

А.А. Белевцев, А.М. Белевцев, В.А. Бальбердин

МЕТОДИКА АНАЛИЗА И ОЦЕНКИ ПРИОРИТЕТОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕНДОВ И ТЕХНОЛОГИЙ

На основании анализа глобальных тенденций научно-технологического развития определены требования к методам стратегического анализа, прогноза развития технологических трендов и технологий. Показано, что эффективное решение этой задачи должно носить комплексный характер и обеспечивать информационную, логическую и методическую взаимосвязь следующих основных этапов: мониторинг, выявление и формирование технологических трендов, их структуризацию и оценку приоритетов технологических трендов и технологий. Основная сложность решения задачи оценки приоритетов обусловлена проблемой получения количественных оценок, взаимозависимостью критериев и наличием обратных связей в анализируемых структурах технологических трендов. Предложен общий подход решения поставленной задачи. Разработана логически взаимосвязанная процедура оценки приоритетов на основе метода анализа иерархий (МАИ) и метода аналитических сетей (МАС). Для ее практической реализации разработана формальная схема перехода от технологического тренда некоторой предметной области к трансформированному динамическому графу технологий, содержащих как действительную, так и виртуальную составляющую. Дано уравнение логического вывода. Рассмотрена методика формирования критериев для решения поставленной задачи. Дано поэтапное описание методики оценки приоритетов технологических трендов. Особое внимание уделено решению проблемы связности критериев и технологий в технологических трендах. Предложено и алгоритмически рассмотрено применение методов анализа иерархий и методов аналитических систем для решения задачи оценки в этих случаях. Практическая реализация предлагаемой методики детально описана на методическом примере, отражающем основные проблемы количественной оценки приоритетов технологических трендов: связность критериев и технологий. Разработанная методика применяется в настоящее время для стратегического анализа и оценки направлений инновационного развития высокотехнологичных предприятий, построения дорожных карт, прогнозов научно-технологического развития в различных предметных областях.

Технология; технологические тренды; приоритеты; функциональное назначение; дорожная карта.

A.A. Belevtsev, A.M. Belevtsev, V.A. Balyberdin

ON TECHNOLOGY TRENDS AND TECHNOLOGY PRIORITIES ESTIMATION METHODS RESEARCH

On the base of global technological tendencies analysis the needs for strategic analysis methods and technological trends are defined. It is pointed out that the effective task decision must be complex and must support information, logical and methodical interconnection for the following stages: the monitoring, the technological trends forming and structuring and the technological and technologies priorities estimation. The main complexity in the priorities estimation is in getting quantity estimates, criterion interaction and opposite connections in technological trends analyses. The general approach to solve the problem is suggested. The logical interconnected procedure for priorities estimation is proposed based on the analytic hierarchy process (AHP) and the analytic nets method (ANM). The formal scheme to transfer from a technological trend of a subject sphere for transformed dynamic technology graph is designed. The technologies join the real as well as the virtual parts. The procedure for criteria forming is discussed. The detailed description for trends priorities estimation is presented. The main attention is made to criteria and technologies interconnection problem. The AHP and ANM using to decide estimation problems is discussed. The suggested procedure practical realization is described by means of an example. The example reflects the main problems of quantity estimation for technological trends priorities

such as criteria and technologies interconnection. The procedure constructed now is used for the strategic analysis and estimation for innovation development of high technologies enterprises, road cards making and technological forecasting in various spheres.

Technology; technology trend; priority; functional purpose; Road map.

Введение. Переход к 6 технологическому укладу и индустриальная революция 4.0, резкое обострение конкурентной борьбы задают чрезвычайно высокую динамику формирования новых направлений и траекторий технологического развития. Все это выдвигает новые требования и стимулирует развитие новых подходов и методов к решению задач мониторинга стратегического анализа, прогноза и оценки приоритетов развития технологических трендов и технологий.

Они должны обеспечить:

- ◆ мониторинг и выявление формирующихся технологических трендов и технологических фронтов на основе специальных методов, методов с применением искусственного интеллекта и информационно-аналитических комплексов [3–8].

- ◆ структуризацию технологий технологического тренда и связность трендов, их функциональных назначений и областей применения [9–17].

- ◆ оценку приоритетов технологических трендов и технологий [18–20].

В этой связи основными требованиями к методике анализа и оценки приоритетов должны стать:

- ◆ повышение достоверности полученных оценок в условиях нечеткости, неполноты и качественного характера исходной информации;

- ◆ учет взаимной зависимости критериев и наличие обратных связей в анализируемых структурах технологических трендов;

- ◆ получение более корректных оценок согласованности рассматриваемых элементарных оценок, что позволит повысить достоверность интегральных оценок прогноза приоритетов технологических трендов.

Для решения задач, связанных с получением количественных оценок в условиях неопределённости исходной информации и многокритериальности задач оценки, в последние годы получили распространение так называемый метод анализа иерархий (МАИ) и метод аналитических систем (МАС), предложенные Т. Саати [3, 4].

Рассмотрим возможные пути и особенности применения указанного метода к решению задач рассматриваемого типа. В работах [1, 2] было дано обоснование расчетных методов и алгоритмов решения задачи многокритериальной оценки приоритетов технологических трендов и технологий, которые могут быть положены в основу предполагаемой методики.

Общий подход. В общем случае возможны два варианта решения этой задачи [4]:

1. Построение иерархической организации системы критериев и альтернатив с использованием расчетной схемы метода анализа иерархий.

2. Рассмотрение общей схемы взаимосвязей между критериями, обратных связей между альтернативами и критериями, а так же взаимосвязей между альтернативами с использованием расчетных схем метода аналитических сетей.

Формализованная схема решения задачи. Рассмотрим основные этапы предлагаемой методики. Пусть задана предметная область P_m . Проведен глобальный мониторинг, сформированы технологические тренды (технологические направления) $C_n^{P_m}$ по функциональному признаку и технологии c_i^n , входящие в состав каждого тренда. Здесь индекс $n=1, N$ соответствует номеру технологического тренда, индекс $i=1, I$ – номеру технологии в рамках соответствующего тренда.

Для каждой c_i^n определены функциональные назначения Φ_{ij}^n и области применения O_i^n . Построен динамический граф технологий технологического тренда G_n^{Pm} и его трансформация в расширенный граф $(G_n^{Pm})^T$ на основе соотношений логического вывода [7]:

$$G_n^{Pm} \rightarrow c_{ij}^n \rightarrow \Phi_{ij}^n \rightarrow R(O_{ij}^n \cup O_{ij}^k) \cup V(O_{er}^n \cup O_{er}^k) \rightarrow (G_n^{Pm})^T \quad (1)$$

♦ $(G_n^{Pm})^T$ есть трансформированный динамический граф с вершинами $c_{ij}^n \in G_n^{Pm}$ и вершинами c_{er}^n – виртуальных технологий, сконструированных на основе Φ_{ij}^n

♦ R – действительная составляющая предметной области P_m

♦ V – виртуальная составляющая предметной области P_m

♦ индекс c соответствует виртуальной технологии, индексы j и g определяют номера уровней соответствующего графа;

Тогда общая процедура может быть представлена в виде следующей последовательности действий.

1. Проводится разработка комплексного критерия для оценки технологических трендов C_n^{Pm} по их относительной важности для выбранной предметной области.

2. Осуществляется разработка системы частных критериев для сравнительной оценки приоритетов отдельных технологий для каждого тренда из C_n^{Pm} .

3. Строятся интегральные оценки рассматриваемых технологий, как элементов "строительного материала" для решения поставленной задачи (в рамках предметной области P_m в целом).

Критерии решения задачи. Для решения задачи необходима разработка двух групп критериев оценки приоритетов [6, 7].

В первую группу $K(C_n^{Pm})$, где $n = \overline{1, N}$ – номера технологических трендов, входит иерархическая система критериев для построения оценок на уровне технологических трендов.

Во вторую группу $K(c_{ij}^n)$, где $i = \overline{1, I}$ – совокупность технологий C_n^{Pm} , входит система критериев на уровне отдельных технологий c_{ij}^n тренда C_n^{Pm} .

Методические рекомендации по оформлению первой группы критериев рассмотрены в работе [1].

Для оценки технологических направлений и технических систем (ТС) нового поколения целесообразно вводить следующие характеристики критериев [8, 17]:

♦ функциональные (тактические);

♦ технические;

♦ технико-экономические.

Тактические характеристики определяют возможности целевого применения и области применения.

Технические характеристики определяют технические (технологические) средства, необходимые для обеспечения тактических параметров.

К технико-экономическим характеристикам следует отнести:

♦ масса-габаритные характеристики;

♦ характеристики энергопотребления;

♦ надежность;

♦ стоимость.

Последовательность этапов решения задачи. Структурная схема разработанной методики оценки приоритетов технологических трендов представлена на рис. 1.

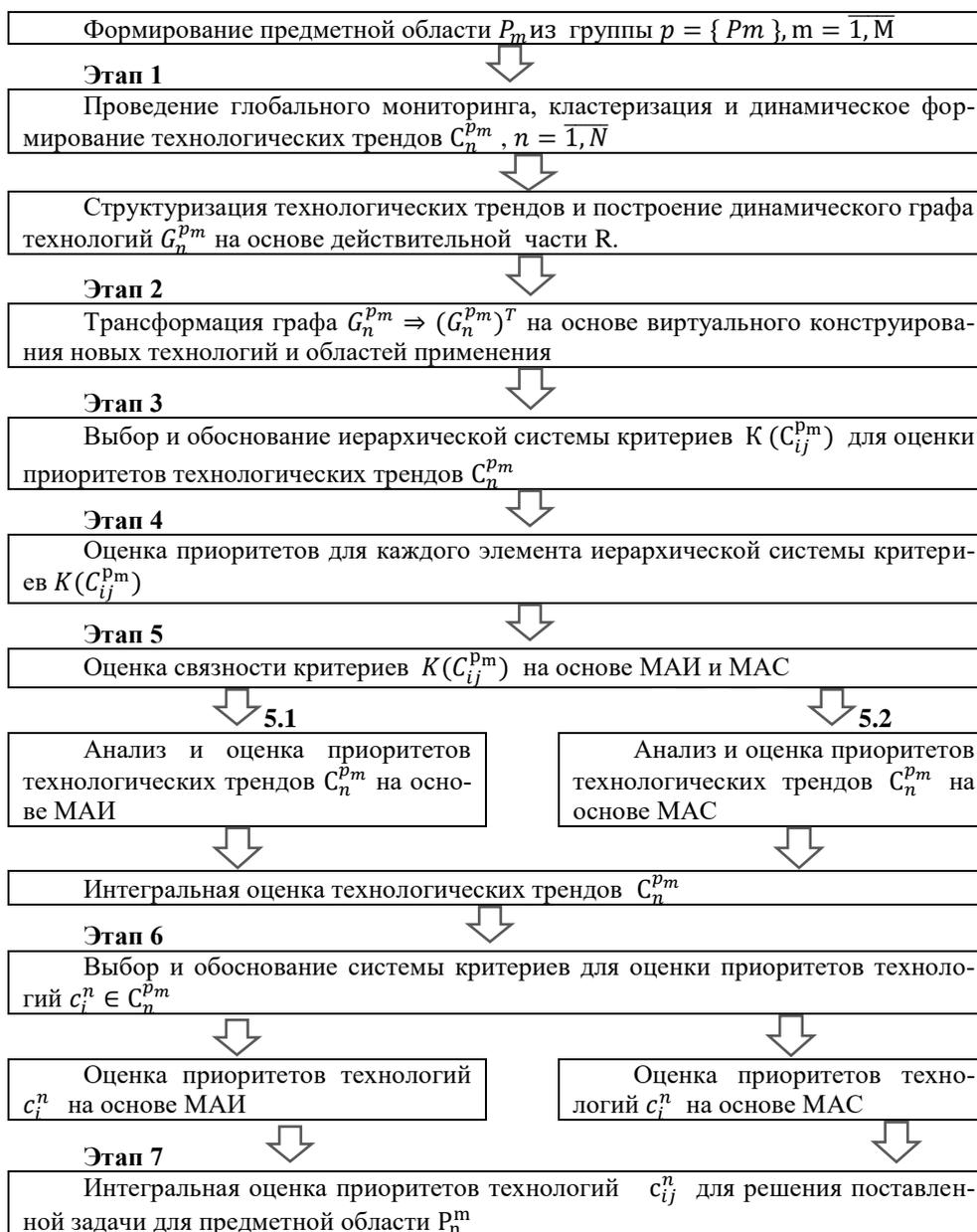


Рис. 1. Схематическая процедура оценки приоритетов технологий и технологических трендов

Рассмотрим основные этапы предлагаемой методики (рис. 1).

Этап 1 соответствует проведению глобального мониторинга, кластеризации и формированию для предметной области P_m совокупности технологических трендов $C_n^{p_m} = \{c_i^n\}$, $i = 1, N$. Здесь осуществляется структуризация технологических трендов и построение динамического графа технологий $G_n^{p_m}$.

Этап 2. Проводится трансформация графа $G_n^{p_m} \Rightarrow (G_n^{p_m})^T$ на основе виртуального конструирования новых технологий и областей применения.

Этап 3. На основе анализа предметной области осуществляется формирование совокупности критериев оценки эффективности решения задачи.

Этап 4. Строится оценка приоритетов для каждого элемента в иерархической системе критериев. Оценка связанности выбранных критериев определяется методом проведения оценок эффективности на основе метода анализа иерархий (МАИ) или метода аналитических сетей (МАС)

Этап 5.

5.1. Оценка приоритетов технологических трендов C_n^{pm} на основе МАИ (рис. 2).

5.2. Оценка приоритетов технологических трендов C_n^{pm} на основе МАС (рис. 3).



Рис. 2. Оценка приоритетов на основе МАИ



Рис. 3. Оценка приоритетов на основе МАС

Этап 6. Выбор и обоснование системы критериев $K(C_{ij}^n)$ для оценки приоритетов $\bar{\rho}(c_{ij}^n)$ технологий $c_{ij}^n \in C_n^{pm}$

Этап 7. Интегральная оценка приоритетов технологий $\bar{\rho}(C_{ij}^n)$ для решения поставленной задачи для предметной области P_n^m

Последовательность построения графа G_n^{pm} :

Начиная от корневой вершины, упорядочиваем по уровням на основе процедуры, рассмотренной выше.

В общем случае граф будет иметь иерархическую сетевую структуру относительно корневой вершины P_m . Отдельные узлы графа могут быть связаны с другими узлами, не принадлежащими графу G_n^{pm} .

Узлы графа G_n^{pm} для которых существуют технологии нижнего уровня иерархии будем называть структурно-функциональными узлами.

Для всех узлов первого уровня определяем степень влияния технологий c_i^n для достижения целей технологического тренда C_n^{pm} .

Для оценки относительной значимости технологий c_i^n строится обратносимметричная матрица парных сравнений по критерию:

- ♦ какая из попарно-сравнимых технологий оказывает более сильное влияние на достижение целей работ, проводимых по данному направлению тренда C_n^{pm} .

Формируем вектор приоритетов технологий первого уровня $\bar{\rho}(C_n^{pm})$.

$\sum \bar{\rho}(c_{ij}^n) = 1$ и Φ_n^n характеризует функциональную полноту уровня N .

Для каждой технологии первого уровня иерархии $\{c_j^n\}$, где $j = \overline{1, J}$ на графе G_n^{pm} определяем технологии конечных узлов первого уровня, второго и последующих уровней иерархии, непосредственно с ними связанных.

При этом в соответствии с соотношением логического вывода (1) технологии нижних уровней иерархии могут быть связаны как с узлами более высокого уровня, иерархии графа G_n^{pm} так и с другими технологиями, входящими в другие тренды.

Для каждого узла C_j^n строится обратносимметричная матрица по критерию:

- ♦ какая из попарно-сравнимых технологий 2-го и других уровней оказывает более сильное влияние на достижение целей технологий более высокого уровня иерархии.

Аналогично получаем оценки всех узлов второго и последующего уровней иерархии графа в порядке убывания.

Обработка снизу вверх полученной информации, представленной в виде соответствующих таблиц оценки технологий (векторов приоритетов) позволяет получить интегральную оценку влияния технологий $\{c_{ij}^n\}$ на цели и функциональные возможности технологического тренда C_n^{pm} [13].

В случае, если технологии c_i^n и c_j^n имеют одинаковое функциональное значение $\Phi_{i+ci}^n \equiv \Phi_{j+cj}^n$ (1) и одну и ту же область применения O_k^n , то такие технологии будем называть прямыми альтернативами.

При этом в общем случае функциональная полнота каждой может быть различной. То есть состав $\cup \Phi_{i+ci}^n \not\equiv \cup \Phi_{j+cj}^n$ технологий и их функциональное значение для технологии c_i и c_j будут отличаться.

В этом случае при оценке влияния технологий C_k на технологию более высокого уровня для технологий, для которых справедливо соотношение (1), проводится оценка приоритетов этих технологий относительно вершины C_n . После чего технологии с большим приоритетом остаются для дальнейшего анализа.

Рассмотрим пример (рис. 4). Оценка приоритетов технологий принадлежащей области P_m .

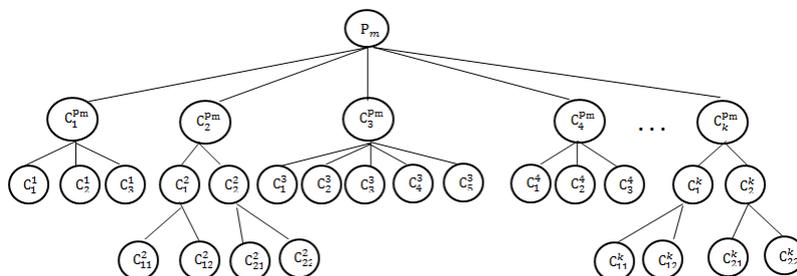


Рис. 4. Динамический граф технологических трендов $G_n^{P_m}$

Рассмотрим вариант применения предложенной методики.

Пусть задана предметная область P_m – технологии нового поколения для создания РЛК стратосферных БПЛА.

На 1 этапе в результате выполнения проведенного мониторинга сформированы пять технологических трендов $C_n^{P_m}$, $n = \overline{1,5}$ и определены совокупности технологий C_i^n .

$C_1^{P_m}$ – технологии создания многофункциональных композиционных наноматериалов.

$C_2^{P_m}$ – технологии управления теплом.

$C_3^{P_m}$ – технологии создания быстродействующей компонентной базы.

$C_4^{P_m}$ – технологии генерации и хранения энергии.

$C_5^{P_m}$ – технологии интеграции СВЧ электронных компонентов.

В соответствии с соотношением логического вывода (1) проводим структуризацию технологических трендов. Динамический граф $G_n^{P_m}$ для рассматриваемого варианта представлен на рис. 4.

Далее (этап 3) формируем иерархическую систему критериев $K(C_n^{P_m})$ для оценки приоритетов трендов.

Функциональные критерии:

- (1) Зона обзора РЛС;
- (2) Разрешающая способность РЛС;
- (3) Точность измерения координат и параметров объектов;
- (4) Помехозащищенность РЛС;
- (5) Пропускная способность РЛС.

Технико-экономические критерии:

- (1) Массо-габаритные характеристики;
- (2) Энергопотребление;
- (3) Надёжность;
- (4) Стоимость.

Если полагать, что критерии независимы, тогда оценка приоритетов может быть проведена на основе МАИ [3]. Однако в рассматриваемом примере среди критериев задачи имеются определённые взаимозависимости. Так, например, массогабаритные характеристики и энергопотребление достаточно тесно связаны. Поэтому данную задачу в общем случае следует рассматривать в сетевом варианте.

Для оценки приоритетов технологий $C_i^{P_m}$ может быть выбран критерий $K(c_i^n)$ – какая из сравниваемых технологий наиболее значима для реализации тренда.

В соответствии с выбранным критерием для каждого тренда C_i^{Pm} определяются векторы приоритетов входящих в него технологий.

2. Выбираем следующий тренд C_2^{Pm} в состав которого входят два поднаправления c_1^2 и c_2^2 (функциональные узлы) и каждый уровень технологий $\{c_{11}^2, c_{12}^2, c_{21}^2, c_{22}^2\}$. Последовательно определяем вектор приоритетов функциональных узлов, а затем вектор \bar{p}_{Ci}^2 технологий.

3. Для трендов C_3^{Pm} и C_4^{Pm} процедура определения векторов приоритетов одношаговая, она изложена в п.1.

4. Для тренда C_5^{Pm} процедура двух шаговая аналогичная п.2.

Итоговая оценка значений приоритетов каждой технологии c_{ij}^n определяется с учетом приоритета каждого тренда C_i^{Pm} .

Для рассматриваемого случая – РЛК стратосферных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) представлены результаты расчетов приоритетов технологических направлений для случаев наличия (табл. 1) и отсутствия (табл. 2) взаимозависимостей между критериями.

Таблица 1

Приоритетность технологических трендов при отсутствии взаимозависимостей критериев

	Схемная интеграция	Быстродейств. комп. база	Энергообеспечение	Управление теплом	Функ. композ. материалы
Функциональные критерии. Оценка	0.30	0.29	0.22	0.14	0.05
Технико-экономические. Оценка	0.42	0.21	0.21	0.09	0.07

Таблица 2

Приоритетность технологических трендов при наличии взаимозависимостей между критериями

	Схемная интеграция	Быстродейств. комп. база	Энергообеспечение	Управление теплом	Функ. композ. материалы
Функциональные критерии. Оценка	0.26	0.31	0.26	0.12	0.05
Технико-экономические критерии. Оценка	0.43	0.16	0.20	0.09	0.11

Из анализа приведенных в табл. 1 и 2 данных можно заключить, что учет взаимозависимости критериев может заметно повлиять на ранжировку оцениваемых альтернатив. Поэтому предлагаемая методика обеспечивает учет возможной связности критериев.

Заключение. Предложена методика анализа и оценки приоритетов технологических трендов и технологий, обеспечивающая комплексную относительную оценку значимости технологических трендов и для каждого тренда – комплексную оценку значимости входящих в него технологий.

При построении системы критериев методика учитывает наличие возможных взаимосвязей и взаимозависимостей между ними.

Имеющийся опыт практического применения рассмотренной методики свидетельствует о том, что ее использование позволяет существенно (на 15–20%) повысить уровень обоснованности решений, принимаемых при анализе многовариантных технических задач и разработке дорожных карт развития науки и технологий в заданных предметных областях.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Балыбердин В.А., Белевцев А.М., Бендерский Г.П.* Прикладные методы оценки и выбора решений в стратегических задачах инновационного менеджмента. – М.: ИТК «Дашков и К», 2014, – 4-е изд. – 340 с.
2. *Балыбердин В.А., Дружинин М.А., Панов В.В., Степанов О.А.* Актуальные вопросы автоматизации управления войсками и оружием. – М.: ФГБУ «З ЦНИИ» Минобороны России, 2017. – 144 с.
3. *Саати Т.Л.* Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993.
4. *Саати Т.Л.* Принятие решений при зависимостях и обратных связях. Аналитические сети. – М.: ЛИБРОКОМ, 2009. – 358 с.
5. *Белевцев А.М., Балыбердин В.А., Бендерский Г.П., Белевцев А.А.* Анализ направлений развития нано- и IT-технологий для построения специализированных сетевых коммуникационных систем нового поколения // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2015. – № 3 (164). – С. 35-45.
6. *Белевцев А.М., Балыбердин В.А., Белевцев А.А., Садреев Ф.Г.* О разработке интеллектуальных сервисов мониторинга технологических трендов в информационно-аналитических комплексах // Научные технологии. – 2019. – № 3.
7. *Белевцев А.М., Балыбердин В.А., Белевцев А.А.* Методика оценки времени и стоимости реализации технологических трендов в условиях неопределенности и не полноты информации // Научные технологии. – 2019. – № 5.
8. *Белевцев А.М., Балыбердин В.А., Белевцев А.А., Маркелов Е.Б.* Некоторые тенденции развития информационных технологий для систем сетецентрического управления // Вооружение и экономика. – 2021.
9. *Поляков И.В., Соколова Т.В., Чеповский А.А., Чеповский А.М.* Проблема классификации текстов и дифференцирующие признаки // Вестник Новосибирского государственного университета. Серия: Информационные технологии. – 2015. – Т. 13. – Вып. 2. – С. 55-63.
10. *Saritas O.* Systemic foresight methodology / In D. Meissner, L. Gokhberg, & A. Sokolov (Eds.) // Foresight and science, technology and innovation policies: Best practices. – Berlin: Springer, 2013. – P. 83-117.
11. *Белевцев А.М., Садреев Ф.Г., Пахомов С.Н.* Организация параллельного мониторинга направлений развития науки, техники и технологий в открытых источниках информации // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2013. – № 5.
12. *Kim Y., Tian Y., Jeong Y., Jihee R., & Myaeng S.-H.* Automatic discovery of technology trends from patent text // In Proceedings of the 2009 ACM symposium on applied computing. – 2009. – P. 1480-1487.
13. *Saritas O.* Systemic foresight methodology / In D. Meissner, L. Gokhberg, & A. Sokolov (Eds.) // Foresight and science, technology and innovation policies: Best practices. – Berlin: Springer, 2013. – P. 83-117.
14. *Shibata N., Kajikawa Y., & Sakata I.* Detecting potential technological fronts by comparing scientific papers and patents // Foresight. – 2011. – Vol. 13 (5). – P. 51-60.
15. *Medhat W., Hassan A., Korashy H.* Sentiment analysis algorithms and applications: A survey // Ain Shams Engineering Journ. – 2014. – No. 5. – P. 1093-1113.
16. *Fuller C.M., Biro D.P. and Delen D.* An investigation of data and text mining methods for real world deception detection // Expert Systems with Applications. – 2011. – No. 38. – P. 8392-8398.

17. Белевцев А.М., Бальбердин В.А., Белевцев А.А. Об оценке направлений развития информационных технологий для систем сетевидного управления // Сб. докладов: Материалы Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Компьютерные и информационные технологии в науке, инженерии и управлении» Таганрог «КомТех 2017». – 2017. – С. 8-12.
18. Cobo M.J., Lopez-Herrera A.G., Herrera-Viedma E., Herrera F. An approach for detecting, quantifying, and visualizing the evolution of a research field: A practical application to the Fuzzy Sets Theory field // Journal of Informetrics. – 2011. – Vol. 5. – P. 146-166.
19. Gokhberg L., Fursov K., Miles I., Perani G. Developing and using indicators of emerging and enabling technologies // Handbook of Innovation Indicators and Measurement / Ed. F. Gault. – Cheltenham: Edward Elgar, 2013. – P. 349-380.
20. Palomino M.A., Vincenti A., Owen R. Optimising web-based information retrieval methods for horizon scanning // Foresight. – 2013. – Vol. 15, No. 3. – P. 159-176.

REFERENCES

1. Balyberdin V.A., Belevtsev A.M., Benderskiy G.P. Prikladnye metody otsenki i vybora resheniy v strategicheskikh zadachakh innovatsionnogo menedzhmenta [Applied methods of evaluation and choice of solutions in strategic tasks of innovation management]. M.: ITK «Dashkov i K», 2014. 4th ed., 340 p.
2. Balyberdin V.A., Druzhinin M.A., Panov V.V., Stepanov O.A. Aktual'nye voprosy avtomatizatsii upravleniya voyskami i oruzhiem [Actual issues of automation of control of troops and weapons]. Moscow: FGBU «3 TSNII» Minoborony Rossii, 2017, 144 p.
3. Saati T.L. Prinyatie resheniy. Metod analiza ierarkhiy [Decision-making. Method of hierarchy analysis]. Moscow: Radio i svyaz', 1993.
4. Saati T.L. Prinyatie resheniy pri zavisimostyakh i obratnykh svyazyakh. Analiticheskie seti [Decision-making with dependencies and feedbacks. Analytical networks]. Moscow: LIBROKOM, 2009, 358 p.
5. Belevtsev A.M., Balyberdin V.A., Benderskiy G.P., Belevtsev A.A. Analiz napravleniy razvitiya nano- i IT-tehnologiy dlya postroeniya spetsializirovannykh setevykh kommunikatsionnykh sistem novogo pokoleniya [Analysis of the directions of development of nano- and IT-technologies for the construction of specialized network communication systems of a new generation], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2015, No. 3 (164), pp. 35-45.
6. Belevtsev A.M., Balyberdin V.A., Belevtsev A.A., Sadreev F.G. O razrabotke intellektual'nykh servisov monitoringa tekhnologicheskikh trendov v informatsionno-analiticheskikh kompleksakh [On the development of intelligent services for monitoring technological trends in information and analytical complexes], *Naukoemkie tekhnologii* [High-tech technologies], 2019, No. 3.
7. 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 estimating the time and cost of implementing technological trends in conditions of uncertainty and incomplete information], *Naukoemkie tekhnologii* [High-tech technologies], 2019, No. 5.
8. Belevtsev A.M., Balyberdin V.A., Belevtsev A.A., Markelov E.B. Nekotorye tendentsii razvitiya informatsionnykh tekhnologiy dlya sistem setentsricheskogo upravleniya [Some trends in the development of information technologies for network-centric management systems], *Vooruzhenie i ekonomika* [Armament and economy], 2021.
9. Polyakov I.V., Sokolova T.V., Chepovskiy A.A., Chepovskiy A.M. Problema klassifikatsii tekstov i differentsiruyushchie priznaki [The problem of text classification and differentiating features], *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Informatsionnye tekhnologii* [Bulletin of Novosibirsk State University. Series: Information Technology], 2015, Vo. 13, Issue 2, pp. 55-63.
10. Saritas O. Systemic foresight methodology / In D. Meissner, L. Gokhberg, & A. Sokolov (Eds.), *Foresight and science, technology and innovation policies: Best practices*. Berlin: Springer, 2013, pp. 83-117.
11. Belevtsev A.M., Sadreev F.G., Pakhomov S.N. Organizatsiya parallel'nogo monitoringa napravleniy razvitiya nauki, tekhniki i tekhnologiy v otkrytykh istochnikakh informatsii [Organization of parallel monitoring of directions of development of science, technology and technologies in open sources of information], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2013, No. 5.

12. Kim Y., Tian Y., Jeong Y., Jihee R., & Myaeng S.-H. Automatic discovery of technology trends from patent text, In *Proceedings of the 2009 ACM symposium on applied computing*, 2009, pp. 1480-1487.
13. Saritas O. Systemic foresight methodology, In D. Meissner, L. Gokhberg, & A. Sokolov (Eds.), *Foresight and science, technology and innovation policies: Best practices*. Berlin: Springer, 2013, pp. 83-117.
14. Shibata N., Kajikawa Y., & Sakata I. Detecting potential technological fronts by comparing scientific papers and patents, *Foresight*, 2011, Vol. 13 (5), pp. 51-60.
15. Medhat W., Hassan A., Korashy H. Sentiment analysis algorithms and applications: A survey, *Ain Shams Engineering Journ*, 2014, No. 5, pp. 1093-1113.
16. Fuller C.M., Biro D.P. and Delen D. An investigation of data and text mining methods for real world deception detection, *Expert Systems with Applications*, 2011, No. 38, pp. 8392-8398.
17. Belevtsev A.M., Balyberdin V.A., Belevtsev A.A. Ob otsenke napravleniy razvitiya informatsionnykh tekhnologiy dlya sistem setetsentricheskogo upravleniya [On the assessment of the directions of information technology development for network-centric management systems], *Sb. dokladov: Materialy Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Komp'yuternye i informatsionnye tekhnologii v nauke, inzhenerii i upravlenii» Taganrog «KomTekh 2017»* [Collection of reports: Materials of the All-Russian Scientific and Technical Conference with international participation "Computer and Information technologies in science, engineering and management" Taganrog "Comtech 2017"], 2017, pp. 8-12.
18. Cobo M.J., Lopez-Herrera A.G., Herrera-Viedma E., Herrera F. An approach for detecting, quantifying, and visualizing the evolution of a research field: A practical application to the Fuzzy Sets Theory field, *Journal of Informetrics*, 2011, Vol. 5, pp. 146-166.
19. Gokhberg L., Fursov K., Miles L., Perani G. Developing and using indicators of emerging and enabling technologies // *Handbook of Innovation Indicators and Measurement*, Ed. F. Gault. Cheltenham: Edward Elgar, 2013, pp. 349-380.
20. Palomino M.A., Vincenti A., Owen R. Optimising web-based information retrieval methods for horizon scanning, *Foresight*, 2013, Vol. 15, No. 3, pp. 159-176.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор А.В. Боженюк.

Белевцев Андрей Андреевич – ПАО «Сбербанк»; e-mail: andrey.belevtsev@gmail.com; г. Москва, Россия; старший вице-президент.

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

Балыбердин Валерий Алексеевич – 3 Центральный научно-исследовательский институт МО РФ; e-mail: balyberdinvaleri@yandex.ru; г. Москва, Россия; д.т.н., профессор; заслуженный деятель науки РФ; в.н.с.

Belevtsev Andrey Andrevich – PJSC "Sberbank"; e-mail: andrey.belevtsev@gmail.com; Moscow, Russia; senior vice president.

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

Balyberdin Valeriy Alexeevich – 3 Central Research Institute of the Ministry of Defense of the Russian Federation; e-mail: balyberdinvaleri@yandex.ru; Moscow, Russia; dr. of eng. sc.; professor; Honored Scientist of the Russian Federation; leading researcher.