

## МЕХАНИЗМ УПРАВЛЕНИЯ СТРУКТУРОЙ МЕДИЦИНСКОГО УЧРЕЖДЕНИЯ КАК ОРГАНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМОЙ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ В УСЛОВИЯХ НЕСТАЦИОНАРНОГО ПОТОКА

*Р.А. Ларионова*, [r.larionova@mail.ru](mailto:r.larionova@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-4108-2762>  
*Д.Н. Кривоги́на*, [darya.krivogina@gmail.com](mailto:darya.krivogina@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0001-6453-3701>  
*В.А. Харито́нов*, [cems@pstu.ru](mailto:cems@pstu.ru), <https://orcid.org/0000-0002-9440-0528>

*Пермский национальный исследовательский политехнический университет,  
Пермь, Россия*

**Аннотация.** Рассматривается задача организации процесса перепрофилирования лечебно-профилактических учреждений посредством управления ресурсом коечного фонда на основе согласования интересов агентов при нестационарной динамике заболеваний, в частности коронавирусной инфекции. Актуальность задачи обусловлена необходимостью принятия эффективных управленческих решений при ограничении временного ресурса и невозможности применения ранее используемых подходов, в частности статистических данных о пиках заболеваемости. Решение возможно посредством предложенного механизма управления. **Целью работы** является разработка механизма управления составом и структурой организационной системы, позволяющего обеспечить рациональное поведение каналов с востребованным соотношением показателей эффективности и качества обслуживания. Данные мероприятия способствуют уменьшению очередей пациентов, сокращению количества неудовлетворенных обслуживанием пациентов за счет своевременного предоставления необходимого и достаточного количества коечного фонда. **Материалы и методы.** Предложено использование принципов открытого управления системами с активными элементами, метода имитационного моделирования для описания происходящих процессов загрузки отделений учреждения с известным периодом дискретности накопления заявок и процессом их обработки, а также механизма комплексного оценивания и обобщенных медианных механизмов согласования мнений агентов. Данный выбор обусловлен нестационарностью потока заявок на госпитализацию и необходимостью принятия управленческих решений в организационной системе при ограничении временного ресурса и коечного фонда. Данные методы позволяют агентам оперативно принимать решения и исключают факторы субъективизма. **Результаты.** Выполнено построение субъектно-ориентированной модели в отдельном подразделении с использованием программного продукта, представленного механизмами комплексного оценивания. Значение комплексной оценки отражает существенное влияние факторов при поиске рационального режима работы отделения и позволяет прогнозировать своевременно его смену. Модифицированная медианная схема позволяет оперативно согласовать истинные мнения агентов, а графоаналитический метод в данном вопросе делает процедуру нахождения согласованного решения наглядной и удобной. **Заключение.** Предложенный в работе механизм позволяет осуществлять эффективное управление составом и структурой организационной системы, тем самым улучшить работу медицинского учреждения при нестационарных процессах поступления заявок на госпитализацию.

**Ключевые слова:** организационная система, система массового обслуживания, лечебно-профилактическое учреждение, ресурс коечного фонда, имитационное моделирование, метод модифицированной медианы, субъектно-ориентированное управление

**Для цитирования:** Ларионова Р.А., Кривоги́на Д.Н., Харито́нов В.А. Механизм управления структурой медицинского учреждения как организационной системой массового обслуживания в условиях нестационарного потока // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2023. Т. 23, № 1. С. 100–114. DOI: 10.14529/ctcr230109

Original article  
DOI: 10.14529/ctcr230109

## METHODOLOGY FOR MANAGING THE STRUCTURE OF A MEDICAL INSTITUTION AS AN ORGANIZATIONAL SYSTEM OF QUEUE SERVICE UNDER CONDITIONS OF NON-STATIONARY FLOW

R.A. Larionova, [r.larionova@mail.ru](mailto:r.larionova@mail.ru), <https://orcid.org/0000-0003-4108-2762>

D.N. Krivogina, [darya.krivogina@gmail.com](mailto:darya.krivogina@gmail.com), <https://orcid.org/0000-0001-6453-3701>

V.A. Kharitonov, [cems@pstu.ru](mailto:cems@pstu.ru), <https://orcid.org/0000-0002-9440-0528>

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia

**Abstract.** The task of organizing the process of repurposing medical and preventive institutions by managing the bed resource on the basis of coordination of the interests of agents in the non-stationary dynamics of diseases, in particular coronavirus infection, is considered. The relevance of the task is due to the need to make effective management decisions when limiting the temporary resource and the impossibility of using previously used approaches, in particular statistical data on incidence peaks. The solution is possible through the proposed control mechanism. **Aim.** The purpose of the work is to develop a mechanism for managing the composition and structure of the organizational system, which allows ensuring the rational behavior of channels with a demanded ratio of performance indicators and quality of service. These measures help to reduce patient queues, reduce the number of unmet patients by providing the necessary and sufficient bed capacity in a timely manner. **Materials and methods.** It is proposed to use principles of open management of systems with active elements, method of simulation modeling to describe processes of loading of departments of institution with known period of discrete accumulation of applications and process of their processing, as well as mechanism of complex evaluation and generalized median mechanisms of coordination of opinions of agents. This choice is due to the unsteady flow of applications for hospitalization and the need to make management decisions in the organizational system when limiting the temporary resource and bed capacity. These methods will allow agents to quickly make decisions and exclude factors of subjectivism. **Results.** A subject-oriented model was built in a separate unit using a software product represented by complex evaluation mechanisms. The importance of a comprehensive assessment reflects the significant influence of factors in the search for a rational mode of operation of the department and makes it possible to predict its timely change. The modified median scheme allows you to quickly agree on the true opinions of agents, and the graphoanalytical method in this matter makes the procedure for finding a coordinated solution visual and convenient. **Conclusion.** The mechanism proposed in the work allows effective management of the composition and structure of the organizational system, thereby improving the work of the medical institution in case of non-stationary processes of receipt of applications for hospitalization.

**Keywords:** organizational system, mass service system, medical and preventive institution, bed fund resource, simulation modeling, modified median method, subject-oriented management

**For citation:** Larionova R.A., Krivogina D.N., Kharitonov V.A. Methodology for managing the structure of a medical institution as an organizational system of queue service under conditions of non-stationary flow. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics*. 2023;23(1):100–114. (In Russ.) DOI: 10.14529/ctcr230109

### Введение

Динамика ряда заболеваний, в частности коронавирусной инфекции, меняется хаотично и не поддаётся прогнозу [1]. Это обстоятельство приводит к нехватке ресурса коечного фонда лечебно-профилактического учреждения (далее ЛПУ) [2]. Возникает задача организации своевременного предоставления мест в стационаре для нуждающихся в госпитализации пациентов, требующая организации мероприятий по формированию дополнительного коечного фонда. Решение задачи возможно посредством строительства новых медицинских корпусов или перепрофилирования существующих отделений ЛПУ и/или их уплотнения [3, 4]. При этом новое строительство дополнительных медицинских корпусов не всегда оправдано ввиду высокой цены

строительства, ограничения временных сроков на строительство и на ввод в эксплуатацию объектов, а также риском дальнейшей оптимизации данных объектов в случае снижения уровня заболеваемости.

Процесс перепрофилирования производится в случае необходимости значительного увеличения мощности коечного фонда. При этом определить необходимое и достаточное количество дополнительных мест невозможно, опираясь только на статистические данные по предыдущим пикам заболеваемости ввиду их хаотичности [4]. Одним из существенных недостатков перераспределения ресурса коечного фонда, выделенного ранее на другие профили заболеваемости, является увеличение числа жалоб по несвоевременному оказанию медицинской помощи. Также уплотнение коечного фонда всегда сопряжено со снижением качества оказываемых услуг. В соответствии с вышеизложенным, можно сделать вывод о том, что процесс перераспределения коечного фонда при нестационарном потоке заявок на госпитализацию в период пиков заболеваемости требует оптимизации.

Исследованием организационных систем занимались такие ученые, как В.Н. Бурков, Д.А. Новиков, А.Г. Чхартишвили, А.К. Еналеев, Н.А. Коргин и т. д. [5]. Авторами был предложен принцип открытого управления системами с активными элементами [5]. Предложенные методы были применимы к задачам управления в социальной и экономической сферах, включая область здравоохранения. Однако применение методов теории организационных систем ЛПУ для решения проблем предоставления ресурсов в условиях нестационарного потока заявок на госпитализацию не было рассмотрено.

Вопросами управления системами массового обслуживания (далее СМО) в ЛПУ с позиции управления процессом ожидания приема (очередью) занимались Л.Р. Газизова, Ф.Ф. Галимулина [6], Б.В. Гнеденко [7], W.C. Kyoung, M.K. Seong, M.C. Young, U.S. Yong [8], однако вопросы управления СМО при нестационарных потоках заявок на госпитализацию не были раскрыты.

Вопросами принятия решений на основе учета человеческого фактора занимались В.Н. Бурков, Д.А. Новиков, Н.А. Коргин и т. д. [7]. Вопросы преодоления негативных последствий субъективизма были раскрыты в работах В.А. Харитоновой, А.О. Алексеевой, Д.Н. Кривогиной [9–13] посредством разработки применения методов субъектно-ориентированного управления (далее СОУ). Однако вопросы принятия решений при использовании подходов перепрофилирования и уплотнения отделений в ЛПУ не были исследованы.

Механизмы согласования предпочтений с применением метода обобщенной медианной схемы изучались В.Н. Бурковым, М.Б. Исаковым, Н.А. Коргиным, Д.А. Новиковым, А.О. Алексеевым, Т.А. Катаевой и др. [14–18]. Данный механизм приводит к согласованному решению с преимуществом «верхней» или «нижней» коалиции. Для обеспечения «справедливого» решения целесообразно провести корректировку существующего механизма. Это позволит обеспечить преимущественное формирование «справедливого» решения внутри естественного интервала решений между коалициями, даже если такое решение не будет совпадать ни с одним из высказываний экспертов [18]. С этой целью в работе предложено применение метода модифицированной медианы в вопросах согласования мнений при управлении ЛПУ в задачах их перепрофилирования и уплотнения.

Выполнение исследований с применением методов СОУ сопряжено с имитационным моделированием, позволяющим с достаточной точностью «проигрывать во времени» процессы загрузки ЛПУ при отсутствии аналитической модели объекта исследования. Преимуществом применения имитационного моделирования в данном вопросе является возможность логико-математического описания функционирования ЛПУ. Дальнейшее исследование на моделях оправдано получением необходимой информации, используемой для управления структурой и составом ЛПУ. Построение имитационных моделей позволит спрогнозировать моменты перехода системы из одного режима в другой.

На основе вышесказанного можно сделать вывод, что управление распределением коечного фонда ЛПУ целесообразно осуществлять на основе предложенной методологии, в основе которой лежит построение имитационных моделей загруженности ЛПУ при нестационарном потоке заявок на госпитализацию, а также методов СОУ. При этом предлагается медицинские учреждения рассматривать как организационную систему массового обслуживания [19, 20].

### 1. Лечебно-профилактическое учреждение как организационная система массового обслуживания

Исследуемая в работе СМО демонстрирует процесс управления коечным фондом стационара ЛПУ (рис. 1).

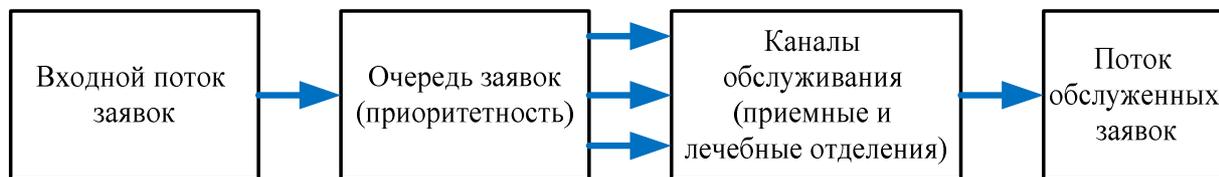


Рис. 1. Процесс массового обслуживания в лечебно-профилактическом учреждении  
Fig. 1. The process of mass service in a medical and preventive institution

ЛПУ является организационной системой, которая представлена объединением людей различных профессий и функционирует на основе определенных процедур и правил. Поэтому процесс управления необходимо осуществлять как в отношении персонала организации, так и ее структуры. На рис. 2 представим ЛПУ в соответствии с положениями теории управления организационными системами.

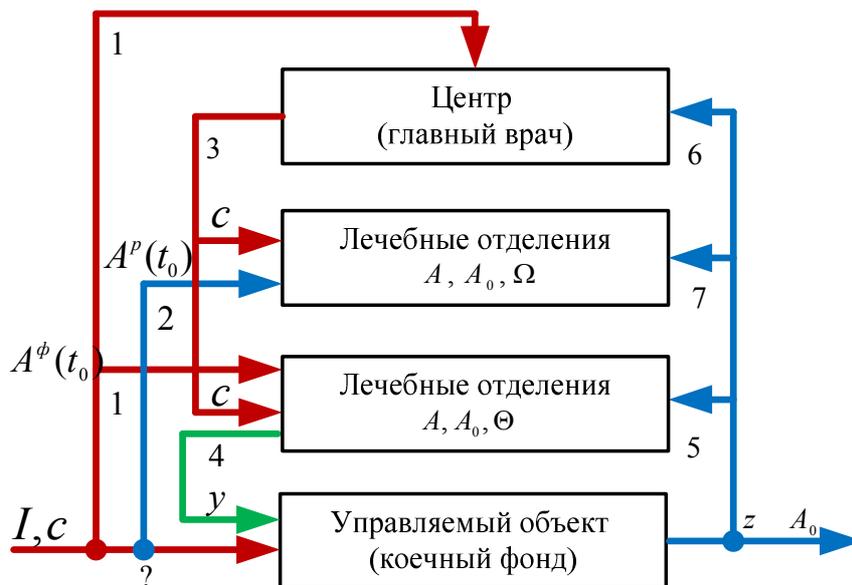


Рис. 2. Структура организационной системы лечебно-профилактического учреждения  
Fig. 2. Structure of the organizational system of the medical and preventive institution

На первоначальном этапе в систему поступает внешняя информация ( $I$ ) и управляющее воздействие ( $c$ ), на выходе – выбранный вариант управления коечным фондом ( $U$ ). Информация по нагрузке на СМО ЛПУ отправляется в центр (главному врачу) и в приемное отделение. Система будет описываться следующими параметрами:

$A_i^p(t_0)$  – ресурс коечного фонда, который выделяется согласно федеральным нормативам на ЛПУ;

$A^\phi(t_0)$  – фактическая нагрузка на ЛПУ, которая может существенно отличаться от предполагаемой загрузки коечного фонда в результате влияния нестационарных процессов;

$c$  – управляющее воздействие на систему центра (1), которое основывается на ситуации заболеваемости:

$$c = C_A \times C_{A_0} \times C_{U_i^\phi(t_0)}, \quad (1)$$

$C_A$  – множество действий центра, из которых происходит выбор действий отделений;  $C_{A_0}$  – множество действий центра, оказывающих влияние на целевую функцию отделений;  $C_{U_i^{\phi}(t_0)}$  – множество действия центра по управлению ЛПУ, исходя из фактической нагрузки;

$y$  – возможные варианты действий агента (подразделений) по управлению коечным фондом ЛПУ, представленные в форме предикатов [21]. Их выбор обоснован загруженностью ЛПУ и нестабильностью поступления заявок на госпитализацию;

$U$  – множество управляющих воздействий центра в период возросшей нагрузки на коечный фонд ЛПУ в условиях нестационарного потока заявок  $\Omega$ ;

$U_0$  – множество вариантов управления агентами, приемным и лечебными отделениями, которые будут реализованы в ЛПУ при управлении коечным фондом;

$\Theta$  – множество возможных условий по управлению коечным фондом, к которым необходимо быть готовым организационной системе в результате влияния нестационарных условий;

$z$  – полученное решение в результате управляющего воздействия  $y$ ,  $z \in U_0$ .

Тогда управление коечным фондом ЛПУ, опираясь на критерий эффективности системы, можно представить следующим образом:

$$K(c, y) = \max_{c \in C} f(c, y),$$

$K$  – критерий эффективности системы,  $c \in C$  – управление центра,  $y$  – выбор возможных действий агента в нестационарных условиях, когда существуют некоторые ограничения на увеличение коечного фонда. Таким образом, необходимо найти такое управление, эффективность которого будет максимальна для изучаемой СМО.

Как показывает практика, управление СМО ЛПУ осуществляется в большей степени неэффективно. Были очереди по обслуживанию пациентов и нехватка коечного фонда. Для решения данных проблем предлагается использование имитационного моделирования для описания происходящих процессов загрузки во времени при существовании нестационарных процессов. При разработке имитационной модели, описывающей процесс загрузки ЛПУ, будем ориентироваться на входной поток пациентов и их выписку (в том числе и убыль).

Управленческие решения основываются на результатах текущих событий и осуществляются раз в сутки. Применим также динамическое планирование, подразумевающее множество шагов (этапов действий). Пусть на текущий момент времени  $t_i$  в подразделении сложилось состояние  $A^3(t_i)$  в результате выписки больных (в том числе и убыль)  $\Delta A_{-}^3(t_i)$  и приема больных  $\Delta A_{+}^3(t_i)$ , тогда загруженность подразделения (канала обслуживания) будет вычисляться по следующей формуле

$$\sum A^3(t_0) = \Delta A_{-}^3(t_0) - \Delta A_{+}^3(t_0). \quad (2)$$

Динамика может быть как положительная, так и отрицательная.

На рис. 3 и 4. отобразим процесс моделирования загруженности ЛПУ. По оси абсцисс будем откладывать уровень загрузки (коечный фонд)  $A^3$  подразделений, а по оси  $y$  – время ( $t$ ) [21]. Характерные точки изменения определяются руководством ЛПУ, исходя из федеральных требований нормирования по максимальной и минимальной загруженности отделений ЛПУ стационарной помощью, когда ЛПУ способно функционировать без риска. Стоит отметить, что данные характерные точки подлежат согласованию между центром и заведующими отделениями.

Переход из одного состояния в другое происходит в результате изменения уровня загруженности отделения во времени. Мониторинг данных происходит ежедневно, исходя из уровня заболеваемости.

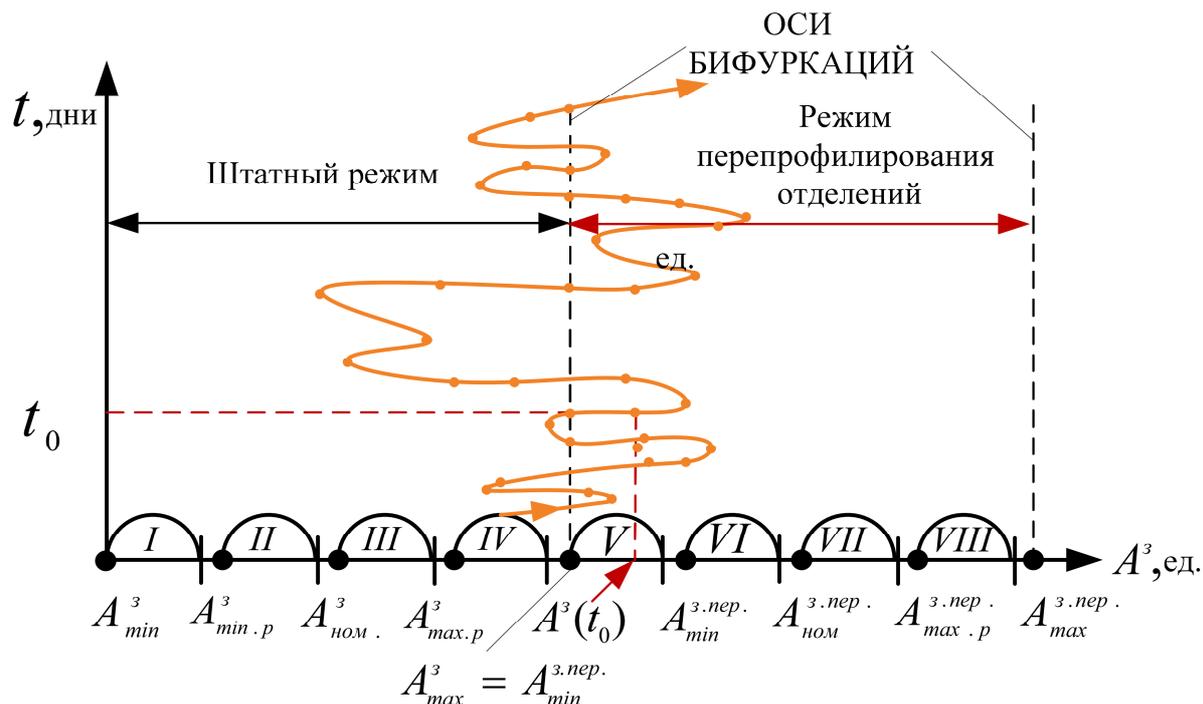


Рис. 3. Модель работы отделений в штатном режиме и в режиме перепрофилирования  
Fig. 3. Model of departments operation in normal mode and in re-profiling mode

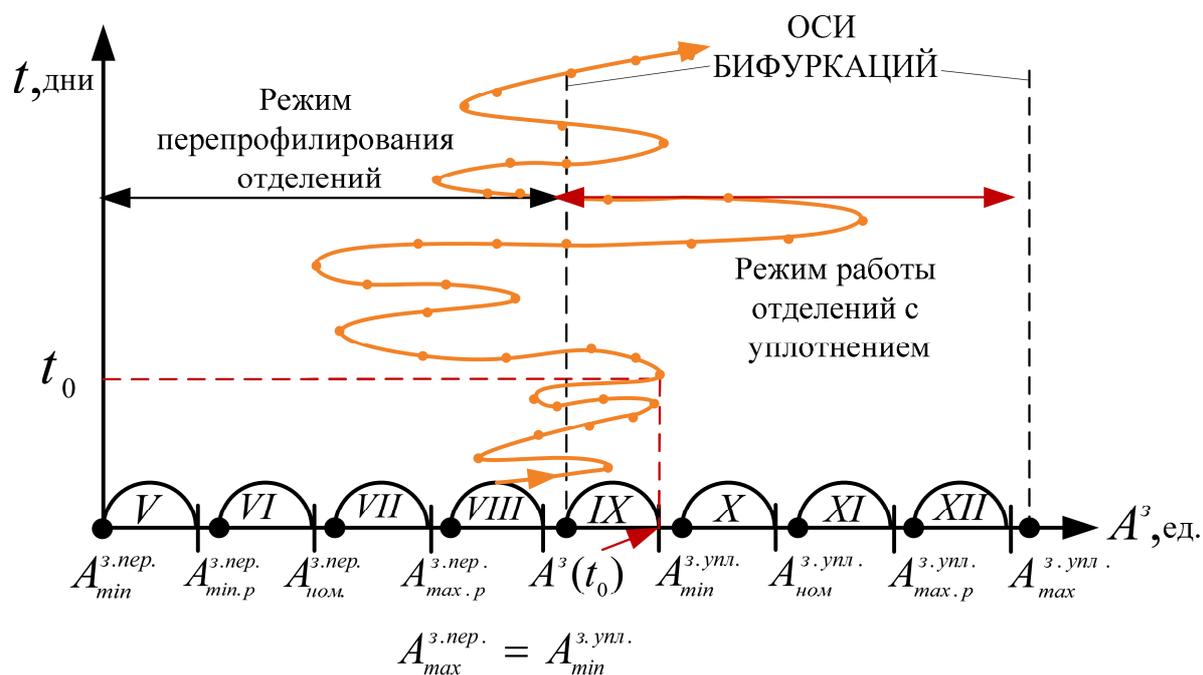


Рис. 4. Модель работы отделений в режиме перепрофилирования и уплотнения отделений  
Fig. 4. Model of operation of compartments in the mode of repurposing and compaction of compartments

## 2. Варианты управления поведением системы массового обслуживания в зависимости от интенсивности нагрузки системы

Представим на рис. 5 процесс перехода системы из одного состояния в другое в результате изменения нестационарного потока заявок.

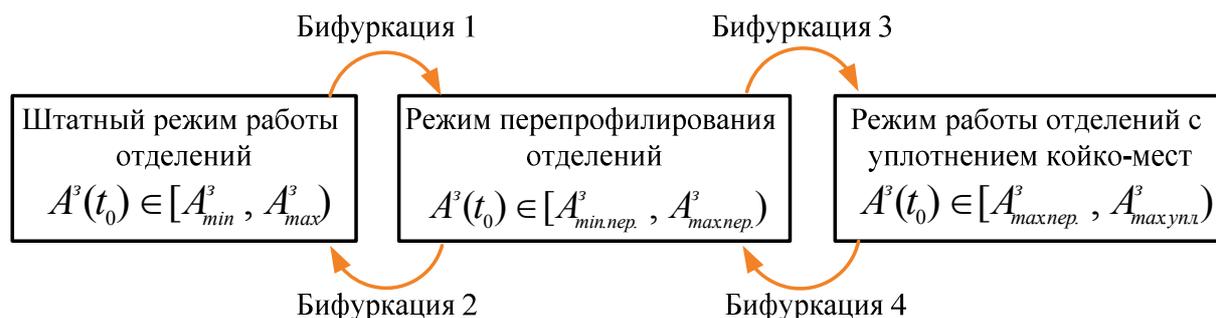


Рис. 5. Переход в разные состояния в результате изменения интенсивности нагрузки  
Fig. 5. Transition to different states as a result of changing load intensity

Выделим такую характеристику системы, как интенсивность нагрузки, которая показывает степень согласования входного и выходного потоков заявок, а также является индикатором устойчивости системы. Переходы из одного состояния системы массового обслуживания в другое осуществляются при изменении интенсивности нагрузки в течение одной недели. Интенсивность нагрузки ( $w$ ) отделения будем вычислять как отношение фактической загрузки ( $A^\phi$ ) отделения к рекомендованному максимальному значению загрузки (отделения) ( $A^{max.рек}$ ):

$$w = \sum_{n=1}^n \frac{A^\phi}{A^{max.рек}}. \quad (3)$$

В случаях снижения коэффициента интенсивности нагрузки возможны и обратные переходы. При этом переход для установления смены режима возможен с некоторым запозданием (до недели) в случае выполнения условий интенсивности нагрузки.

Правило изменения структуры системы массового обслуживания должно быть согласовано между каналами обслуживания (подразделениями) и главным врачом (центром). Отделения сообщают центру о ежедневном состоянии загруженности и состоянии резерва коечного фонда. Решение данных вопросов должно осуществляться с помощью системы поддержки принятых решений агентов ( $y$ ), так как носит многофакторный и многокритериальный характер. Принятые решения могут быть представлены формализованными предикатам (суждениям) [21].

### 3. Модель комплексного оценивания канала (отделения) в медицинском учреждении

Для управления состоянием СМО построим модель управления в отдельном подразделении (канале), заложив характеристики, из которых складывается работоспособность лечебного отделения. В качестве существенных характеристик выделим следующие:  $A^3$  – уровень загруженности отделения,  $c^q$  – количество жалоб на входе (ожидающих в очереди) и  $c^h$  – количество жалоб от лиц, получающих лечение в ЛПУ (в связи с уплотнением). Данные показатели являются прямым указанием для смены режима работы медицинского учреждения, а значит, должны учитываться комплексно. Построим модель комплексного оценивания на основе программного комплекса «Декон», в основе которого лежит метод иерархической линейной свертки, отличающегося возможностью установления отношения строгого порядка на множестве альтернатив и их характеристик в соответствии со степенью важности каждой [22–24].

Построим функцию приведения (рис. 6) для характеристики  $A^3$  – уровень загруженности отделения по точкам в период интенсивности потока заявок на госпитализацию. Максимальная загруженность одного отделения типового ЛПУ составляет 80 коек (на стационар). Оценка 1 – отделение загружено «неудовлетворительно», что соответствует минимальной загрузке отделения, 20 занятых коек. Оценка 2 – «удовлетворительно» – будет соответствовать рекомендованному номинальному значению – занято 35 коек. Оценка 3 – «хорошо» – будет выставляться в том случае, если количество коек будет близко к максимально рекомендованному и будет установлено на уровне 55. Оценка 4 – «отлично» – соответствует, когда занято 80 коек отделения.

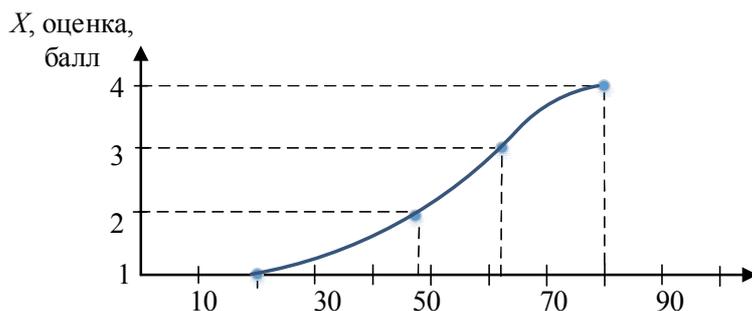


Рис. 6. Функция приведения для характеристики «уровень загруженности отделения»  
Fig. 6. Cast function for “compartment load level” characteristic

Функцию приведения для характеристики  $c^d$  – «Количество жалоб на входе» также будем строить по точкам. Оценке «отлично» – в очереди 1 пациент. Оценка «хорошо» соответствует, когда количество пациентов 12. Оценка «удовлетворительно» соответствует 20 жалобам от пациентов. Оценка «неудовлетворительно» соответствует 30 жалобам.

Функцию приведения для характеристики  $c^h$  – «Количество жалоб в стационаре», связанных с увеличением коечного фонда», также будем строить по точкам. Оценке «отлично» будет советовать количество жалоб, равных 10. Оценка 3 – «хорошо» – соответствует, когда количество жалоб от пациентов 27. Оценка «удовлетворительно» соответствует 55 жалобам от пациентов. Оценка «неудовлетворительно» соответствует 70 жалобам.

Комплексная оценка одного канала представляет собой линейную свертку трех заданных характеристик. Перед вычислением комплексной оценки целесообразно расставлять важности выбранных критериев: «Уровень загрузки отделения» – 100 %, «Количество жалоб на входе в стационар» – 100 %, «Количество жалоб в стационаре, связанных с увеличением коечного фонда» – 70 %. При данных значениях важности критериев взвешенные коэффициенты будут соответствовать значениям  $10/27$ ,  $10/27$  и  $7/27$ .

Данные важности подлежат согласованию, описанному далее в статье.

В зависимости от значений характеристик и проставленных степеней и важностей будет вычисляться комплексная оценка (рис. 7).

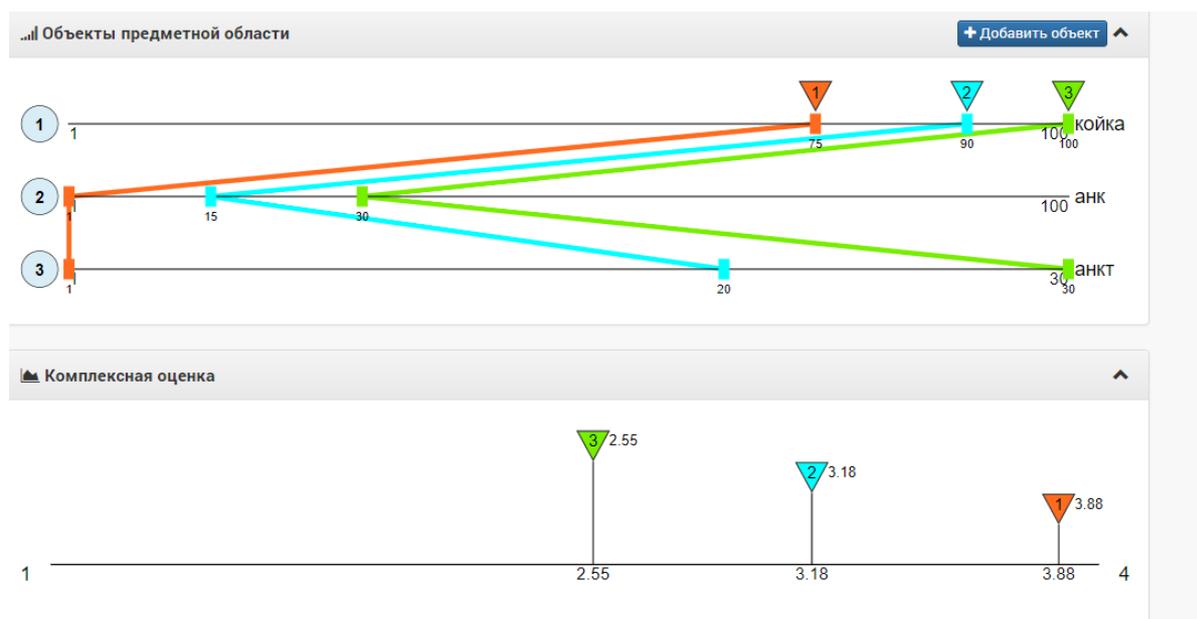


Рис. 7. Процедура определения комплексной оценки одного канала в зависимости от изменения заданных характеристик  
Fig. 7. Procedure for determining the integrated assessment of one channel depending on the change in the specified characteristics

Комплексные оценки одного канала в зависимости от изменения заданных характеристик при помощи механизма комплексного оценивания «Декон» представлены в табл. 1.

Данные имитационной модели работы отделения  
Data of the simulation model of the department work

Таблица 1  
Table 1

Характеристики	Время работы ЛПУ, недели		
	1	2	3
Уровень загруженности отделения $A^3$ , койко-мест (шт.)	75	90	100
Количество жалоб на входе $c^q$ , анкет	0	20	40
Количество жалоб в стационаре $c^h$ , анкет	0	15	30
Комплексная оценка $\hat{A}$	3,88	3,18	2,55

Комплексная оценка состояния ЛПУ будет находиться следующим образом:

$$\hat{A} = \sum_{i=1}^n k_i + k_q c_i^q + k_c c_i^h,$$

где  $k_i + k_q + k_c = 1$ ;  $n$  – количество отделений.

Таким образом, значение комплексной оценки позволит оценивать эффективность работы инфекционного отделения ЛПУ во времени, с точки зрения эффективности хозяйственной деятельности и принятия дальнейших оперативных решений на институциональном уровне.

#### 4. Вопросы практического применения метода модифицированной медианы для согласования высказываний различных групп экспертов

Вопросы согласования поднимаются при несовпадающих мнениях агентов в случае проведения опроса и дальнейшей обработки результатов. В качестве механизма обработки экспертных оценок предлагается использование модифицированной медианы для согласованных оценок [23].

Вопросы согласования предпочтений с применением метода модифицированной медианы были изучены при несовпадающих инвестиционных решениях в отношении объектов культурного значения [23] и в социально-экономических системах при несовпадающих интересах при управлении многоквартирным домом [24]. Расширим понимание вопроса в использовании данного метода при управлении ЛПУ, когда процессы загрузки отделений нестационарные.

В предложенной модифицированной процедуре медианной схемы, способствующей принятию согласованных инвестиционных решений при управлении объектами культурного наследия, процедура нахождения однозначного согласованного решения применяется в случае несовпадения интересов агентов при построении сертификата функции приведения (далее ФП) к стандартной шкале комплексного оценивания [1, 4], где 1 – «неудовлетворительно», 2 – «удовлетворительно», 3 – «хорошо», 4 – «отлично». Суть данного метода в том, что согласованное решение лежит вне области правой и левой коалиции, а устанавливается с помощью пересечения специальной функции  $W_i$  и  $f(i+1)$  высказываний экспертов (непрерывная функция, в которой значения экспертов проранжированы и участвует мнение виртуального эксперта с нецелочисленным номером). На рис. 8 представлена графическая схема определения согласованного решения методом модифицированной медианы.

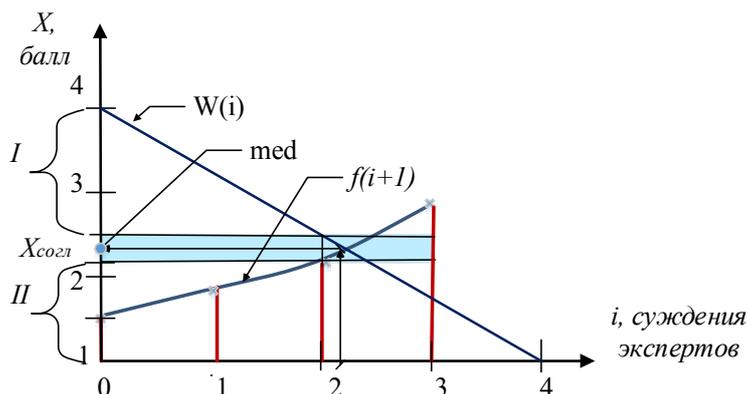


Рис. 8. Графическая схема определения согласованного решения методом модифицированной медианы  
Fig. 8. Modified median consensus diagram

Авторами ранее была рассмотрена возможность применения данного метода в отношении взвешенных коэффициентов линейной свертки при управлении сложными объектами на примере ЛПУ [21]. В представленной работе предлагается расширить данное применение механизма модифицированной медианы в организационных СМО для следующих случаев:

1) согласования точек сезонного колебания значений сертификата ФП при нестационарном потоке заявок пациентов такими экспертами, как главный врач, старшая медсестра и заведующими лечебными отделениями;

2) согласования коэффициентов важности в моделях комплексного оценивания с целью коррекции взвешенных коэффициентов, влияющих на комплексную оценку и др.

Проиллюстрируем (рис. 9) согласование точек сезонного колебания заявок на госпитализацию ФП, описывающее загрузку учреждения (1 случай).

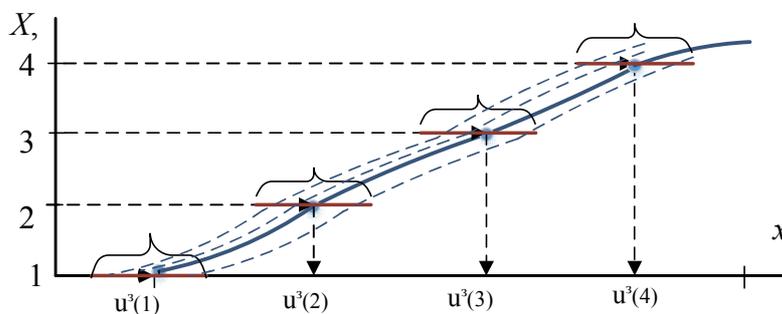


Рис. 9. Процесс согласования по сертификату функции приведения  
Fig. 9. Certificate Approval Process of the Cast Function

Также необходимо согласование сертификата ФП в особых точках. Стоит отметить, что при использовании данного метода устанавливается конкретное согласованное значение, а не диапазон значений. Отметим, что при работе данной процедуры получаются две коалиции, одна из которых имеет тенденции к завышению оценок, а другие – к занижению. Причем процедура нахождения модифицированной медианы требует нахождения согласованного решения вне области I и II коалиции. Это отличие означает, что требуется установление такого (нового) решения, которое будет устраивать I и II коалицию.

Рассмотрим случай согласования коэффициентов важности.

При вычислении комплексной оценки с целью определения состояния отделений и дальнейших управляющих воздействий стоит обратить особое внимание на ранжирование и согласование коэффициентов важности. В нашем случае их три: коэффициент  $k_t$  – показывает важность уровня загрузки в комплексной оценке канала,  $k_q$  – важность жалоб пациентов, ожидающих в очереди,  $k_c$  – важность жалоб пациентов, находящихся в стационаре, получающих лечение

(в том числе недовольство из-за уплотненности). Коэффициенты важности позволят управлять значением комплексной оценки, что становится актуальным при управляющем воздействии на систему и коэффициенты важности подлежат в этом случае пересмотру и согласованию экспертами. Предлагается согласовывать данные коэффициенты важности при смене режима отделений. Следует отметить, что согласовывать их необходимо одновременно:  $k_i, k_q, k_c$ , так как при изменении одного коэффициента происходит изменение степеней важности остальных. Это обосновывается формулой веса (коэффициентов важности *к. в.*):

$$\bar{k}_i = \frac{к.в.(k_i)}{(k_i + k_q + k_c)},$$

где  $k_i + k_q + k_c = 1$  – по правилу нормирования.

Предлагается методом модифицированной медианы согласовывать данные коэффициенты важности, используя графоаналитический метод. В табл. 2 представлены результаты опроса экспертов, среди которых Эксперт 1 – главный врач, Эксперт 2 – заведующий лечебным отделением 1, Эксперт 3 – заведующий лечебным отделением 2, Эксперт 4 – заведующий лечебным отделением 3, Эксперт 5 – заведующий лечебным отделением 4, Эксперт 6 – заведующий инфекционным отделением 5, Эксперт 7 – старшая медсестра.

В табл. 2 представим данные, подлежащие согласованию методом модифицированной медианы, и согласованные значения коэффициентов важности.

Данные для согласования методом модифицированной медианы

Таблица 2

Table 2

Data for matching by the modified median method

Коэффициенты	Субъективная оценка ситуации экспертами							Согласованные важности $v_i, согл$	Согласованные коэффициенты $\bar{k}_i согл$
	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Эксперт 4	Эксперт 5	Эксперт 6	Эксперт 7		
$k_i$	100	90	95	87	90	100	100	88	0,36
$k_q$	100	100	80	85	95	100	70	82	0,34
$k_c$	100	100	80	90	70	100	70	74	0,3

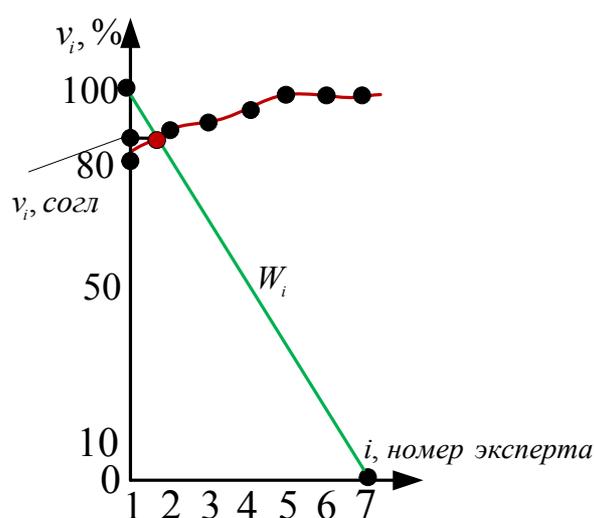


Рис. 10. Пример согласования методом модифицированной медианы коэффициента важности  $v_i, согл$

Fig. 10. Example of modified median importance factor matching  $v_i, согл$

На рис. 10 представим графически процесс согласования интересов.

Следующим шагом является установление согласованных коэффициентов важности ( $k_i согл$ ) с использованием программного продукта комплексного оценивания «Декон»:

$$k_i + k_q + k_c = 1, k_i = 0,34; k_q = 0,36; k_c = 0,3.$$

Таким образом, изучено практическое применение метода модифицированной медианы в вопросах управления ЛПУ. Стоит отметить, что принимаемые решения, получаемые методом модифицированной медианы, являются компромиссными для обеих коалиций. Преимущество применения графоаналитического метода в данном вопросе делает процедуру нахождения согласованного решения наглядной и удобной.

### Заключение

В данной работе ЛПУ рассмотрено с позиции теории организационных систем. Предложена возможность управления поведением СМО с целью алгоритмизации происходящих процессов и выделения ресурса коечного фонда по принципу необходимости и достаточности. Использование методов имитационного моделирования позволяет обеспечить своевременный переход в нужное состояние системы посредством регулирования коэффициентов интенсивности нагрузки. В статье предложено использование комплексного оценивания отделения ЛПУ для обоснования эффективного решения. Предложено согласовывать точки сезонного колебания (в сертификатах ФП) и коэффициенты важности в моделях комплексного оценивания (с целями коррекции взвешенных коэффициентов), опираясь на метод модифицированной медианы. Можно заключить, что изложенные мероприятия помогают улучшить работу медицинского учреждения при нестационарных процессах.

### Список литературы

1. Комерсантъ. 2022. URL: <https://www.kommersant.ru/doc/4314405?ya> (дата обращения 28.06.2022).
2. Чижевский Я.А. Государственная политика финансирования сферы здравоохранения в России сквозь призму ценностно-ориентированного подхода // Теории и проблемы политических исследований. 2021. Т. 10, № 6А. С. 39–50. DOI: 10.34670/AR.2021.17.49.005
3. Хайруллин И.И., Габитова С.Е. Действия медицинской организации при массовом поступлении пациентов (обзор литературы и практический опыт) // Общественное здоровье и здравоохранение. 2020. № 3 (67). С. 38–47.
4. Логиновский О.В., Гилев Д.В. Совершенствование алгоритма управления оказанием медицинских услуг на основе комитетных методов // Прикладная математика и вопросы управления. 2020. № 4. С. 105–120. DOI: 10.15593/2499-9873/2020.4.07
5. Теория управления организационными системами и другие науки об управлении организациями / В.Н. Бурков, М.В. Губко, Н.А. Коргин, Д.А. Новиков // Проблемы управления. 2012. № 4. С. 2–10.
6. Газизова Л.Р., Галимуллина Ф.Ф. Система массового обслуживания в частной медицине // Управление устойчивым развитием. 2018. № 6 (19). С. 5–10.
7. Гнезденко Б.В., Коваленко И.Н. Введение в теорию массового обслуживания. М.: Стереотип, 2021. 400 с.
8. Application of queuing theory to the analysis of changes in outpatients' waiting times in hospitals introducing EMR / W.C. Kyoung, M.K. Seong, M.C. Young, U.S. Yong // Healthcare Informatics Research. 2017. Vol. 23 (1). P. 35–42. DOI: 10.4258/hir.2017.23.1.35
9. Квантификация предпочтений хозяйствующих субъектов управления в задачах цифровой экономики / В.А. Харитонов, А.О. Алексеев, А.В. Вычегжанин и др.; под ред. проф., д-ра техн. наук В.А. Харитонova. Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2018. 172 с.
10. Техно-гуманитарный взгляд на проблемы проективного управления в социально-экономических системах / В.А. Харитонов, Д.Н. Кривоги́на, В.С. Спирина, А.С. Саламатина // Прикладная математика и вопросы управления. 2020. № 1. С. 140–158. DOI: 10.15593/2499-9873/2020.1.09
11. Харитонов В.А., Алексеев А.О., Кривоги́на Д.Н. Парадигма инженерной поддержки технологий субъектно-ориентированного управления [Электронный ресурс] // Политематический сетевой электрон. науч. журн. Кубан. гос. аграр. ун-та. 2015. № 112. С. 208–229. URL: <http://ej.kubagro.ru/2015/08/pdf/15.pdf> (дата обращения: 20.04.2022).
12. Methodology of Structural Management of Organizational Systems on the Basis of Competitive Mechanisms / V. Kharitonov, D. Krivogina, A. Salamatina, E. Guselnikova // Proceedings of 2022 4th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA 2022, Virtual, Lipetsk, 9–11 November 2022. IEEE, 2022. P.241–244.
13. Харитонов В.А., Алексеев А.О. Концепция субъектно-ориентированного управления в социальных и экономических системах [Электронный ресурс] // Политематический сетевой электрон. науч. журн. Кубан. гос. аграр. ун-та. 2015. № 109. С. 690–706. URL: <http://ej.kubagro.ru/2015/05/pdf/43.pdf> (дата обращения: 07.05.2022).

14. Бурков В.Н., Исаков М.Б., Коргин Н.А. Применение обобщенных медианных схем для построения неманипулируемых механизмов активной экспертизы // Проблемы управления. 2008. № 4. С. 38–47.
15. Burkov V.N., Sergeev V.A., Korgin N.A. Identification of integrated rating mechanisms as optimization problem // 2020 13th International Conference “Management of large-scale system development” (MLSD), 28–30 Sept. 2020, Moscow, Russia. Los Alamitos: IEEE, 2020. Art. no. 20153257. 5 p. DOI: 10.1109/MLSD49919.2020.9247638
16. Алексеев А.О., Коргин Н.А. Матричный анонимный обобщенный медианный механизм с правом делегирования сообщений // Прикладная математика и вопросы управления. 2016. № 4. С. 137–156.
17. Модели согласованного комплексного оценивания в задачах принятия решений / В.Н. Бурков, И.В. Буркова, Н.А. Коргин, А.В. Щепкин // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2020. Т. 20, № 2. С. 5–13. DOI: 10.14529/ctcr200201
18. Алексеев А.О., Катаева Т.А. Применение механизмов комплексного оценивания и матричных неанонимных обобщенных медианных механизмов для согласования интересов агентов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2021. Т. 21, № 3. С. 75–89. DOI: 10.14529/ctcr210308
19. Новиков Д.А., Русяева Е.Ю. Философия управления // Вопросы философии. 2013. № 5. С. 19–26.
20. Вентцель Е.С. Исследование операций: задачи, принципы, методология. М.: Гл. ред. физ.-мат. лит., 1988. 208 с.
21. Интеллектуальные технологии управления структурами организационных систем массового обслуживания при нестационарном потоке заявок / В.А. Харитонов, Д.Н. Кривогино, А.С. Саламатина и др. // Проектирование и обеспечение качества информационных процессов и систем: междунар. конф., Санкт-Петербург, 15–17 марта 2022 г.: сб. докл. СПб.: СПбГЭТУ ЛЭТИ, 2022. С. 117–119.
22. Харитонов В.А., Дмитриюков М.С., Ларионова Р.А. Алгоритмы интеллектуальной поддержки принятия согласованных инвестиционных решений в задачах управления объектами культурного наследия // Вестник Пермского университета. Серия: Экономика. 2016. № 3 (30). С. 61–76. DOI: 10.17072/1994-9960-2016-3-61-76
23. Дмитриюков М.С., Харитонов В.А., Сафонов Н.И. Совершенствование механизма активной экспертизы на основе обобщенных медианных схем для задач многоаспектного управления в социально-экономических системах // Прикладная математика и вопросы управления. 2016. № 2. С. 41–55.
24. Ларионова Р.А. Алгоритмы интеллектуальной поддержки принятия управленческих решений в лечебно-профилактическом учреждении // Прикладная математика и вопросы управления. 2021. № 1. С. 81–94. DOI: 10.15593/2499-9873/2021.1.05

### References

1. Kommersant. 2022. (In Russ.) Available at: <https://www.kommersant.ru/doc/4314405?ya> (accessed 28.06.2022).
2. Chizhevskii Ya.A. Russian state policy of healthcare financing through the glance of value-based approach. *Theories and problems of political studies*. 2021;10(6A):39–50. DOI: 10.34670/AR.2021.17.49.005 (In Russ.)
3. Khayrullin I.I., Gabitova S.E. The actions of the medical organization in the mass admission of patients (literature review and practical experience). *Public Health and Health Care*. 2020;3(67):38–47. (In Russ.)
4. Loginovskiy O.V., Gilev D.V. Improving the algorithm for managing the provision of medical services based on committee methods. *Applied Mathematics and Control Sciences*. 2020;4:105–120. (In Russ.) DOI: 10.15593/2499-9873/2020.4.07
5. Burkov V.N., Gubko M.V., Korgin N.A., Novikov D.A. [The theory of management of organizational systems and other sciences about the management of organizations]. *Control Sciences*, 2012;4:2–10. (In Russ.)

6. Gazizova, L.R., Galimulina, F.F. Mass service system in private medicine. *Managing sustainable development*, 2018;6(19):5–10. (In Russ.)
7. Gnezdenko B.V., Kovalenko I.N. *Vvedenie v teoriyu massovogo obsluzhivaniya* [Introduction to queuing theory]. Moscow: Stereotype; 2021. 400 p. (In Russ.)
8. Cho K.W., Kim S.M., Chae Y.M., Song Y.U. Application of queuing theory to the analysis of changes in outpatients' waiting times in hospitals introducing EMR. *Healthcare Informatics Research*. 2017;23(1):35–42. DOI: 10.4258/hir.2017.23.1.35
9. Kharitonov V.A., Alekseev A.O., Vychezhzhanin A.V. et al. *Kvantifikatsiya predpochteniy khozyaystvuyushchikh sub"ektov upravleniya v zadachakh tsifrovoy ekonomiki* [Quantification of preferences of economic subjects of management in the tasks of the digital economy]. Perm, Perm National Research Polytechnic University Publ., 2018. 172 p. (In Russ.)
10. Kharitonov V.A., Krivogina D.N., Spirina V.S., Salamatina A.S. Techno-humanitarian view on problems of projective management in socio-economic systems. *Applied Mathematics and Control Sciences*, 2020, no. 1, pp. 140–158. (In Russ.) DOI: 10.15593/2499-9873/2020.1.09
11. Haritonov V.A., Alekseev A.O., Krivogina D.N. Engineering support paradigm of subject-oriented control technologies. *Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2015;112:208–229. Available at: <http://ej.kubagro.ru/2015/08/pdf/15.pdf> (accessed 20.04.2022). (In Russ.)
12. Kharitonov V., Krivogina D., Salamatina A., Gusel'nikova E. Methodology of Structural Management of Organizational Systems on the Basis of Competitive Mechanisms. In: *Proceedings of 2022 4th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency, SUMMA 2022, Virtual, Lipetsk, 9–11 November 2022*. IEEE; 2022. P. 241–244.
13. Haritonov V.A., Alekseev A.O. The concept of agent-based control in social and economic systems. *Politematicheskii setevoy elektronnyy nauchnyy zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2015;109:690–706. Available at: <http://ej.kubagro.ru/2015/05/pdf/43.pdf> (accessed 07.05.2022). (In Russ.)
14. Burkov V.N., Isakov M.B., Korgin N.A. Application of Generalized Median Voter Schemes to Designing Strategy-proof Mechanisms of Multicriteria Active Expertise. *Automation and Remote Control*. 2010;71:1681–1694. DOI: 10.1134/S0005117910080163
15. Burkov V.N., Sergeev V.A., Korgin N.A. Identification of integrated rating mechanisms as optimization problem. In: *2020 13th International Conference "Management of large-scale system development" (MLSD), 28–30 Sept. 2020, Moscow, Russia*. Los Alamitos: IEEE; 2020. Art. no. 20153257. 5 p. DOI: 10.1109/MLSD49919.2020.9247638
16. Alekseev A.O., Korgin N.A. The Matrix Anonymous Generalized Median Schemes with Delegation. *Applied Mathematics and Control Sciences*. 2016;4:137–156. (In Russ.)
17. Burkov V.N., Burkova I.V., Korgin N.A., Shchepkin A.V. Models for Coordinated Integrated Assessment in Decision-Making Problems. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics*. 2020;20(2):5–13. (In Russ.) DOI: 10.14529/ctcr200201
18. Alekseev A.O., Kataeva T.A. Application of Integrated Rating Mechanisms and Matrix Non-Anonymous Generalized Median Voter Schemes to Coordination of the Agents' Interests. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Computer Technologies, Automatic Control, Radio Electronics*. 2021;21(3):75–89. (In Russ.) DOI: 10.14529/ctcr210308
19. Novikov D.A, Rusyaeva E.Yu. [Management philosophy]. *Questions of Philosophy*. 2013;5:19–26. (In Russ.)
20. Venttsel E.S. *Issledovanie operatsiy: zadachi, printsipy, metodologiya* [Operations research: tasks, principles, methodology]. Moscow: Publishing house of physical, mathematical and technical literature; 1988. 208 p. (In Russ.)
21. Kharitonov V.A., Krivogina D.N., Salamatina A.S., Larionova R.A., Salamatin A.A., Gusel'nikova E.D. [Intelligent technologies for managing the structures of organizational queuing systems with a non-stationary flow of requests]. In: *Proektirovanie i obespechenie kachestva informatsionnykh protsessov i sistem: mezhdunar. konf.* [Design and quality assurance of information processes and systems: International conference]. St. Petersburg; 2022. P. 117–119. (In Russ.)
22. Kharitonov V.A., Dmitryukov M.S., Larionova R.A. Making concerted investment decisions in cultural heritage management: algorithms of intellectual support. *Vestnik Permskogo uni-*

*versiteta. Seria: Ekonomika = Perm University Herald. Economy.* 2016;3(30):61–76. (In Russ.) DOI: 10.17072/1994-9960-2016-3-61-76

23. Dmitriukov M.S., Kharitonov V.A., Safonov N.I. Improvement of mechanisms of active expertise based on generalized media scheme for the problem of multidimensional management in social and economic systems. *Applied Mathematics and Control Sciences.* 2016;2:41–55. (In Russ.)

24. Larionova R.A. Intelligent decision-making support algorithms for health-care institutions. *Applied Mathematics and Control Sciences.* 2021;1:81–94. (In Russ.) DOI: 10.15593/2499-9873/2021.1.05

#### ***Информация об авторах***

**Ларионова Регина Альбертовна**, ассистент кафедры строительного инжиниринга и материаловедения, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия; r.larionova@mail.ru.

**Кривоги́на Дарья Николаевна**, канд. техн. наук, доц. кафедры строительного инжиниринга и материаловедения, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия; darya.krivogina@gmail.com.

**Харитонов Валерий Алексеевич**, д-р техн. наук, проф., проф. кафедры строительного инжиниринга и материаловедения, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия; cems@pstu.ru.

#### ***Information about the authors***

**Regina A. Larionova**, Assistant of the Department of Construction Engineering and Materials Science, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia; r.larionova@mail.ru.

**Darya N. Krivogina**, Cand. Sci. (Eng.), Ass. Prof. of the Department of Construction Engineering and Materials Science, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia; darya.krivogina@gmail.com.

**Valery A. Kharitonov**, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Prof. of the Department of Construction Engineering and Materials Science, Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russia; cems@pstu.ru.

***Статья поступила в редакцию 23.11.2022***

***The article was submitted 23.11.2022***