

## Раздел 2 МОДЕЛИ, СИСТЕМЫ, СЕТИ В ТЕХНИКЕ

### Section 2 MODELS, SYSTEMS, NETWORKS IN THE TECHNIQUE

---

УДК 004.89

doi: 10.21685/2227-8486-2023-2-7

#### МЕТОД ВЕТВЛЕНИЯ ВРЕМЕННОЙ ШКАЛЫ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ СИТУАЦИИ В СИСТЕМЕ ЦИФРОВОГО МОНИТОРИНГА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ

Е. А. Додонова<sup>1</sup>, И. Н. Дубинина<sup>2</sup>,  
О. К. Головнин<sup>3</sup>, А. В. Иващенко<sup>4</sup>

<sup>1, 2</sup> ООО «Открытый код», Самара, Россия

<sup>3</sup> Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С. П. Королева, Самара, Россия

<sup>4</sup> Самарский государственный медицинский университет Министерства  
здравоохранения Российской Федерации, Самара, Россия

<sup>1</sup> dodonova.evg@gmail.com, <sup>2</sup> vartaric@yandex.ru,

<sup>3</sup> golovnin@ssau.ru, <sup>4</sup> anton.ivashenko@gmail.com

**Аннотация.** *Актуальность и цели.* В работе приводится новый метод ветвления временной шкалы в системах мониторинга и моделирования, с помощью которого определяется необходимое и достаточное количество информации для принятия решений путем разбиения рассматриваемой ситуации на ветви с положительным, отрицательным и нейтральным сценариями развития сложной организационной системы, что позволяет повысить точность прогноза. *Материалы и методы.* Решение основано на теории взаимно-корреляционного анализа неэквидистантных временных рядов, применение которой позволяет обрабатывать цепочки событий для определения возможных причинно-следственных связей. Метод ветвления временной шкалы состоит из следующих этапов: генерация ветвей, аппроксимация и адаптивная дискретизация. *Результаты.* Предложенный метод реализован и апробирован с целью анализа накопленной статистики в здравоохранении по ключевым параметрам «Количество новых заражений» и «Доступность медицинского обеспечения для больных COVID». *Выводы.* Предлагаемый метод позволяет идентифицировать критические ситуации, которые являются важными элементами в планировании, так как они могут быть использованы для совершенствования процесса поддержки принятия решений.

**Ключевые слова:** цифровая трансформация, социальная система, мониторинг, управление рисками, временные ряды, поддержка принятия решений

**Для цитирования:** Додонова Е. А., Дубинина И. Н., Головнин О. К., Иващенко А. В. Метод ветвления временной шкалы для моделирования развития ситуации в системе цифрового мониторинга здравоохранения // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. 2023. № 2. С. 111–127. doi: 10.21685/2227-8486-2023-2-7

## TIME SCALE BRANCHING METHOD FOR THE SITUATION DEVELOPMENT SIMULATION IN THE DIGITAL HEALTHCARE MONITORING SYSTEM

**E.A. Dodonova<sup>1</sup>, I.N. Dubinina<sup>2</sup>,  
O.K. Golovnin<sup>3</sup>, A.V. Ivashchenko<sup>4</sup>**

<sup>1,2</sup> LLC «Open code», Samara, Russia

<sup>3</sup> Samara National Research University, Samara, Russia

<sup>4</sup> Samara State Medical University of the Ministry of Healthcare  
of the Russian Federation, Samara, Russia

<sup>1</sup> dodonova.evg@gmail.com, <sup>2</sup> vartaric@yandex.ru,

<sup>3</sup> golovnin@ssau.ru, <sup>4</sup> anton.ivashenko@gmail.com

**Abstract. Background.** The paper presents a new timeline branching method in monitoring and modeling systems, with which it is possible to determine the necessary and sufficient number of scenes for decision-making by dividing the situation under consideration into branches with positive, negative and neutral scenarios for the development of a complex social system, which makes it possible to increase the accuracy of the forecast. *Materials and methods.* The solution is based on the theory of cross-correlation analysis of odd time series, which allows you to process chains of events to determine linear and possible causal relationships. The timeline branching method consists of the following steps: branching, approximation and adaptive sampling of timelines, or a vector method for supply and demand. *Results.* The proposed method has been tested in order to analyze the dynamics of accumulated statistics on the key parameters "Number of new infections" and "Availability of medical care for patients with COVID". *Conclusions.* The proposed method makes it possible to identify critical scenes, which are important elements in planning, since can then be used to improve decision support process.

**Keywords:** digital transformation, social system, monitoring, risk management, time series, decision support

**For citation:** Dodonova E.A., Dubinina I.N., Golovnin O.K., Ivashchenko A.V. Time scale branching method for the situation development simulation in the digital healthcare monitoring system. *Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve* = *Models, systems, networks in economics, technology, nature and society*. 2023;(2):111–127. (In Russ.). doi: 10.21685/2227-8486-2023-2-7

### Введение

В настоящее время на уровнях государственного и регионального управления уделяется особое внимание процессам цифровой трансформации, в основе которых находятся постоянный автоматизированный сбор и обработка множества параметров, характеризующих текущее состояние и развитие организационных систем. Применение передовых технологий и статистических методов для поиска скрытых закономерностей, таких как алгоритмы семантического и статистического анализа, позволяет выделить основные необходимые

и достаточные показатели, которые становятся основой в процессе поддержки принятия решений.

Обычно для решения этой задачи используются автоматизированные системы мониторинга и моделирования. Мониторинг позволяет лицу, принимающему решения, наблюдать за наиболее значимыми показателями в режиме реального времени. В свою очередь, моделирование дает возможность произвести прогноз динамики показателей с учетом всех возможных воздействий, как положительных, так и отрицательных. Однако при этом возникают трудности во время работы с непредсказуемыми цепочками событий, которые требуют от алгоритмов адаптации к изменяющимся темпам развития обстановки.

Для решения этой проблемы в данной статье предлагается новый метод ветвления временной шкалы для моделирования развития ситуации с использованием цифровой системы мониторинга данных в здравоохранении. Предлагаемый метод позволяет по результатам моделирования повысить адекватность и точность прогноза, а также определить необходимое и достаточное количество рассматриваемых ситуаций.

### *Современное состояние проблемы*

Цифровая трансформация затрагивает практически все процессы управления в организационных системах [1, 2]. Использование цифровой системы мониторинга и прогноза позволяет эффективно собирать данные о текущей социально-экономической ситуации, оценивать их, выявлять основные тенденции и закономерности развития, находить проблемные зоны и в кратчайшие сроки их исправлять, а также своевременно прогнозировать их возникновение. Важной составляющей мониторинга и моделирования являются статистические методы и приемы [3, 4], наиболее полно и точно отражающие специфику развития во времени показателей, характеризующих исследуемую ситуацию.

В основе статистических методов лежит анализ больших данных [5, 6], с которым тесно связана теория статистического анализа. Она способствует нахождению естественных закономерностей между предыдущим и последующим состояниями системы, которая находится под влиянием внешних, постоянно меняющихся условий. Данное исследование основано на анализе неэквидистантных временных рядов [7] и продолжается по мере изучения статистических и семантических тенденций развития цифровых социальных и экономических систем [8–10].

Информация, полученная в ходе мониторинга, может быть обработана путем сравнительного анализа, который включает в себя сравнение полученных результатов с установленными целями и задачами, анализ динамики развития обстановки и прогноз. Может применяться ситуационный анализ, с помощью которого оцениваются сильные и слабые стороны рассматриваемой ситуации, а также угрозы и возможности. Важной чертой становится непрерывность, позволяющая определять коррективы развития с учетом быстро меняющихся факторов внешней и внутренней среды [11].

Одним из основных существующих инструментов анализа данных является Business Intelligence (BI) [12, 13]. Процесс обработки данных в BI-системах состоит из этапов извлечения исходных данных из различных источников, их преобразования и загрузки в систему для последующего анализа. В последние годы развитие получила разработка собственных BI-платформ, основанных на

технологии Data Discovery, позволяющей обнаруживать полезную информацию в общем массиве данных.

На данный момент существует множество BI-платформ и инструментов визуализации, которые позволяют эффективно работать с данными, тем самым помогая принимать управленческие решения [14]. К их преимуществам можно отнести интерактивную визуализацию, возможность одновременно использовать данные различных типов, геопространственную аналитику, комбинирование данных из различных баз данных и других источников, мониторинг в реальном времени непрерывных потоков данных и удобную совместную работу пользователей.

Учитывая последние тенденции развития государства в сфере цифровизации, следует выделить так называемую стратегию умного общества (Smart Society) [15, 16]. Это социально-экономическая и культурная стратегия развития общества, основанная на использовании цифровых технологий во всех сферах жизни для улучшения жизни людей, например в здравоохранении [17, 18]. Одним из ее элементов является наличие ситуационных центров и оперативных штабов, которые анализируют текущую ситуацию с помощью различных инструментов мониторинга. Таким образом, современные ситуационные центры формируются как комплекс информационных и программно-аппаратных средств, предназначенных для работы руководителей и экспертных групп с целью быстрой оценки проблемной ситуации, оперативного построения и моделирования различных сценариев развития ситуации на основе специальных методов обработки больших объемов информации.

Основой существующих систем социального мониторинга являются агрегирование и анализ параметров, описывающих рассматриваемую обстановку и ее изменения во времени. Например, социальная обстановка описывается количеством населения, экономическими показателями, уровнями образования и медицинского обслуживания, туристической привлекательностью и т.д. Обстановка описывает сложные отношения, которые являются результатом взаимодействия различных участников. В нее входят субъекты, отношения между ними и их состояния, складывающиеся в результате различных действий субъектов.

### ***Материалы и методы***

Рассмотрим параметры обстановки – набор показателей, которые численно характеризуют текущую ситуацию, а также тенденции ее изменения во времени. Выделим такие понятия, как «событие» – отметка в пространстве-времени, характеризующая существенные изменения объектов и субъектов обстановки, а также влияющие на них факторы, и «сцена» – представление текущей или прогнозируемой обстановки, подразумевающее распределение объектов и предметов на карте с использованием географической информационной системы (ГИС). Рассмотрим также «сценарий» – последовательность сцен, содержащих происходящие или прогнозируемые события.

На основе этих основных определений была разработана формально-логическая модель, которая формализует обстановки в комплексной социальной системе.

Структурные элементы обстановки представим в виде  $x_i$ , где  $i = 1 \dots N_x$  – уникальный индекс структурного элемента в составе сетевой модели. Развитие обстановки описывается вариантом сценария  $V_b$ . Ведем для него обозначение

ситуации в виде  $S_{j,b}$ , для которой принадлежность структурных элементов  $x_i$  будет обозначаться логическим отношением

$$s_{i,j,b} = s_{i,j,b}(x_i, S_{j,b}) = \{0,1\}. \quad (1)$$

Функция  $s_{i,j,b}$  принимает значение «1», если структурный элемент  $x_i$  включен в текущее описание обстановки, и значение «0», если нет.

Дополнительно вводим геоинформационный слой  $L_{x,j,b}$  для отображения на цифровой карте, который содержит исчерпывающее описание определенного аспекта обстановки для лица  $d_m$ , принимающего решения, в рамках рассматриваемой обстановки  $S_{j,b}$ . Распределение структурных элементов по слоям осуществляется в соответствии с необходимостью путем задания отношений

$$\begin{aligned} L_{n,m,i,j,b} &= g_{n,m,i,j,b}(x_i, d_m, L_{n,j,b}) = \{0,1\}, \\ L_{n,m,i,j,b} &= g_{n,m,i,j,b}(x_i, d_m, L_{n,j,b}) = \{0,1\}. \end{aligned} \quad (2)$$

Для структурных элементов ситуации в рамках индивидуальной обстановки задаются логические связи в виде бинарных отношений типа  $A_p$

$$A_{p,j,b}(x_{i1}, x_{i2}) = a_{p,j,b}(x_{i1}, x_{i2}, A_p, S_{j,b}) = \{0,1\}. \quad (3)$$

Для описания каждой ситуации задаются значения параметров обстановки  $K_q$

$$k_{q,j,b} = k_{q,j,b}(K_q, S_{j,b}) \in \mathfrak{R} \quad L_{n,m,i,j,b} = g_{n,m,i,j,b}(x_i, d_m, L_{n,j,b}) = \{0,1\}. \quad (4)$$

Предлагается описать важные факторы, определяющие изменение ситуации и переход между ситуациями в виде событий  $E_r$  изменения структурных элементов:

$$\begin{aligned} e_{r,i,j,b} &= e_{r,i,j,b}(E_r, x_i, D_{r,i,j,b}, t_{r,i,j,b}) = \{0,1\}, \\ L_{n,m,i,j,b} &= g_{n,m,i,j,b}(x_i, d_m, L_{n,j,b}) = \{0,1\}, \end{aligned} \quad (5)$$

где  $t_{r,i,j,b}$  – время наступления события.

$H_{r,i,j,b}$  – семантический дескриптор, характеризующий событие как набор ключевых слов (тегов) с весами:

$$H_{r,i,j,b} = \{(\tau_{r,i,j,b,y}, w_{r,i,j,b,y})\}, \quad L_{n,m,i,j,b} = g_{n,m,i,j,b}(x_i, d_m, L_{n,j,b}) = \{0,1\}, \quad (6)$$

где  $\tau_{r,i,j,b,y}$  – тег (ключевое слово), а  $w_{r,i,j,b,y}$  – вес тега в облаке.

Таким образом, ситуация представляется следующим образом:

$$\Omega = (\{s_{i,j,b}\}, \{a_{p,j,b}\}, \{k_{q,j,b}\}, \{e_{r,i,j,b}\}). \quad L_{n,m,i,j,b} = g_{n,m,i,j,b}(x_i, d_m, L_{n,j,b}) = \{0,1\}. \quad (7)$$

Мониторинг и моделирование ситуации осуществляется путем последовательного расширения графа (7) за счет вычисления дополнительных параметров  $\{k_{q,j,b}\}$ , выявления новых отношений  $\{a_{p,j,b}\}$  за счет влияющих факторов и построения новых вариантов развития обстановки  $\{s_{i,j,b}\}$  в результате анализа данных о событиях  $\{e_{r,i,j,b}\}$ .

Предложенная ситуационная модель была использована для решения задачи автоматизированного моделирования вариантов темпов развития

организационных систем и легла в основу метода ветвления временной шкалы. Метод предназначен для визуализации прогнозируемых сценариев в автоматизированных системах поддержки принятия решений. Возможные генерируемые варианты включают положительные, отрицательные и нейтральные сценарии.

Основная идея метода заключается в разбиении текущей ситуации на несколько вариантов, которые позволяют сгенерировать отдельные сценарии ее развития во времени. Метод позволяет оценить близость нейтрального ожидаемого сценария к его положительным и отрицательным вариантам, что приводит к генерации рекомендаций по сбору дополнительных входных данных или по приложению дополнительных усилий для снижения рисков или уклонения от негативных эффектов.

Метод ветвления временной шкалы состоит из двух этапов:

1. Генерация ветвей.
2. Дискретизация временных рядов.

Согласно введенной модели каждый вариант сценария  $V_b$  характеризуется рядом параметров  $k_{q,j,b}$  и содержит последовательность сцен  $s_{i,j,b}$ , вызванных очередью событий  $e_{r,i,j,b}$ .

Введенный метод ветвления временной шкалы содержит определение момента времени  $t^0$ , когда базовая ситуация разбивается на несколько текущих сценариев, описывающих альтернативные варианты развития.

Обозначим их как  $V_b(t^0)^+$  для положительного сценария,  $V_b(t^0)^-$  для отрицательного сценария и  $V_b(t^0)$  для нейтрального сценария, что в основном соответствует ожидаемому развитию реалистичных событий.

Для поддержки принятия решений необходимо определить горизонт существования  $t'$

$$t' : \Delta t = t' - t^0 \rightarrow \max, V_b(t')^+ \neq \text{null}; V_b(t')^- \neq \text{null}; V_b(t') \neq \text{null}.$$

$$L_{n,m,i,j,b} = g_{n,m,i,j,b}(x_i, d_m, L_{n,j,b}) = \{0,1\}. \quad (8)$$

Это означает, что указанные варианты  $V_b$  ограничены логическим интервалом времени  $[t', t^0]$  и содержат соответствующие сцены  $s_{i,j,b}$ , описывающие основные изменения ситуации.

Представим обобщенную функцию оценки, которая описывает текущую сцену и производит несколько ключевых показателей, описывающих ситуацию в целом:

$$f(V_b(t)) = F_b(\{s_{i,j,b}\}). L_{n,m,i,j,b} = g_{n,m,i,j,b}(x_i, d_m, L_{n,j,b}) = \{0,1\}. \quad (9)$$

С помощью этой функции можно определить близость сценариев. Для обеспечения эффективной поддержки принятия решений должна быть сформирована последовательность сцен  $s_{i,j,b}$ , обеспечивающая максимальное отклонение положительного и отрицательного сценариев:

$$|f(V_b(t')^+) - f(V_b(t')^-)| \rightarrow \max. L_{n,m,i,j,b} = g_{n,m,i,j,b}(x_i, d_m, L_{n,j,b}) = \{0,1\}. \quad (10)$$

Последующий анализ степени близости положительного и отрицательного сценариев к нейтральному помогает понять достаточность данных и усилий, имеющихся в момент времени  $t^0$ :

$$\Delta f^+ = |(V_k(t')^+) - f(V_k(t'))|; \Delta f^- = |(V_k(t')^-) - f(V_k(t'))|.$$

$$L_{n,m,i,j,b} = g_{n,m,i,j,b}(x_i, d_m, L_{n,j,b}) = \{0,1\}. \quad (11)$$

В случае  $\Delta f^+ < \Delta f^-$  данных не хватает и необходимо собрать дополнительную информацию, чтобы снизить излишний оптимизм.

В противном случае следует запланировать дополнительные мероприятия, чтобы снизить риски (рис. 1–3).

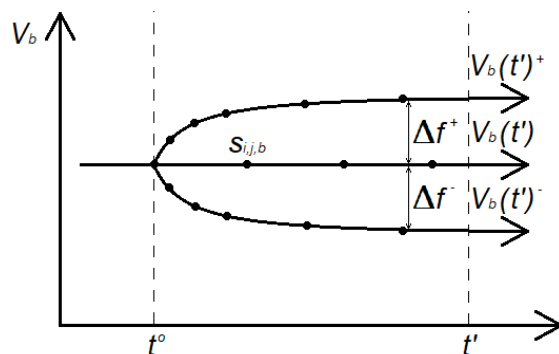


Рис. 1. Ветвление, при котором  $\Delta f^+ = \Delta f^-$

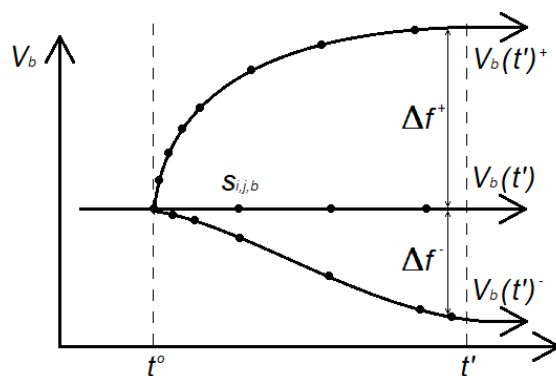


Рис. 2. Ветвление, при котором  $\Delta f^+ > \Delta f^-$

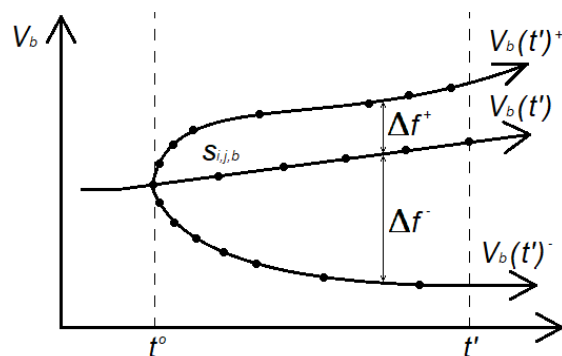


Рис. 3. Ветвление, при котором  $\Delta f^+ < \Delta f^-$

Таким образом, ряд возможных сценариев развития ситуаций образуют ориентированный граф, содержащий сцены  $s_{ij,b}$  в виде вершин, связанных сценариями.

Генерация ветвей может быть произведена перестройкой этого графа одним из двух способов:

1. Взять за основу  $V_b(t^0)$ , затем сгенерировать  $V_b(t')$ , развить  $V_b(t')^+$  и  $V_b(t')^-$  и, наконец, восстановить соответствующие  $V_b(t^0)^+$  и  $V_b(t^0)^-$ .
2. Взять за основу  $V_b(t^0)$ , затем сгенерировать  $V_b(t^0)^+$  и  $V_b(t^0)^-$  и разработать соответствующие  $V_b(t')$ ,  $V_b(t')^+$  и  $V_b(t')$ .

Следующим шагом метода ветвления временной шкалы является адаптивная дискретизация временных рядов. Для повышения достоверности и адекватности разработанных оценок предлагается ввести промежуточные состояния каждой ветви временной шкалы в виде сцен  $s_{ij,b}$ . Общий подход основан на единой выборке, когда каждая ветвь разбивается на постоянные временные интервалы. Этот подход легко реализовать, но он требует создания нескольких сцен, что отнимает много времени и требует сложных вычислений.

В рамках этого метода предлагается реализовать адаптивную дискретизацию на основе аппроксимации функций  $f(V_b(t))$ ,  $f(V_b(t)^+)$  и  $f(V_b(t)^-)$ . В качестве аппроксимирующих выражений используются статистически подтвержденные закономерности зависимостей ключевых показателей ситуации от времени. Для оценки ошибки аппроксимации используется стандартное отклонение. Самые оптимистичные и пессимистичные модели используются для разработки соответствующих отраслей с учетом конечных состояний в  $t'$ .

Адаптивная дискретизация каждой ветви позволяет генерировать необходимое и достаточное количество сцен, требуемых для описания динамических изменений, исключая избыточные данные. В основе принципов адаптивной дискретизации лежит слежение за текущей погрешностью изменения параметра.

Использование адаптивной дискретизации актуально лишь для непрерывных функций. Анализировать скачкообразные функции целесообразно с помощью векторного метода спроса и предложения (рис. 4).

Чем больше разница между спросом и предложением, тем скорее нужно принимать меры и чаще отслеживать значения показателя. Если разница минимальна или ее нет, то и количество отслеживаемых сцен будет минимально. Предлагаемый метод рекомендуется как компонент для управления и визуализации данных в аналитических системах и специализированном программном обеспечении для ситуационного управления и поддержки принятия решений.

### **Результаты**

Предлагаемый метод реализован в цифровой платформе интегрального мониторинга (ЦПИМ) [19, 20], включающей информационные виджеты, описывающие динамику текущих показателей развития социально-экономической обстановки в привязке к геоинформационной системе. Цель программного решения – предоставить лицам, принимающим решения, весь спектр ключевых показателей регионального развития в краткой и удобной форме (рис. 5).

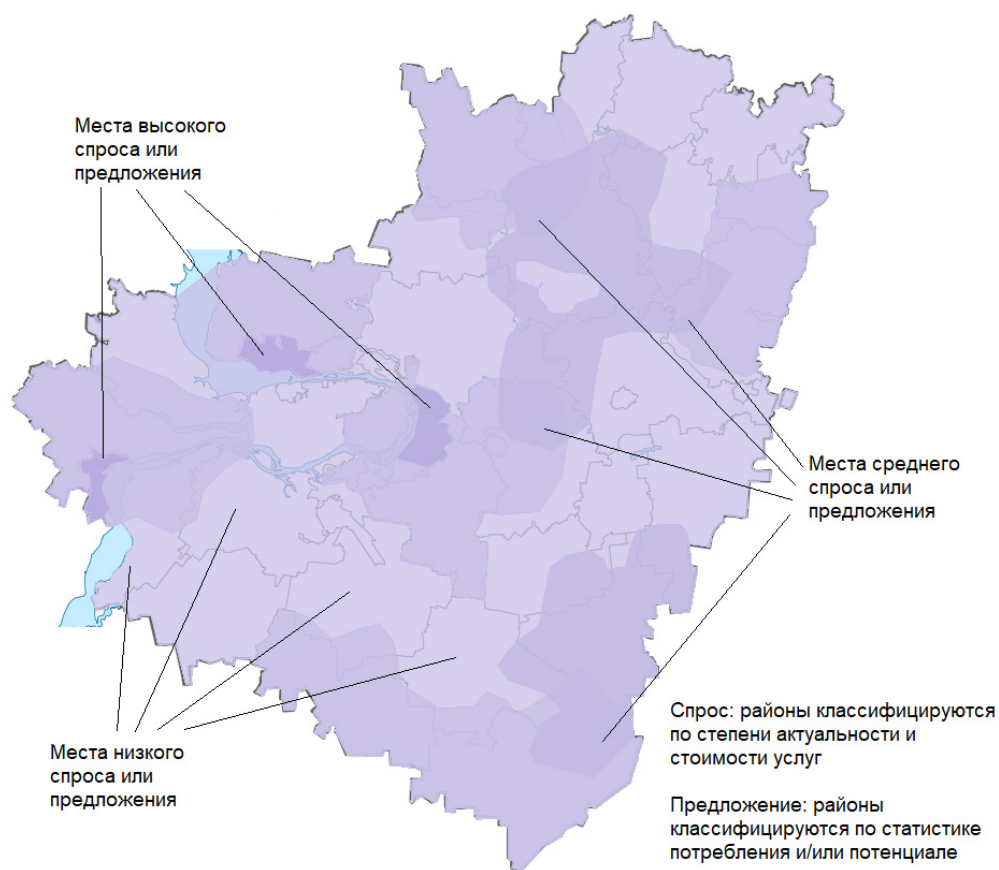


Рис. 4. Рельеф спроса или предложения на карте



Рис. 5. Мониторинг показателей развития

Карта в реализованной системе организована в виде многослойной модели, что позволяет накладывать друг на друга несколько слоев, содержащих разные объекты. Тем самым появляется возможность комбинировать и

отображать больше информации, необходимой пользователю, что значительно упрощает пространственный анализ объектов.

Чтобы провести более точный анализ, необходимо учитывать фактор времени. С его помощью будет удобнее выделить причинно-следственную связь, чтобы понять, как изменилась социально-экономическая ситуация в регионе, что позволит оценить риск ее ухудшения. В связи с этим используется ветвление временной шкалы для сравнения и моделирования развития ситуации с учетом нескольких вариантов. Временной анализ отображаемых на карте событий и значений социально-экономических показателей позволяет рассчитывать косвенные показатели, такие как напряженность ситуации, колебания информационного фона и т.п.

Предложенный метод был реализован и протестирован для сферы здравоохранения в 2021–2022 гг. с целью анализа динамики накопленной статистики по ключевому параметру роста заболеваемости, который является критичным в настоящее время. Исходные данные включают понедельную статистику заболеваемости коронавирусом в Самарской области, взятую из открытых источников сети Интернет (рис. 6).

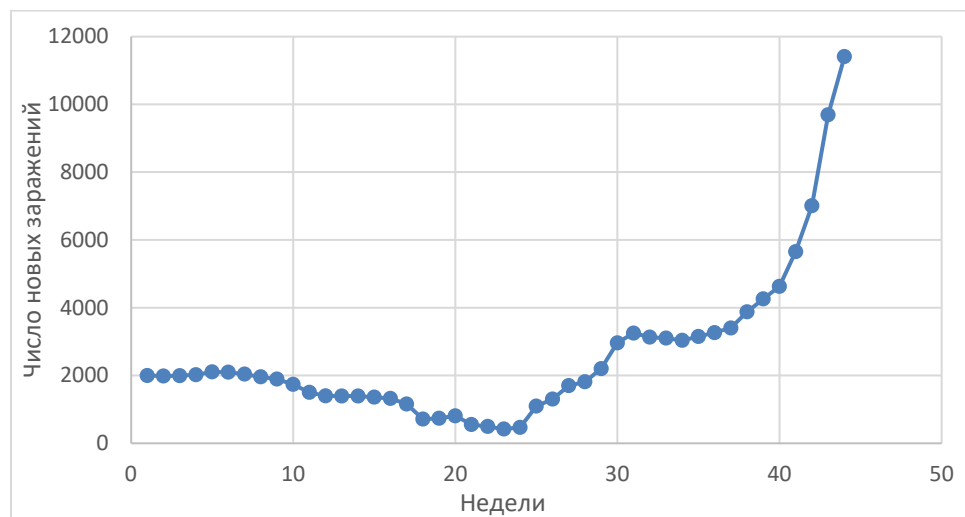


Рис. 6. Накопленная статистика по ключевому параметру роста заболеваемости

Этот показатель соответствует параметру «Количество новых заражений», который отслеживается Министерством здравоохранения региона в разрезе районов Самарской области. При этом возможно возникновение очага заболеваемости, который может привести к резкому увеличению значений рассматриваемого показателя. Минздрав должен оперативно отреагировать на этот скачок, чтобы стабилизировать ситуацию.

Фрагменты, описывающие основные закономерности критических зависимостей, были аппроксимированы линейными сплайнами, как показано на рис. 7. Полученные в результате функции аппроксимации позволили разработать прогнозы для положительных, отрицательных и ожидаемых ветвей временной шкалы (рис. 8).

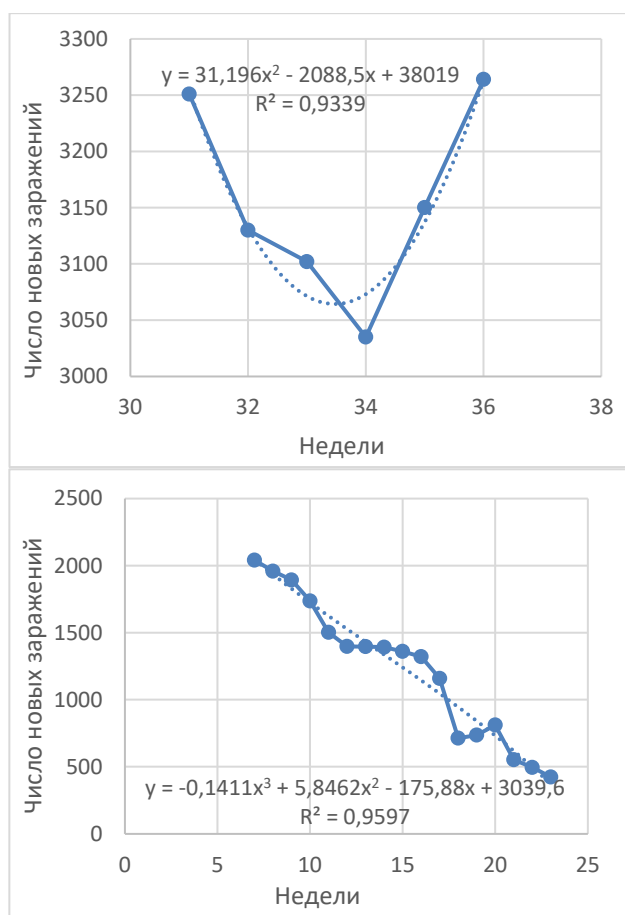


Рис. 7. Примеры аппроксимированных фрагментов

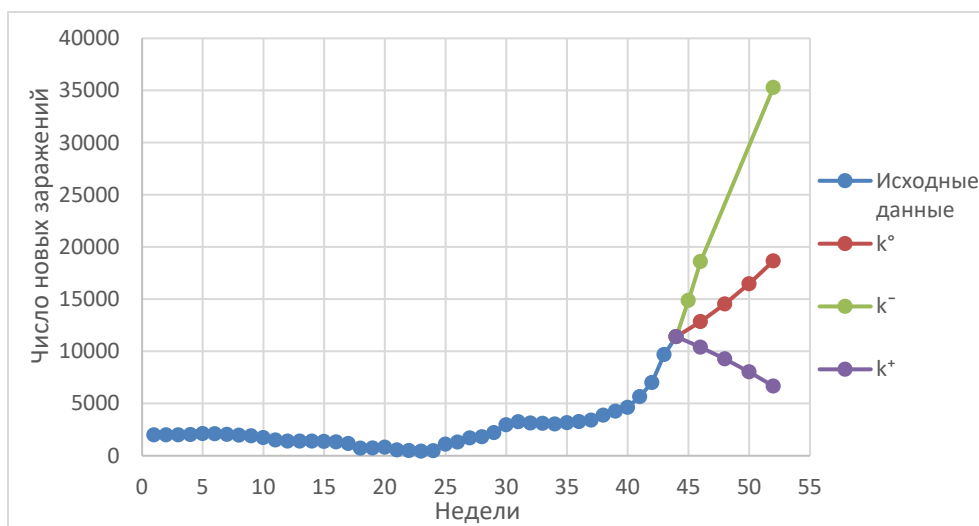


Рис. 8. Сгенерированные ветви временной шкалы с адаптивной дискретизацией

Как видно из полученного графика, пессимистическая оценка требует заблаговременного сбора и оценки дополнительной информации. Реалистичный сценарий оказывается ближе к пессимистичному, что показывает ухудшение ситуации, но подтверждает, что сбор исходных данных достаточен. Этот результат реализован в виде виджета в системе мониторинга для поддержки принятия решений и рекомендован администрации области.

Второй рассматриваемый пример касается показателя «Доступность медицинского обеспечения для больных COVID». На карте отображены COVID-госпитали Самарской области, что соответствует рельефу предложения медицинских услуг (рис. 9).

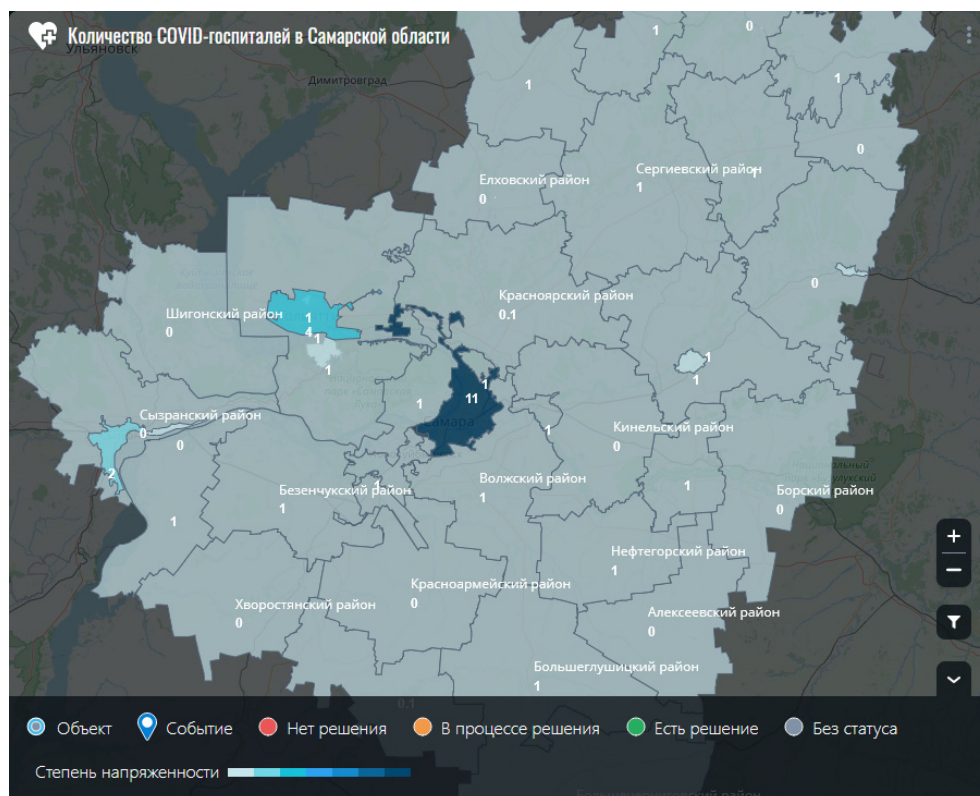


Рис. 9. Рельеф предложения медицинских услуг

На карте сформирован слой, представляющий рельеф спроса (рис. 10). Он зависит от численности проживающих в рассматриваемых районах жителей, вместимости медицинских организаций и количества заболевших.

Путем наложения рельефа спроса на рельеф предложения выявлены районы, где необходимо увеличить вместимость медицинских организаций или их количество (рис. 11). Если спрос намного выше предложения, то нужно предпринять действия по улучшению предложения и довольно часто следить за их исполнением. В свою очередь, районы, где спрос соответствует предложению, не представляют большого интереса, а значит, отслеживать ситуацию в них можно редко.

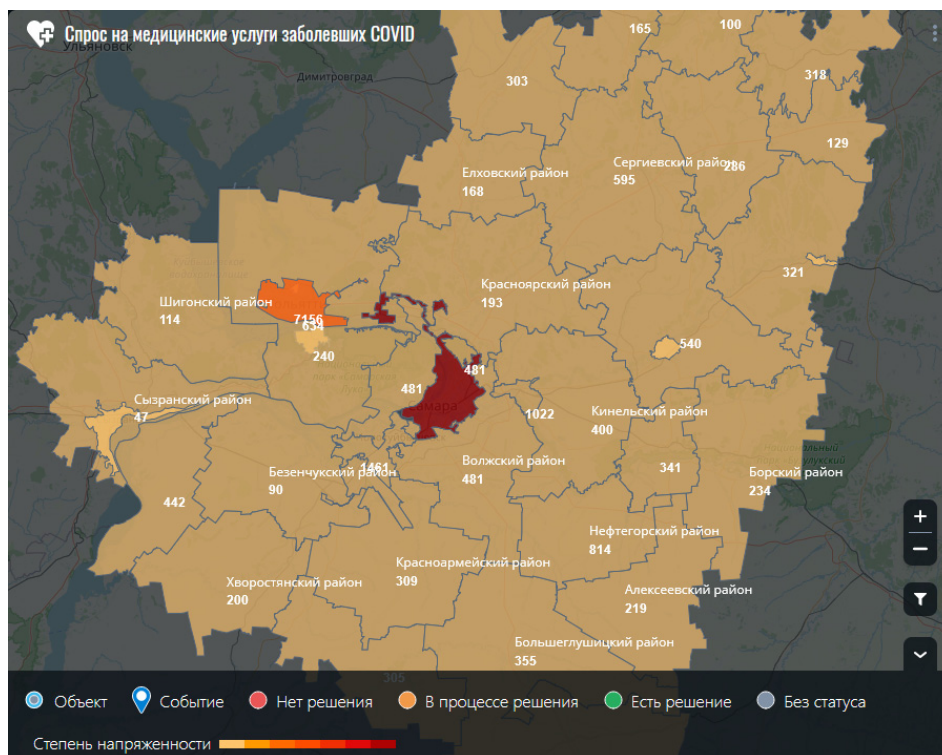


Рис. 10. Рельеф спроса медицинских услуг

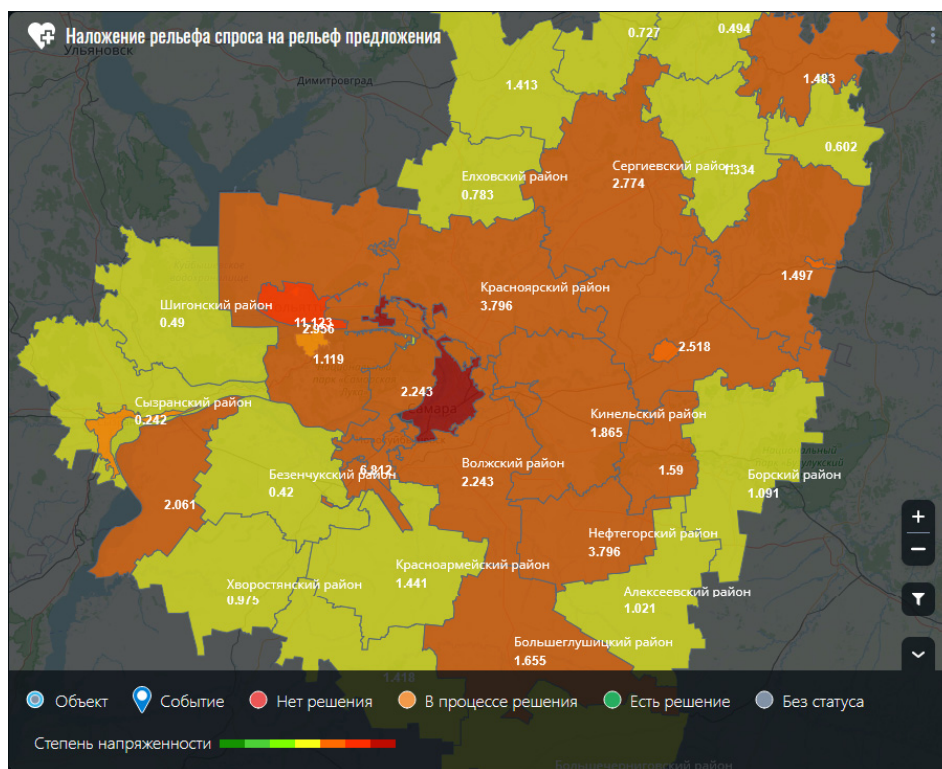


Рис. 11. Наложение рельефов

### **Заключение**

Предлагаемый метод ветвления временной шкалы с учетом многокритериального описания оценки социально-экономической обстановки позволяет наиболее удобно для восприятия пользователей исследовать возникающие проблемы. В свою очередь, использование ситуационной модели в сочетании со статистическим анализом неэквидистантных временных рядов помогает в прогнозировании ситуаций. Адаптивная аппроксимация позволяет идентифицировать критические сцены, которые являются важными элементами в планировании, так как затем могут быть использованы для улучшения процесса поддержки принятия решений.

### **Список литературы**

1. Козлов С. В. Перспективы внедрения интеллектуальных цифровых технологий в процессы управления // Цифровой регион: опыт, компетенции, проекты : сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. (г. Брянск, 30 ноября 2018 г.). Брянск : Брян. гос. инженерно-технол. ун-т., 2018. С. 236–240.
2. Digital Russia. New Reality. Digital McKinsey. 2017. 133 p. URL: <https://www.mckinsey.com/ru/our-work/mckinsey-digital> (дата обращения: 17.05.2023).
3. Filz M. A., Herrmann C., Thiede S. Simulation-based data analysis to support the planning of flexible manufacturing // 18 ASIM Fachtagung Simulation in Produktion und Logistik Conference. 2019. P. 413–422.
4. Grami A. Analysis and processing of random processes. 2019. doi: 10.1002/9781119300847.ch12
5. Михайлин И. В. Мониторинг как многофункциональный метод информационно-аналитической работы // Вестник Московского государственного лингвистического университета. Общественные науки. 2017. № 1. С. 144–155.
6. Ma S., Huai J. Approximate computation for big data analytics // ACM SIGWEB Newsletter. 2021. P. 18.
7. Прикладной анализ случайных процессов / под ред. С. А. Прохорова. Самара : СНЦ РАН, 2007. 582 с.
8. Ivaschenko A., Lednev A., Diyazitdinova A., Sitnikov P. Agent-based outsourcing solution for agency service management // Lecture Notes in Networks and Systems. 2018. Vol. 16. P. 204–215.
9. Ivaschenko A., Stolbova A., Golovnin O. Data market implementation to match retail customer buying versus social media activity // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2020. Vol. 1228. P. 363–372.
10. Sitnikov P., Dodonova E., Dokov E. [et al.]. Digital transformation of public service delivery processes in a smart city // Lecture Notes in Networks and Systems. 2021. Vol. 296. P. 332–343.
11. Рябенко Д. О. Ситуационный анализ в государственном и муниципальном управлении региона // Эффективное государственное и муниципальное управление как фактор социально-экономического развития территорий : сб. 2021. С. 148–150.
12. Харанен Л. М., Гусев А. В. Обзор BI-платформ для применения в проектах информатизации здравоохранения // Менеджер здравоохранения. 2015. № 10. С. 41–51.
13. Седойкина А. А. Аналитическая обработка данных. Обзор BI-платформ // Контентус. 2019. № S11. С. 96–102.
14. Srivastava G., Muneeswari S., Venkataraman R. [et al.]. A review of the state of the art in business intelligence software // Enterprise Information Systems. 2021. P. 128.
15. Головин В. Т., Уразко С. Е., Голева А. К. Тенденции развития системы ситуационных центров // Кластерные инициативы в формировании прогрессивной структуры национальной экономики и финансов. 2021. С. 53–57.

16. Hitachi-UTokyo Laboratory (H-UTokyo Lab.): Society 5.0. A People-centric Super-smart Society. 2020. 177 p.
17. Milenković M. J., Vukmirović A., Milenković D. Big data analytics in the health sector: challenges and potentials // *Management Journal of Sustainable Business and Management Solutions in Emerging Economies*. 2019. P. 23–31.
18. Синцева М. М., Кузьмин А. В., Дятлов Н. Е. Система моделирования процесса обслуживания пациентов в медицинских учреждениях для поддержки принятия управленческих решений // *Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе*. 2022. № 1. С. 94–104. doi: 10.21685/2227-8486-2022-1-10
19. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ № 2022668401. Цифровая платформа интегрального мониторинга / Головнин О. К., Додонова Е. А., Дубинина И. Н., Иващенко А. В., Кривошеев А. В., Крупин Д. Н., Ситников П. В., Сурнин О. Л. ; заявитель и патентообладатель ООО «Сириус-Самара» ; зарег. 06.10.2022.
20. Сурнин О. Л., Ситников П. В., Иващенко А. В. [и др.]. Применение цифровой платформы интегрального мониторинга как средства бизнес-аналитики социально-экономического развития региона // *Информационные технологии в управлении (ИТУ-2022) : сб. материалов конф. (5–6 октября 2022 г.)*. СПб. : СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2022. С. 158–161.

### References

1. Kozlov S.V. Prospects for the introduction of intelligent digital technologies into management processes. *Tsifrovoy region: opyt, kompetentsii, proekty: sb. st. Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (g. Bryansk, 30 noyabrya 2018 g.) = Digital region: experience, competencies, projects : collection of articles of the International scientific and practical conference (Bryansk, November 30, 2018)*. Bryansk: Bryan. gos. inzhenernotekhnol. un-t., 2018:236–240. (In Russ.)
2. *Digital Russia. New Reality. Digital McKinsey*. 2017:133. Available at: <https://www.mckinsey.com/ru/our-work/mckinsey-digital> (accessed 17.05.2023).
3. Filz M.A., Herrmann C., Thiede S. Simulation-based data analysis to support the planning of flexible manufacturing. *18 ASIM Fachtagung Simulation in Produktion und Logistik Conference*. 2019:413–422.
4. Grami A. *Analysis and processing of random processes*. 2019. doi: 10.1002/9781119300847.ch12
5. Mikhaylin I.V. Monitoring as a multifunctional method of information and analytical work. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo lingvisticheskogo universiteta. Obshchestvennye nauki = Bulletin of the Moscow State Linguistic University. Social sciences*. 2017;(1):144–155. (In Russ.)
6. Ma S., Huai J. Approximate computation for big data analytics. *ACM SIGWEB Newsletter*. 2021:18.
7. Prokhorov S.A. (ed.). *Prikladnoy analiz sluchaynykh protsessov = Applied analysis of random processes*. Samara: SNTs RAN, 2007:582. (In Russ.)
8. Ivaschenko A., Lednev A., Diyazitdinova A., Sitnikov P. Agent-based outsourcing solution for agency service management. *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2018;16:204–215.
9. Ivaschenko A., Stolbova A., Golovnin O. Data market implementation to match retail customer buying versus social media activity. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020;1228:363–372.
10. Sitnikov P., Dodonova E., Dokov E. et al. Digital transformation of public service delivery processes in a smart city. *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2021;296:332–343.

11. Ryabenko D.O. Situational analysis in state and municipal management of the region. *Effektivnoe gosudarstvennoe i munitsipal'noe upravlenie kak faktor sotsial'no-ekonomicheskogo razvitiya territoriy: sb. = Effective state and municipal management as a factor of socio-economic development of territories : collection.* 2021:148–150. (In Russ.)
12. Kharanen L.M., Gusev A.V. Review of BI-platforms for use in healthcare informatization projects. *Menedzher zdravookhraneniya = Health care manager.* 2015;(10):41–51. (In Russ.)
13. Sedoykina A.A. Analytical data processing. Review of BI-platforms. *Kontentus.* 2019;(S11):96–102. (In Russ.)
14. Srivastava G., Muneeswari S., Venkataraman R. et al. A review of the state of the art in business intelligence software. *Enterprise Information Systems.* 2021:128.
15. Golovin V.T., Urazko S.E., Goleva A.K. Trends in the development of a system of situational centers. *Klasternye initsiativy v formirovanii progressivnoy struktury natsional'noy ekonomiki i finansov = Cluster initiatives in the formation of a progressive structure of the national economy and finance.* 2021:53–57. (In Russ.)
16. Hitachi-UTokyo Laboratory (H-UTokyo Lab.): *Society 5.0. A People-centric Super-smart Society.* 2020:177.
17. Milenković M.J., Vukmirović A., Milenković D. Big data analytics in the health sector: challenges and potentials. *Management Journal of Sustainable Business and Management Solutions in Emerging Economies.* 2019:23–31.
18. Sintseva M.M., Kuz'min A.V., Dyatlov N.E. System of modeling the process of patient care in medical institutions to support managerial decision-making. *Modeli, sistemy, seti v ekonomike, tekhnike, prirode i obshchestve = Models, systems, networks in economics, technology, nature and society.* 2022;(1):94–104. (In Russ.). doi: 10.21685/2227-8486-2022-1-10
19. *Svidetel'stvo o registratsii programmy dlya EVM № 2022668401. Tsifrovaya platforma integral'nogo monitoringa = Certificate of registration of the computer program No. 2022668401. Digital integrated monitoring platform.* Golovnin O.K., Dodonova E.A., Dubinina I.N., Ivashchenko A.V., Krivosheev A.V., Krupin D.N., Sitnikov P.V., Surnin O.L.; applicant and patent holder of "Sirius-Samara" LLC; reg. 06.10.2022. (In Russ.)
20. Surnin O.L., Sitnikov P.V., Ivashchenko A.V. et al. Application of the digital integrated monitoring platform as a means of business analytics of socio-economic development of the region. *Informatsionnye tekhnologii v upravlenii (ITU-2022): sb. materialov konf. (5–6 oktyabrya 2022 g.) = Information technologies in management (ITU-2022) : collection of materials conf. (October 5–6, 2022).* Saint Petersburg: SPbGETU «LETI», 2022:158–161. (In Russ.)

### **Информация об авторах / Information about the authors**

**Евгения Александровна Додонова**

аналитик,  
ООО «Открытый код»  
(Россия, г. Самара,  
ул. Ульяновская, 52/55)  
E-mail: dodonova.evg@gmail.com

**Evgeniya A. Dodonova**

Analyst,  
Open Code LLC  
(52/55 Ulyanovskaya street,  
Samara, Russia)

**Ирина Николаевна Дубинина**

руководитель проектов,  
ООО «Открытый код»  
(Россия, г. Самара,  
ул. Ульяновская, 52/55)  
E-mail: vartaric@yandex.ru

**Irina N. Dubinina**

Project manager,  
Open Code LLC  
(52/55 Ulyanovskaya street,  
Samara, Russia)

**Олег Константинович Головнин**

кандидат технических наук, доцент,  
доцент кафедры информационных  
систем и технологий,  
Самарский национальный  
исследовательский университет  
имени академика С. П. Королева  
(Россия, г. Самара,  
ул. Московское шоссе, 34)  
E-mail: golovnin@bk.ru

**Oleg K. Golovnin**

Candidate of technical sciences,  
associate professor, associate professor  
of the sub-department of information  
systems and technologies,  
Samara National Research University  
(34 Moskovskoe highway, Samara, Russia)

**Антон Владимирович Иващенко**

доктор технических наук, профессор,  
директор Передовой медицинской  
инженерной школы,  
Самарский государственный  
медицинский университет Министерства  
здравоохранения Российской Федерации  
(Россия, г. Самара, ул. Чапаевская, 89)  
E-mail: anton.ivashenko@gmail.com

**Anton V. Ivashchenko**

Doctor of technical sciences, professor,  
director of the Higher School  
of Medical Engineering,  
Samara State Medical University  
of the Ministry of Healthcare  
of the Russian Federation  
(89 Chapaevskaya street, Samara, Russia)

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов /**  
**The authors declare no conflicts of interests.**

**Поступила в редакцию/Received 30.03.2023**

**Поступила после рецензирования/Revised 18.05.2023**

**Принята к публикации/Accepted 07.06.2023**