

**Титенко Евгений Анатольевич** – Юго-Западный государственный университет; e-mail: johntit@mail.ru; г. Курск, Россия; тел.: +79051588904; к.т.н.; доцент; в.н.с.

**Чернецкая Ирина Евгеньевна** – e-mail: white@mail.ru; д.т.н.; доцент; зав. кафедрой вычислительной техники.

**Титенко Михаил Андреевич** – e-mail: mikhail-titenko@mail.ru; аспирант.

**Мельник Эдуард Всеволодович** – Федеральный исследовательский центр Южный научный центр Российской академии наук; e-mail: evml7@mail.ru; г. Таганрог, Россия; тел.: 88634615459; д.т.н., г.н.с.

**Трокоз Дмитрий Анатольевич** – Пензенский государственный технологический университет, e-mail: trokoz@penzgtu.ru; г. Пенза, Россия; проректор по научной работе.

**Titenko Evgeny Anatolievich** – South-West State University; e-mail: johntit@mail.ru; Kursk, Russia; phone: +79051588904; candidate of technical sciences, associate professor, leading researcher.

**Chernetskaya Irina Evgenievna** – e-mail: white@mail.ru; dr. of eng. sc.; associate professor; head of the department of computer science.

**Titenko Mikhail Andreevich** – e-mail: mikhail-titenko@mail.ru; postgraduate of the department of computer science.

**Melnik Eduard Vsevolodovich** – Federal Research Center, The Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; e-mail: evml7@mail.ru; Taganrog, Russia; phone: +78634615459; dr. of eng. sc.; chief researcher.

**Trokoz Dmitry Anatolievich** – Penza State Technological University; e-mail: trokoz@penzgtu.ru; Penza, Russia; dr. of eng. sc.; associate professor; vice-rector for scientific work.

УДК 004.9

DOI 10.18522/2311-3103-2024-2-268-278

**А.А. Белевцев, А.М. Белевцев, В.А. Балыбердин**

## **МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ ДОРОЖНЫХ КАРТ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕНДОВ И ТЕХНОЛОГИЙ В УСЛОВИЯХ ОГРАНИЧЕНИЙ**

*В современных условиях перехода к шестому технологическому укладу и обострения глобальной конкуренции первостепенное значение приобретает проблема обеспечения технологического суверенитета и технологического превосходства на национальном и корпоративном уровнях. В основе решения этой проблемы лежит организация эффективного развития научных исследований и, в первую очередь, исследований, направленных на создание новых высокоэффективных технологий в различных сферах деятельности. В работе предлагается методика анализа и развития технологических трендов и технологий в условиях неполноты и нечеткости информации. Методика обеспечивает прогнозирование и оценку развития общемировых технологически трендов для заданных предметных областей, а также определение возможных альтернатив технологического развития и разработки стратегии достижения технологического паритета и технологического превосходства в условиях ограничений. Реализация предлагаемых в методике процедур позволяет определить организационную стратегию достижения технологического паритета на различных уровнях рассмотрения, а также сформировать перечень технологий развития технологических трендов, обеспечивающих технологическое превосходство. Определено, что методика построения дорожных карт развития технологических трендов и технологий в условиях ограничений должна обеспечивать: 1. Анализ развития общемировых технологических трендов для заданных предметных отраслей на национальном (на пример в РФ), отраслевом и корпоративном уровнях. 2. Анализ и разработку стратегии обеспечения технологического паритета и технологического превосходства в условиях ограничений. В отличие от имеющихся исследований представленная методика позволяет: – получать количественные прогнозные оценки развития технологи-*

ческих трендов и составляющих технологий, с учетом их связности, на основе конструирования будущих событий; – обеспечивать возможность построения дорожных карт развития технологических трендов и технологий на национальном, отраслевом и корпоративном уровнях в условиях ограничений. В основу проведенного исследования по созданию методического аппарата положен системный подход, при котором стратегия построения дорожных карт развития технологических трендов и технологий рассматривается как цельный комплекс взаимосвязанных элементов, обеспечивающих решение поставленных задач. В результате реализации предложенной процедуры возможно определить: – организационную стратегию достижения технологического паритета; – время достижения технологического паритета; – сформировать перечень технологий развития технологических трендов, обеспечивающих технологическое превосходство.

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

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

#### METHODOLOGY FOR CONSTRUCTING ROADMAPS FOR THE DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL TRENDS AND TECHNOLOGIES UNDER CONDITIONS OF RESTRICTIONS

*Under modern conditions when the transfer to the sixth waves of innovation is realized and the global competition is escalated the problem of technological parity and technological superiority becomes very important for various levels of review. The main way to solve this problem is to develop the science investigations and first of all – to develop the investigations in the area of creation the new and effective technologies everywhere. The roadmap procedure for technological trends and technologies development under information incompleteness and fuzziness is represented. The procedure provides the carrying of analysis for world technological trends in the set of predetermined areas, the definition of possible technological development alternatives and the strategy for technological parity and technological superiority achievement under predetermined restrictions. The realization of the procedures proposed allows to determine the strategy to get the technological parity for various levels of review as well as to form the list for technological trends to insure the technological superiority. It is determined that the road maps methodology development for technological trends and technologies under restrictions must include: 1. The development analyses of the worldwide technological trends for the predetermined subject areas in the national (namely in Russia), branch and corporativ levels. 2. The analyses and construction of the strategy for support the technological priority and technological superiority under existing restrictions. In difference of other investigations the exist methodology submitted permits: – to build the quantity forecasts estimations for technological trends and compiling technologies on the base of future events constructing; – to support the possibilities to construct the roadmaps for technological trends and technologies on national, branch and corporation levels under the restrictions. As a bases of the investigation made on the methodology creation the system approach is used when the strategy for technological trends and technologies roadmaps construction is considered as a whole complex of associated elements made to solve the tasks put. As a result of the supposed procedure realization there is a chance to define: – the organization strategy to reach the technological parity; – the time to reach the parity; – the methodology list to form the technological trends to reach the technological superiority.*

*Technologies; technological trends; priorities; functional duty; roadmap.*

**Введение.** В условиях перехода к шестому технологическому укладу, наличие неопределенностей, связанных с формированием направлений и траекторий развития технологий нового поколения, смены социально-экономической модели мировой экономики и резкого обострения глобальной конкуренции задача обеспечения технологической суверенитета и технологического превосходства приобретает первостепенное значение.

В этой связи задача разработки собственной стратегии развития на национальном и корпоративном уровнях с учетом прогноза общемирового научно-технологического развития в условиях нечеткости и неполноты информации встречает значительные затруднения [2, 4, 5–10], в этой связи является исключительно актуальной.

Информационно аналитической основой для решения поставленной задачи являются [1, 3, 13, 16, 17, 19]:

- ◆ Проведение глобального мониторинга, кластеризация и динамическое формирование технологических трендов по заданным предметным областям.
- ◆ Формирование взаимосвязей, анализируемых технологий, технологических направлений (трендов) и областей применения.
- ◆ Определение новых (виртуальных) технологий и технологических направлений формируемых, как новые элементы анализируемого направления и имеющее причинно-следственные связи с технологиями, выявленными в ходе мониторинга.

В работах [1, 11, 21] разработана методика формирования прогноза развития технологических трендов и построения дорожных карт которая позволяет:

- ◆ получить количественные прогнозные оценки развития технологических трендов и составляющих технологий, с учетом их связности, на основе конструирования будущих событий;
- ◆ провести прогнозные оценки времени реализации технологий и технологических трендов в условиях неопределенности и неполноты информации, отсутствия апробированных количественных оценок и прототипов.
- ◆ построить дорожные карты (этапов) развития технологических трендов и технологий для заданной предметной области и групп предметных областей;

На основе предложенного подхода могут быть получены исходные данные для решения задачи построения дорожных карт развития технологических трендов и технологий на национальном, отраслевом и корпоративном уровнях в условиях ограничений.

**Общий подход.** На основании проведения исследований и разработок в рассматриваемой области [12, 14, 15, 18, 20, 21] методика построения дорожных карт развития технологических трендов и технологий в условиях ограничений должна обеспечивать:

1. Анализ развития общемировых технологических трендов для заданных предметных отраслей на национальном (на пример в РФ), отраслевом и корпоративном уровнях.
2. Анализ и разработка стратегии обеспечения технологического паритета и технологического превосходства в условиях ограничений.

**Постановка задачи.** Пусть заданы: уровень проводимого анализа (национальный, отраслевой, корпоративный), предметная область  $P = \{P_m\}$  для которой на основе [ ] сформированы:

- ◆ общемировой технологический тренд развития  $C_n^{Pm} = \{c_{ij}^n\} n = \overline{1, N}$
- ◆ сделан переход к логическому графу технологического тренда  $G_n^{Pm}$ , а затем к динамическому графу  $G_n^{Pm}(t)$  [1].
- ◆ определены характеристики технологии  $c_{ij}^n \in C_n^{Pm}$  и представлены в виде картежей.

$$c_{ij}^n \rightarrow \langle \Phi_{i_j}^n, t_{ij}^n, S_{ij}^n, \rho_{ij}^n \rangle \quad (1)$$

- ◆ построена дорожная карта прогноза развития технологического тренда в заданной предметной области -  $D_n^{Pm}$ , которая представляет собой прогноз объективного развития технологий в заданной предметной области.

- ◆ определен вектор приоритетов  $\rho_{ij}^n$  для всех технологий  $c_i$  технологического тренда.

**Последовательность этапов решения задачи.** Рассмотрим алгоритм реализации первого этапа методики, который можно представить в виде следующей последовательности действий:

1. Выбираем предметную область  $P_m$  для которой построены:

- ◆  $G_n^{Pm}(t)$  и  $D_n^{Pm}$  [1] (рис. 1) и определены характеристики технологии  $c_{ij}^n$  (табл. 1)

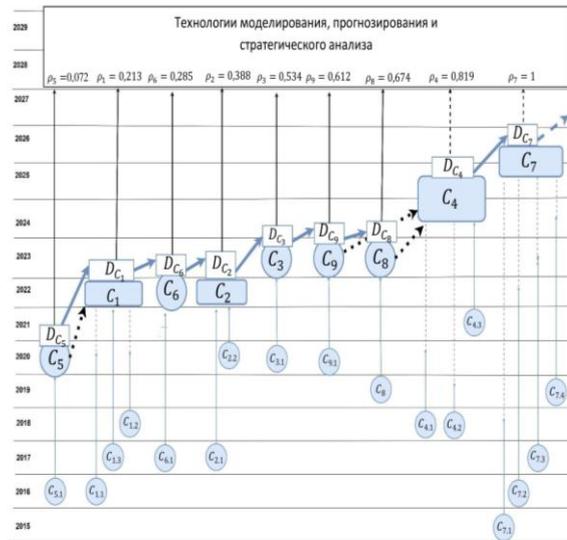


Рис. 1. Динамический граф и дорожная карта прогноза развития технологического тренда  $G_n^{Pm}(t)$  за рубежом

Таблица 1

Характеристика технологий  $c_i$  технологического тренда  $G_n^{Pm}(t)$  и  $D_n^{Pm}$

$C_n$	$C_n$	$\Phi H_i^n$	$t_i^n$ [ год ]	$\rho_i^n$
$C_1$	Автоматизация средств анализа поддержки принятия решений человеком с минимальным негативным элементом предвзятости	$\Phi H_1^n$	6	$\rho_1 = 0,141$
$C_2$	Технологии прогнозирование	$\Phi H_2^n$	4	$\rho_2 = 0,103$
$C_3$	Технологии построения эмпирических моделей	$\Phi H_3^n$	6	$\rho_3 = 0,146$
$C_4$	Технологии моделирования социального поведения	$\Phi H_4^n$	6	$\rho_4 = 0,146$
$C_5$	Решение аналитических задач на основе краусорсинга	$\Phi H_5^n$	3	$\rho_5 = 0,072$
$C_6$	Технологии идентификации угроз	$\Phi H_6^n$	3	$\rho_6 = 0,072$
$C_7$	Технологии интерпретации событий	$\Phi H_7^n$	8	$\rho_7 = 0,179$
$C_8$	Прогнозирование контрфактуалов (альтернативных событий)	$\Phi H_8^n$	3	$\rho_8 = 0,061$
$C_9$	Технологии социальной инженерии	$\Phi H_9^n$	3	$\rho_9 = 0,078$

2. На основании анализа  $G_n^{Pm}(t)$  и  $D_n^{Pm}$  определены 4 списка технологий ( $L_1-L_4$ ) (табл. 2):

- ◆ технологий, разработка которых проводится в РФ.  
Формирование Списка 1 -  $L_1$
- ◆ оригинальных технологий, которые разрабатываются в РФ для которых справедливо  $c_{ij} \neq c_{ij}^*$  и  $\Phi H_{ij} \equiv \Phi H_{ij}^*$ .  
Формирование Списка 2 -  $L_2$

- ◆ оригинальные технологии, которые разрабатываются в РФ и не разрабатываются за рубежом, для которых справедливо  $c_{ij} \neq c_{ij}^*$  и  $\Phi H_{ij} \neq \Phi H_{ij}^*$ .  
Формирование Списка 3 -  $L_3$
- ◆ определение перечня технологий, работы по которым в РФ не проводятся  
Формирование Списка 4 -  $L_4$

Таблица 2

Списки технологий технологического тренда  $G_n^{Pm}(t)$  для РФ

Список $L_1$ :	$C_2(c_{2.2}), C_5(c_{5.2})$
Список $L_2$ :	$C_3(c_{3.2}), C_2(c_{2.3}, c_{2.4}), C_1(c_{1.4}, c_{1.5}, c_{1.6}), C_6(c_{6.2}), C_9(c_{9.2}), C_4(c_{4.4}, c_{4.5}, c_{4.6})$
Список $L_3$ :	$C_{10}(c_{10.1}), C_{11}(c_{11.1}, c_{11.2}), C_{12}(c_{12.1}, c_{12.2}),$
Список $L_4$ :	$C_2(c_8), C_7(c_{7.1}, c_{7.2}, c_{7.3}, c_{7.4})$

3. Проводим оценку приоритетов для технологий вошедших в Список 3 [11].  
Для технологий из списков  $L_1, L_2$  и  $L_4$  сохраняются приоритеты, рассчитанные на предыдущих этапах анализа в соответствии.
4. Проводим оценку времени и стоимости работ по созданию технологий, вошедших в списки  $L_1, L_2$  и  $L_4$ .
5. Формируем текущую проекцию тренда на его развитие в РФ.

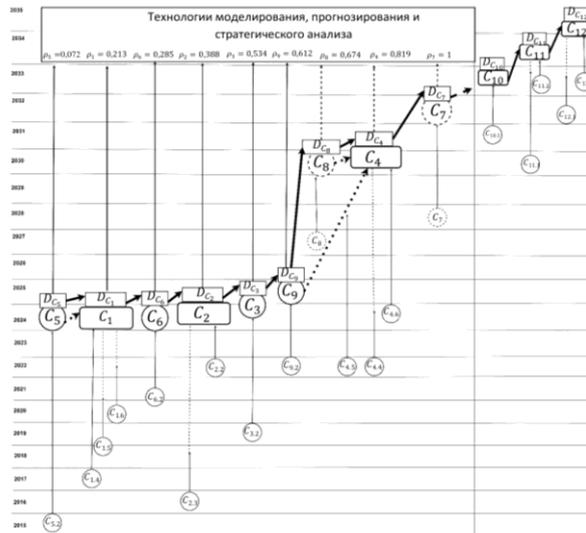


Рис. 2. Проекция динамического графа и дорожной карты развития технологического тренда  $P_m$  в РФ

6. В соответствии с методикой [1] осуществляется построение  $\bar{G}_n^{Pm}(t)$  и дорожной карты  $\bar{D}_n^{Pm}$  развития технологического тренда  $C_n^{Pm}$  в РФ (рис. 2).
7. Переформатируем список  $L_4$  в список  $L_4^*$ , в котором размещаем технологии в порядке уменьшения значений вектора приоритетов.
8. Формируем вектор  $\bar{X}_n$ , который определяет количество вхождений технологий  $c_i^n$  в технологии более высокого ранга.  
Определение значений вектора  $\bar{X}_n$  и проводится на основе матрицы инцидентий  $K_n$  логического графа  $G_{ij}^{Pm}$ .

$$K_n = \{K_{ij}^n\} \text{ порядка } I \times (I + L),$$

где  $K_{ij}=1$ , если имеется дуга, соединяющая  $i$  вершину с  $j$  вершиной, т.е. технология  $i$  должна быть реализована до того, как начнутся исследования по технологии  $j$ .

Если такое условие отсутствует, то  $K_{ij}^n=0$ .

В силу того, что технологии  $\{c_{ij}^n\}$  технологического тренда  $C_n^{Pm}$  могут иметь связи не только с технологиями внутри тренда, но и с технологиями входящими в состав других технологических трендов  $C_{n+m}^{Pm}$ , размерность матрицы инцидентий равна  $I \times (I + L)$ , где  $L$  общее вхождение технологий в другие тренды.

На основании матрицы  $K_n$  можно построить вектор  $\bar{X}_n$  определяющий количество вхождений технологий  $c_{ij}^n$  в технологии более высокого ранга в составе анализируемого тренда, так и других трендов предметной области  $P$ .

9. Проводим анализ дорожных карт развития технологического тренда  $D_n^{Pm}$  за рубежом и  $\bar{D}_n^{Pm}$  в РФ в условиях отсутствия ограничений на ресурсы для реализации технологий списка  $L_4$ .

В результате получаем оценки:

- ◆ изменений функциональной полноты по годам;
- ◆ изменения значений вектора приоритетов по годам;
- ◆ времени отставания (или опережения) развития траектории обоих дорожных карт (рис. 3)

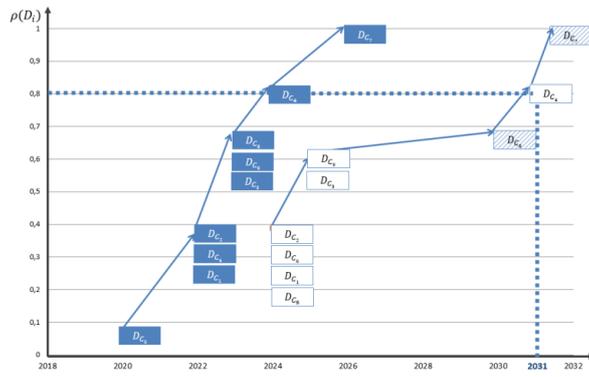


Рис. 3. Дорожная карта развития технологического тренда  $P_m$  в РФ и за рубежом

В силу того, что каждый этап  $D_{c_i}$  реализации дорожной карты будет представлять собой создание технологий или взаимосвязанных групп технологий со своим значением вектора приоритетов, то

$$\sum \rho_{ij}(t) \rightarrow 1. \quad (2)$$

Тогда меру отставания траекторий развития технологических трендов  $G_n^{Pm}(t)$  и  $\bar{G}_n^{Pm}(t)$  можно определить на основе выражения

$$\sum \rho_{ij}(t) - \sum \bar{\rho}_{ij}(t). \quad (3)$$

Переход к п.1. Анализ технологических трендов для следующей области применения  $P_{m+1}$ , предметной области  $P$ .

8. Формирование, упорядоченных списков технологий – списков  $L_4^*$ , полученных для всех областей применения предметной области  $P = \{P_m\}$  с учетом изменения значений их приоритетов.

9. Формирование векторов  $\bar{X}_n$  полученных для всех технологических трендов всех областей применения предметной области  $P = \{P_m\}$

Таким образом, в результате выполнения первого этапа будут сформированы:

- ◆ Списки –  $L_4$ , и  $L_4^*$ ;
- ◆ вектор  $\bar{X}_n$  определяющего количество вхождений технологий  $c_{ij}^n$  в технологии более высокого ранга.

Результаты выполнения первого этапа являются основой для выполнения второго этапа методики.

Рассмотрим алгоритм реализации второго этапа.

Цель – разработка стратегии достижения паритета и технологического превосходства в условиях ограничений на ресурсы.

Для создания технологии из списка  $L_4^*$  и достижения технологического паритета возможны следующие направления действий:

1. Разработка в РФ аналога технологии с вариантами:

- ◆ ФН,  $\rho$  соответствие мировому уровню;
- ◆  $f$ , ФН,  $\rho$  приближение к мировому уровню;

Следует отметить, что затраты и время реализации отдельных технологий зависят от степени их готовности. При этом возможна замена некоторых технологий их имеющимися аналогами с определенной потерей качества реализуемых процессов.

2. Разработка технологий в РФ, которые имеют  $\Phi H_{ij} \equiv \Phi H_{ij}^*$  при  $c_{ij} \neq c_{ij}^*$  т.е. другой технологический способ реализации - (список  $L_2$ ).

3. Разработка технологий, которых нет в общемировых трендах, но которые имеют новое функциональное назначение  $\Phi H_{ij}^* \notin \{\Phi H_{ij}\}$ . При этом они расширяют функциональные возможности технологии и всего технологического тренда в целом и которые можно рассматривать как прямые альтернативы технологии из Списка  $L_4^*$

4. Разработка технологий, которых нет в общемировых трендах, но которые имеют новое функциональное назначение  $\Phi H_{ij}^* \notin \{\Phi H_{ij}\}$  и не являются прямыми альтернативами технологий из Списка  $L_4$ . При этом они расширяют функциональные возможности всего тренда в целом и при наличии паритета с общемировыми трендами могут обеспечить технологическое превосходство.

В этой связи встает задача разработки стратегии достижения паритета и определение возможных траекторий обеспечения технологического превосходства.

Общая процедура решения этой задачи может быть представлена в следующем виде (рис. 4)

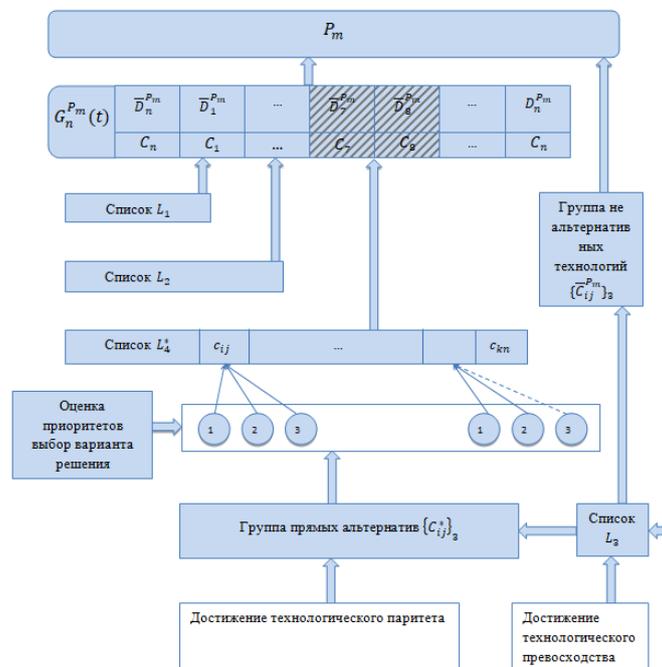


Рис. 4. Общая процедура достижения технологического паритета и технологического превосходства.

1. Для каждой технологии  $c_{ij}^n$  Списка  $L_4^*$  проверяем наличие технологий в Списке  $L_3$  ( $c_{ij} \neq c_{ij}^*$  и  $\Phi H_{ij} \neq \Phi H_{ij}^*$ ) с уровнем готовности  $TRL=\{1,2\}$ , которые можно рассматривать как её прямую альтернативу и включаем в состав группы прямых альтернатив  $\{C_{ij}^*\}_3$  для каждой  $c_{ij}$  (рис. 4).

2. Для каждой технологии Списка  $L_4^*$  сформируем группы возможных вариантов создания технологий  $\{1, 2, 3\}$  или  $\{1,2\}$  (в случае отсутствия предложений в группе прямых альтернатив) и по критерию  $\{\Phi H_{ij}, t_{ij}, S_{ij}\}$  определяем вектор приоритетов [11]. Принимаем решение о вариантах её создания способами  $\{1,2,3\}$ .

3. В случае принятия решения о реализации хотя бы одной технологии  $c_{ij}$  по варианту 3, то для всей совокупности технологий тренда  $\bar{C}_n^{Pm}(t)$  проводится перерасчет вектора приоритетов  $\bar{\rho}_{ij}^*(C_i)$ .

4. Для технологий списка  $L_4^*$  проводим оценку времени реализации  $t_{ij}^*$  [21]

5. Формируем группу вершин  $\{D_i^*(C_i)\}$  в порядке уменьшения  $\bar{\rho}_{ij}^*(C_i)$ .

На графе  $\bar{D}_i^{Pm}$  (рис.2) выделяем подграфы для вершин  $D_i^*(C_i)$  списка  $L_4^*$ .

6. Для группы  $\{D_i^*(C_i)\}$  формируем группу  $\{c_{ij}\}$  с учетом ограничений

$$\sum_i S_4(c_{ij}) \leq S_{max} . \quad (4)$$

где  $S_{max}$  – максимальное значение общей стоимости этапа.

7. Задаем момент времени начала работ  $t_{n1}$ .

8. Для всех технологий, вошедших в первую группу  $\{c_{ij}\}$ , начинаем пошаговое движение по подграфам  $D_i^*(C_i)$  снизу вверх (шаг – год) [1].

9. На каждом шаге контролируем завершение работ по технологиям по спискам  $L_1$  и  $L_2$  и определяем объем дополнительных средств

$$S_4(t) = S_{4max} + \Delta S_{1,2} . \quad (5)$$

10. В случае выполнения п.9, появление дополнительного финансирования в состав стартовой группы  $\{c_{ij}\}$  включаем следующую технологию из списка  $L_4^*$ .

Фиксируем момент времени начала работ на созданием очередной технологии  $t_{n2}$ .

11. Выполняем п.8 – п.10 и определяем момент времени достижения  $C_i \in \{D_n^*(C_i)\}$ .

12. Включаем в состав группы  $\{c_{ij}\}$  следующую технологию и переходим к п.8.

13. Определяем текущее изменение значения вектора приоритетов  $\bar{\rho}_{ij}^*(C_i)$  всего технологического тренда  $D_n^*(C_i)$ . Если  $\sum \bar{\rho}_{ij}^* = 0,8$ , то фиксируем момент времени достижения технологического паритета.

14. Фиксируем все значения времени, полученные для всех  $C_i \in \{D^*(C_i)\}$ , и проводим корректировку всей дорожной карты  $\bar{D}_n^*(t)$ .

Дорожная карта работ по группе  $\{C_{ij}^{Pm}\}_3$  не альтернативных технологий может быть организована по аналогичной процедуре. Время её реализации будет определяться выделенными ресурсами.

Списки  $L_3$  формируются для всех технологических трендов. Объединение этих списков позволит получить список  $L_5$ , который будет содержать перечень технологий для формирования научно-технического задела и определения новых трендов предметной области  $P = \{P_m\}$ .

**Заключение.** В результате проведенных исследований определены основные положения перспективной методики построения дорожных карт развития технологических трендов и технологий в условиях ограничений.

В отличие от имеющихся исследований представленная методика позволяет:

- ◆ получать количественные прогнозные оценки развития технологических трендов и составляющих технологий, с учетом их связности, на основе конструирования будущих событий;

♦ обеспечивать возможность построения дорожных карт развития технологических трендов и технологий на национальном, отраслевом и корпоративном уровнях в условиях ограничений.

В основу проведенного исследования по созданию методического аппарата положен системный подход, при котором стратегия построения дорожных карт развития технологических трендов и технологий рассматривается как цельный комплекс взаимосвязанных элементов, обеспечивающих решение поставленных задач.

В результате реализации предложенной процедуры возможно определить:

- ♦ организационную стратегию достижения технологического паритета;
- ♦ время достижения технологического паритета;
- ♦ сформировать перечень технологий развития технологических трендов, обеспечивающих технологическое превосходство.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Белевцев А.А., Белевцев А.М., Бальбердин В.А.* Методика прогнозирования развития технологических трендов и построения дорожных карт на основе конструирования будущих событий // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2023. – № 3. – С. 56-64.
2. Методика формирования национального плана развития науки и технологий в авиастроении. – <https://mai.ru/upload/iblock/b42/b428c607ca999dbfe1f2f12c84cff0a.pdf>. – 2020. – 23 с.
3. *Анферова М.С., Белевцев А.А., Белевцев А.М.* Методика анализа развития зарождающихся технологий и технологических фронтов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2023. – № 4. – С. 87-96.
4. *Буренок В.М., Ивлев А.А., Корчак В.Ю.* Развитие военных технологий XXI века: Проблемы, планирование, реализация. – Тверь: Изд. Купол, 2009. – 624 с.
5. *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.
6. *Shibata N., Kajikawa Y., & Sakata I.* Detecting potential technological fronts by comparing scientific papers and patents // *Foresight.* – 2011. – 13 (5). – P. 51-60.
7. *Fuller C.M., Biros 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.
8. *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.
9. *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.
10. *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.
11. *Белевцев А.А., Белевцев А.М., Бальбердин В.А.* Методика анализа и оценки приоритетов технологических трендов и технологий // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2022. – № 6.
12. *Бальбердин В.А., Белевцев А.М., Бендерский Г.П.* Прикладные методы оценки и выбора решений в стратегических задачах инновационного менеджмента. – 5-е изд. – М.: ИТК «Дашков и К», 2022. – 340 с.
13. *Белевцев А.М., Бальбердин В.А., Белевцев А.А., Садреев Ф.Г.* О разработке интеллектуальных сервисов мониторинга технологических трендов в информационно-аналитических комплексах // *Наукоемкие технологии.* – 2019. – № .,
14. *Белевцев А.М., Бальбердин В.А., Белевцев А.А.* Об оценке направлений развития информационных технологий для систем сетевидного управления // Матер. Всероссийской научно-технической конференции с международным участием «Компьютерные и информационные технологии в науке, инженерии и управлении»: Сб. докладов. Таганрог «КомТех 2017». – 2017. – С. 8-12.
15. *Белевцев А.М., Бальбердин В.А., Белевцев А.А., Маркелов Е.Б.* Некоторые тенденции развития информационных технологий для систем сетевидного управления // *Вооружение и экономика.* – 2021. – № 3.
16. *Саати Т.Л.* Принятие решений. Метод анализа иерархий. – М.: Радио и связь, 1993. – 340 с.
17. *Саати Т.Л.* Принятие решений при зависимостях и обратных связях. Аналитические сети. – М.: ЛИБРОКОМ, 2009. – 358 с.

18. Белевцев А.М., Бальбердин 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.
19. 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. – С. 86-95.
20. Kim Y., Tian Y., Jeong Y., Jihee R., & Myaeng S.-H. Automatic discovery of technology trends from patent text // Proceedings of the 2009 ACM symposium on applied computing. 2009. – P. 1480-1487.
21. Белевцев А.М., Бальбердин В.А., Белевцев А.А. Методика оценки времени и стоимости реализации технологических трендов в условиях неопределенности и не полноты информации // Научно-технические технологии. – 2019. – № 5.

## REFERENCES

1. Belevtsev A.A., Belevtsev A.M., Balyberdin V.A. Metodika prognozirovaniya razvitiya tekhnologicheskikh trendov i postroeniya dorozhnykh kart na osnove konstruirovaniya budushchikh sobyitiy [Methodology for forecasting the development of technological trends and building road map on the basis of constructing future events], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2023, No. 3, pp. 56-64.
2. Metodika formirovaniya natsional'nogo plana razvitiya nauki i tekhnologiy v aviastroenii [Methodology for the formation of a national plan for the development of science and technology in the aircraft industry]. Available at: <https://mai.ru/upload/iblock/b42/b428c607ca999dbfe1f2f12c84cfff0a.pdf>, 2020, p. 23.
3. Anferova M.S., Belevtsev A.A., Belevtsev A.M. Metodika analiza razvitiya zarozhdayushchih 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.
4. Burenok V.M., Ivlev A.A., Korchak V.Yu. Razvitie voennykh tekhnologiy XXI veka: Problemy, planirovanie, realizatsiya [Development of military technologies of the XXI century: Problems, planning, implementation]. Tver': Izd-vo «Kupol», 2009, 624 p.
5. 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.
6. Shibata N., Kajikawa Y., & Sakata I. Detecting potential technological fronts by comparing scientific papers and patents, *Foresight*, 2011, 13 (5), pp. 51-60.
7. Fuller C.M., Biros 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.
8. 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.
9. 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, pp. 349-380.
10. 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.
11. Belevtsev A.A., Belevtsev A.M., Balyberdin V.A. Metodika analiza i otsenki prioritetrov tekhnologicheskikh trendov i tekhnologiy [Methods of analysis and evaluation of the priorities of technological trends and technologies], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2022, No. 6.
12. 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 the Strategic Problems of Innovation Management]. 5<sup>th</sup> ed. Moscow: ITK «Dashkov i K», 2022, 340 p.
13. Belevtsev A.M., Balyberdin V.A., Belevtsev A.A., Sadreev F.G. O razrabotke intellektual'nykh servisov monitoring tekhnologicheskikh trendov v informatsionno-analiticheskikh kompleksakh [On the development of intelligent services for monitoring technological trends in information and analytical complexes], *Naukoemkie tekhnologii* [Science-intensive technologies], 2019, No. 3.
14. Belevtsev A.M., Balyberdin V.A., Belevtsev A.A. Ob otsenke napravleniy razvitiya informatsionnykh tekhnologiy dlya sistem setetsentricheskogo upravleniya [On the assessment of directions for the development of information technologies for network-centric control systems], *Mater. Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Komp'yuternye i informatsionnye*

- tekhnologii v nauke, inzhenerii i upravlenii: Sb. dokladov* [Proceedings of the All-Russian Scientific and Technical Conference with International Participation "Computer and Information Technologies in Science, Engineering and Management: Collection of Reports]. Taganrog, 2017, pp. 8-12.
15. Belevtsev A.M., Balyberdin V.A., Belevtsev A.A., Markelov E.B. Nekotorye tendentsii razvitiya informatsionnykh tekhnologiy dlya sistem setetsentricheskogo upravleniya [Some trends in the development of information technologies for network-centric control systems], *Vooruzhenie i ekonomika* [Armament and Economics], 2021, No. 3.
  16. Saati T.L. Prinyatie resheniy. Metod analiza ierarkhiy [Making decisions. Hierarchy analysis method]. Moscow: Radio i svyaz', 1993, 340 p.
  17. Saati T.L. Prinyatie resheniy pri zavisimostyakh i obratnykh svyazyakh. Analiticheskie seti [Decision making under dependencies and feedbacks. Analytical networks]. Moscow: LIBROKOM, 2009, 358 p.
  18. Belevtsev A.M., Balyberdin V.A., Benderskiy G.P., Belevtsev A.A. Analiz napravleniy razvitiya nano-IT-tekhnologiy dlya postroeniya spetsializirovannykh setevykh kommuni-katsionnykh 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.
  19. 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 technology in open sources of information], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2013, No. 5, pp. 86-95.
  20. Kim Y., Tian Y., Jeong Y., Jihee R., & Myaeng S.-H. Automatic discovery of technology trends from patent text, *Proceedings of the 2009 ACM symposium on applied computing*, 2009, pp. 1480-1487.
  21. Belevtsev A.M., Balyberdin V.A., Belevtsev A.A. Metodika otsenki vremeni i stoimosti realizatsii tekhnologicheskikh trendov v usloviyakh neopredelennosti i nepolnoty informatsii [Methodology for estimating the time and cost of implementing technological trends in conditions of uncertainty and incompleteness of information], *Naukoemkie tekhnologii* [Science-intensive technologies], 2019, No. 5.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н. Ю.А. Кравченко.

**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.

УДК 004.93'1

DOI 10.18522/2311-3103-2024-2-278-289

**А.В. Руденко, М.А. Руденко**

## **ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ ВРАЧЕБНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОЦЕДУРЫ ЛАЗЕРНОЙ ЛИТОТРИПСИИ**

*При подготовке к проведению процедуры лазерной литотрипсии, выбирая параметры лазерной установки, врач учитывает множество факторов, таких как масса и плотность обнаруженных в почке конкрементов, расположение камней в почке, близость кровеносных сосудов. Также важным*