$ – количество встречаемости слова в документах в текущем временном интервале.

Тогда количество тем определяется следующим образом:

$$T = T_{start} + \frac{V}{\beta}, \quad (2)$$

где T – исходный набор тем; T_{start} – определяет количество тем в начальном временном этапе; β ограничивает количество добавляемых тем.

После этапа сбора статистики и фильтрации ключевых фраз имеется набор определенных трендов, которые можно выдать конечному пользователю.

По каждому тренду так же предоставляется возможность посмотреть документ-первоисточник, что позволит проанализировать изменения характеристик тренда с течением времени.

Алгоритм должен обеспечивать реализацию следующих функций:

1. Пропуск каждого документа, хранящихся в базе данных [17] через модель выделения ключевых фраз [18].

2. Подсчет количество упоминаний по каждой из ключевых фраз.

3. Фильтрация множество ключевых фраз сравнивая их со словарем V .

4. Формирование трендов.

5. Определение документа-первоисточника тренда.

Предлагаемый алгоритм формирования научно-технологических трендов можно представить в следующем виде (рис. 3).

В качестве итогового результата аналитику предоставляется сформированные технологические тренды. Так же есть возможность посмотреть промежуточные коллекции в случаи необходимости.

На основании результатов алгоритма определения опорных тем можно создать сводную информационную таблицу (табл. 1) с колонками "Тренд" "файл", "первоисточник", "ключевые слова", где в колонке:

- ♦ "тренд" – тема, определенная LDA [19];
- ♦ "файл" – хранится ссылка на файл, определенная TF-IDF [20];
- ♦ "первоисточник" – хранится ссылка на файл первоисточник;
- ♦ "ключевые слова" – сохранение остальных ключевых слов, по которым был сформирован тренд.

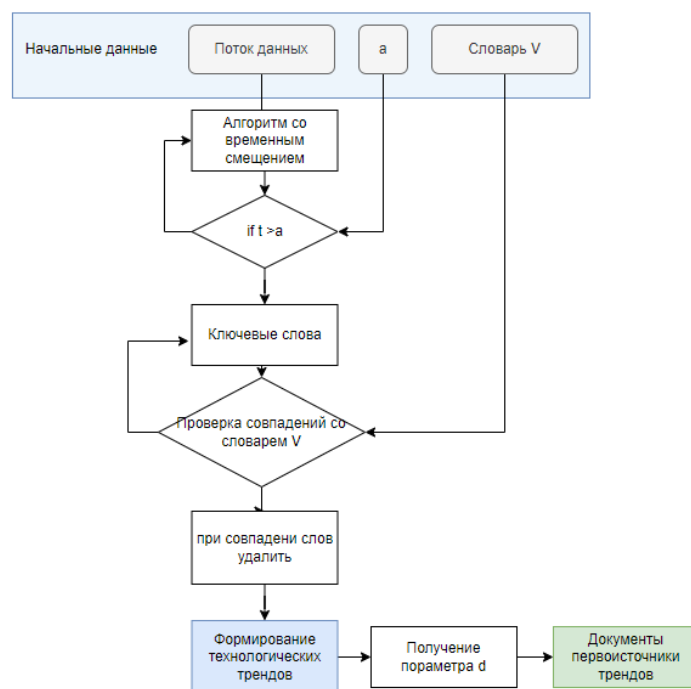


Рис. 3. Алгоритм выявления трендов

Таблица 1

Сводная информационная таблица

№	Тренд	Файл	Первоисточник	Ключевые слова
1.	Технологии ИИ	Document 1 Document 2 ...	Document 2	Моделирование ситуаций Распознавание образов Обобщение данных ...
2.	Кибербезопасность	Document 2 Document 6 ...	Document 6	Биометрия Транспарентные вычисления Защита ...
3.	Кибероружие	Document 3 Document 6 Document 7 ...	Document 7	Кибератака Кибервойна Самоуничтожение ...
4.	...			...

Имея такую таблицу, будет легко модифицировать ее в будущем (если мы будем изучать модель с нуля), но также относительно легко подключить ее к существующей базе данных.

Используя данную таблицу, облегчается поиск конкретных документов и документа-первоисточника тренда. Достаточно выбрать определенные ключевые слова из таблицы, и мы сразу получаем доступ к заданным файлам (столбец файл).

Данный алгоритм обладает существенными преимуществами, так как позволяет настраивать результат сформированных трендов под конкретный индивидуальный запрос.

Заключение. Задача осуществления постоянного мирового мониторинга научно-технологических областей, технологических преобразований и тенденций их развития становится все более актуальной и требует разработки новых методов анализа и обработки информации.

Предложенная методика определения и анализа технических характеристик технологических трендов основывается на алгоритмах интеллектуальных сервисов для поиска и мониторинга информации в специализированных базах данных.

В основе данной методики – алгоритм с использованием временного смещения, который, согласно проведенным экспериментам, демонстрирует лучшие результаты по сравнению с традиционными методами кластеризации данных.

Разработанная методика позволяет настраивать процесс выделения трендов в алгоритме с помощью дополнительного словаря и редактируемых параметров.

В результате работы алгоритма будут выявлены тренды из документов, находящихся в базе данных, а также определен документ – первоисточник тренда.

Используя предлагаемый подход можно получить более точные результаты в формировании трендов, уменьшить время выполнения запроса в три раза и исключить влияние субъективных оценок аналитиков.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Белевцев А.М., Дворецкий В.В.* Методы мониторинга конкурентного окружения высокотехнологичного предприятия // *Наукоемкие технологии.* – 2019. – Т. 20, № 3. – С. 17-23.
2. *Анферова М.С., Белевцев А.М., Дворецкий В.В.* Методика и структурно-функциональная организация системы мониторинга научно-технической информации для определения направлений развития высокотехнологичных предприятий // *Матер. Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «КомТех-2024».* – С. 302-309.
3. *Анферова М.С., Белевцев А.М.* Поисковые роботы для автоматизированного мониторинга информации в сетях общего и специального назначения // *18-я Международная научно-практическая конференция «Управление качеством».* – 2019.
4. *Анферова М.С., Белевцев А.М.* Общая концепция создания технологии интеллектуального поиска информации в сетях общего и специального назначения // *XXV Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием имени профессора О.Н. Пьявченко “Компьютерные и информационные технологии в науке, инженерии и управлении” «КомТех-2021».*
5. *Белевцев А.М., Балыбердин В.А., Белевцев А.А.* Методика оценки времени и стоимости реализации технологических трендов в условиях неопределенности и не полноты информации // *Наукоемкие технологии.* – 2019. – № 5.
6. *Анферова М.С., Белевцев А.М.* Анализ направлений создания алгоритмов эффективного поиска информации в сетях общего и специального назначения // *Матер. III Всероссийской научно-технической конференции «Актуальные проблемы современной науки и производства».* – Рязань: РГРТУ, 2018.
7. *Анферова М.С., Белевцев А.М.* Анализ направлений развития технологий мониторинга в условиях большого объема неструктурированной информации // *XXIV Всероссийская научно-техническая конференция с международным участием имени профессора О.Н. Пьявченко “Компьютерные и информационные технологии в науке, инженерии и управлении” «КомТех-2020».*
8. *Анферова М.С., Белевцев А.М., Белевцев А.А.* Методика формирования технологических трендов на основе обработки разнородных данных в сетях общего назначения // *Известия ЮФУ. Технические науки.* – 2024.
9. *Анферова М.С., Белевцев А.М.* Анализ требований и разработка алгоритмов интеллектуальных сервисов мониторинга // *Известия ЮФУ. Технические науки.* – 2022. – № 3. – С. 119-129.
10. *Анферова М.С., Белевцев А.М., Белевцев А.А.* Методика анализа развития зарождающихся технологий и технологических фронтов // *Известия ЮФУ. Технические науки.* – 2023. – № 4. – С. 87-96.
11. *Sakshi Patel, Shivani Sihmar, Aman Jatain.* A study of hierarchical clustering algorithms // *2015 2nd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom).* – 2015. – P. 537-541.
12. *Pilehvar Mohammad Taher.* WiC: the Word-in-Context Dataset for Evaluating Context Sensitive Meaning Representations. – 2019.
13. *Deng Z., Liu R., Xu P., Choi K., Zhang W., Tian X., Zhang T., Liang L., Qin B., Wang S.* Multi-view clustering with the cooperation of visible and hidden views // *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.* – 2020.
14. *Белевцев А.А., Белевцев А.М., Балыбердин В.А.* Методика анализа и оценки приоритетов технологических трендов и технологий // *Известия ЮФУ. Технические науки.* – 2022. – № 6.

15. *Tomas Mikolov et al.* Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space // International Conference on Learning Representations. – 2013.
16. *Белевцев А.М., Садреев Ф.Г., Белевцев А.А., Батыбердин В.А.* Разработка интеллектуальных сервисов мониторинга технологических трендов в информационно-аналитических комплексах // Наукоемкие технологии. – 2019. – Т. 20, № 3. – С. 24-29.
17. *Анферова М.С., Белевцев А.М.* Разработка алгоритма определения опорных тем для решения задач стратегического анализа // Сб. докладов: Матер. Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Компьютерные и информационные технологии в науке, инженерии и управлении» «КомТех- 2022». – 2022. – С. 132-138.
18. *Devlin Jacob.* BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. – 2019.
19. *Radford Alec., Karthik Narasimhan.* Improving Language Understanding by Generative Pre-Training. – 2018.
20. *Sahar Behpour et al.* Automatic trend detection: Time-biased document clustering // Knowledge-Based Systems. – 2021. – 220.

REFERENCES

1. *Belevtsev A.M., Dvoretzkiy V.V.* Metody monitoringa konkurentnogo okruzheniya vysokotekhnologichnogo predpriyatiya [Methods for monitoring the competitive environment of a high-tech enterprise], *Naukoemkie tekhnologii* [Science-intensive technologies], 2019, Vol. 20, No. 3, pp. 17-23.
2. *Anferova M.S., Belevtsev A.M., Dvoretzkiy V.V.* Metodika i strukturno-funktsional'naya organizatsiya sistemy monitoringa nauchno-tekhnicheskoy informatsii dlya opredeleniya napravleniy razvitiya vysokotekhnologichnykh predpriyatiy [Methodology and structural and functional organization of the system for monitoring scientific and technical information to determine the development directions of high-tech enterprises], *Mater. Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «KomTekh-2024»* [Proceedings of the All-Russian scientific and technical conference with international participation "ComTech-2024"], pp. 302-309.
3. *Anferova M.S., Belevtsev A.M.* Poiskovye roboty dlya avtomatizirovannogo monitoringa informatsii v setyakh obshchego i spetsial'nogo naznacheniya [Search robots for automated monitoring of information in general-purpose and special-purpose networks], *18-ya Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya «Upravlenie kachestvom»* [18th International Scientific and Practical Conference "Quality Management"], 2019.
4. *Anferova M.S., Belevtsev A.M.* Obshchaya kontseptsiya sozdaniya tekhnologii intellektual'nogo poiska informatsii v setyakh obshchego i spetsial'nogo naznacheniya [General concept of creating a technology for intelligent information search in general-purpose and special-purpose networks], *XXV Vserossiyskaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem imeni professora O.N. Pyavchenko "Komp'yuternye i informatsionnye tekhnologii v nauke, inzhenerii i upravlenii" «KomTekh-2021»* [XXV All-Russian Scientific and Technical Conference with International Participation named after Professor O.N. Pyavchenko "Computer and Information Technologies in Science, Engineering and Management" "ComTech-2021"].
5. *Belevtsev A.M., Balyberdin V.A., Belevtsev A.A.* Metodika otsenki vremeni i stoimosti realizatsii tekhnologicheskikh trendov v usloviyakh neopredelennosti i ne polnoty informatsii [Methodology for assessing the time and cost of implementing technological trends in conditions of uncertainty and incomplete information], *Naukoemkie tekhnologii* [Science-intensive technologies], 2019, No. 5.
6. *Anferova M.S., Belevtsev A.M.* Analiz napravleniy sozdaniya algoritmov effektivnogo poiska informatsii v setyakh obshchego i spetsial'nogo naznacheniya [Analysis of directions for creating algorithms for efficient information retrieval in general-purpose and special-purpose networks], *Mater. III Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii «Aktual'nye problemy sovremennoy nauki i proizvodstva»* [Proceedings of the III All-Russian scientific and technical conference "Actual problems of modern science and production"], Ryazan': RGRTU, 2018.
7. *Anferova M.S., Belevtsev A.M.* Analiz napravleniy razvitiya tekhnologiy monitoringa v usloviyakh bol'shogo ob'ema nestrukturirovannoy informatsii [Analysis of development directions of monitoring technologies in the context of large volumes of unstructured information], *XXIV Vserossiyskaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya s mezhdunarodnym uchastiem imeni professora O.N. Pyavchenko "Komp'yuternye i informatsionnye tekhnologii v nauke, inzhenerii i upravlenii" «KomTekh-2020»* [XXIV All-Russian scientific and technical conference with international participation named after Professor O.N. Pyavchenko "Computer and information technologies in science, engineering and management" "KomTech-2020"].
8. *Anferova M.S., Belevtsev A.M., Belevtsev A.A.* Metodika formirovaniya tekhnologicheskikh trendov na osnove obrabotki raznorodnykh dannykh v setyakh obshchego naznacheniya [Methodology for the formation of technological trends based on the processing of heterogeneous data in general-purpose networks], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2024.

9. *Anferova M.S., Belevtsev A.M.* Analiz trebovaniy i razrabotka algoritmov intellektual'nykh servisov monitoringa [Analysis of requirements and development of algorithms for intelligent monitoring services], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2022, No. 3, pp. 119-129.
10. *Anferova M.S., Belevtsev A.M., Belevtsev A.A.* Metodika analiza razvitiya zarozhdayushchikhsya tekhnologiy i tekhnologicheskikh frontov [Methodology for analyzing the development of emerging technologies and technological fronts], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2023, No. 4, pp. 87-96.
11. *Sakshi Patel, Shivani Sihmar, Aman Jatain.* A study of hierarchical clustering algorithms, *2015 2nd International Conference on Computing for Sustainable Global Development (INDIACom)*, 2015, pp. 537-541.
12. *Pilehvar Mohammad Taher.* WiC: the Word-in-Context Dataset for Evaluating Context Sensitive Meaning Representations, 2019.
13. *Deng Z., Liu R., Xu P., Choi K., Zhang W., Tian X., Zhang T., Liang L., Qin B., Wang S.* Multi-view clustering with the cooperation of visible and hidden views, *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.*, 2020.
14. *Belevtsev A.A., Belevtsev A.M., Balyberdin V.A.* Metodika analiza i otsenki prioriteto tekhnologicheskikh trendov i tekhnologiy [Methodology for analysis and assessment of priorities of technological trends and technologies], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2022, No. 6.
15. *Tomas Mikolov et al.* Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space, *International Conference on Learning Representations*, 2013.
16. *Belevtsev A.M., Sadreev F.G., Belevtsev A.A., Balyberdin V.A.* Razrabotka intellektual'nykh servisov monitoringa tekhnologicheskikh trendov v informatsionno-analiticheskikh kompleksakh [Development of intelligent services for monitoring technological trends in information and analytical complexes], *Naukoemkie tekhnologii* [Science-intensive technologies], 2019, Vol. 20, No. 3, pp. 24-29.
17. *Anferova M.S., Belevtsev A.M.* Razrabotka algoritma opredeleniya opornykh tem dlya resheniya zadach strategicheskogo analiza [Development of an algorithm for determining support topics for solving strategic analysis problems], *Sb. dokladov: Mater. Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Komp'yuternye i informatsionnye tekhnologii v nauke, inzhenerii i upravlenii» «KOMTEKh- 2022»* [Collection of reports: Proceedings of the All-Russian scientific and technical conference with international participation "Computer and information technologies in science, engineering and management" "KomTech-2022"], 2022, pp. 132-138.
18. *Devlin Jacob.* BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. 2019.
19. *Radford Alec., Karthik Narasimhan.* Improving Language Understanding by Generative Pre-Training. 2018.
20. *Sahar Behpour et al.* Automatic trend detection: Time-biased document clustering, *Knowledge-Based Systems*, 2021, 220.

Анферова Маргарита Сергеевна – Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет); e-mail: gludkina@yandex.ru; г. Москва, Россия; тел.: +79055220749; старший преподаватель.

Белевцев Андрей Михайлович – Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет); e-mail: ambelevtsev@yandex.ru; г. Москва, Россия; тел.: +79037691788; д.т.н.; профессор.

Дворецкий Виктор Васильевич – Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет); e-mail: v.dworetsky@yandex.ru; г. Москва, Россия; тел.: +79265201418; старший преподаватель.

Anferova Margarita Sergeevna – Moscow Aviation Institute (National Research University); e-mail: gludkina@yandex.ru; Moscow, Russia; phone: +79055220749; senior lecturer.

Belevtsev Andrey Michailovitch – Moscow Aviation Institute (National Research University); e-mail: ambelevtsev@yandex.ru; Moscow, Russia; phone: +79037691788; dr. of eng. sc.; professor.

Dvoretskiy Victor Vasilyevich – Moscow Aviation Institute (National Research University); e-mail: v.dworetsky@yandex.ru; Moscow, Russia; phone: +79265201418; senior lecturer.