

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И ПРИНЯТИЕ РЕШЕНИЙ

SYSTEM ANALYSIS AND DECISION-MAKING

Оригинальная статья / Original article

<https://doi.org/10.21869/2223-1536-2025-15-4-162-174>



УДК 519.816

Система поддержки принятия врачебных решений в трансплантологии при подборе реципиентов для пересадки донорских органов

Е. Н. Галушина¹, П. В. Галушин²✉, К. А. Гильдеева³

¹ Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В. Ф. Войно-Ясенецкого
Министерства здравоохранения Российской Федерации
ул. Партизана Железняка, д. 1, г. Красноярск 660022, Российская Федерация

² Сибирский юридический институт Министерства внутренних дел Российской Федерации
ул. Рокоссовского, д. 20, г. Красноярск 660131, Российская Федерация

³ Краевая клиническая больница
ул. Партизана Железняка, д. 3А, г. Красноярск 660022, Российская Федерация

✉ e-mail: galushin.pv@yandex.ru

Резюме

Цель исследования заключается в разработке системы поддержки принятия врачебных решений при подборе реципиентов для пересадки органов, позволяющей автоматизировать выполнение виртуальной перекрестной пробы и оценить тканевую совместимость по уже известным лабораторным данным, снизив таким образом когнитивную и эмоциональную нагрузку на врачей и уменьшив вероятность ошибок.

Методы. При разработке описанной системы поддержки принятия врачебных решений использовались методы системного анализа, методы проектирования программных средств информационных систем, системы управления базами данных LibreOffice Base, языки программирования Python, SQL, Basic.

Результаты. В ходе выполнения исследования была спроектирована и разработана система поддержки принятия врачебных решений в трансплантологии, автоматизирующая процесс подбора реципиентов для пересадки донора с учётом различных факторов совместимости, подготовку отчётов в требуемом формате. Ядром системы является база данных, содержащая сведения о реципиентах и донорах. Система не только автоматически определяет параметры совместимости реципиентов и доноров, но и ранжирует их по степени совместимости. Описанная система внедрена в деятельность отдела иммунотипирования Краевого государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Краевая клиническая больница» (г. Красноярск). Результаты опытной эксплуатации показали, что система соответствует всем функциональным требованиям. Автоматизация рутинных операций позволила врачам сократить время на принятия решений, уменьшив вероятность ошибок.

© Галушина Е. Н., Галушин П. В., Гильдеева К. А., 2025

Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление,
вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2025;15(4):162–174

Заключение. Разработана система поддержки принятия врачебных решений в трансплантологии при подборе реципиентов для пересадки донорских органов. Данная система автоматизирует процесс ранжирования реципиентов по степени совместимости с донорским органом и другим факторам, подготовку различных отчётов, что уменьшает когнитивную нагрузку на врача и позволяет уменьшить вероятность ошибок при подборе реципиентов, а также в целом уменьшает объём рутинной работы.

Ключевые слова: трансплантология; пересадка органов; система поддержки принятия врачебных решений; база данных.

Конфликт интересов: Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Для цитирования: Галушина Е. Н., Галушин П. В., Гильдеева К. А. Система поддержки принятия врачебных решений в трансплантологии при подборе реципиентов для пересадки донорских органов // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. 2025. Т. 15, № 4. С. 162–174. <https://doi.org/10.21869/2223-1536-2025-15-4-162-174>

Поступила в редакцию 16.10.2025

Подписана в печать 15.11.2025

Опубликована 26.12.2025

Medical decision support system in transplantology for selecting donor organ transplantation recipients

Elena N. Galushina¹, Pavel V. Galushin²✉, Karina A. Gildeeva³

¹ Krasnoyarsk State Medical University named after Professor V. F. Voyno-Yasenetsky of the Ministry of Health of the Russian Federation

1 Partizana Zheleznyaka Str., Krasnoyarsk 660022, Russian Federation

² Siberian Law Institute of Ministry of Internal Affairs of the Russian Federation
20 Rokossovsky Str., Krasnoyarsk 660131, Russian Federation

³ Regional Clinical Hospital
3A Partizana Zheleznyaka Str., Krasnoyarsk 660022, Russian Federation

✉ e-mail: galushin.pv@yandex.ru

Abstract

The purpose of the research is to develop a system to support medical decision-making in the selection of organ transplant recipients, which makes it possible to automate the implementation of a virtual cross-sample and assess tissue compatibility based on already known laboratory data, thus reducing the cognitive and emotional burden on doctors and reducing the likelihood of errors.

Methods. In developing the described medical decision support system, methods of system analysis, methods of designing software for information systems, LibreOffice Base database management systems, Python, SQL, Basic programming languages were used.

Results. In the course of the study, a system to medical medical decision support system in transplantology was designed and developed, automating the process of selecting recipients for donor transplantation taking into account various compatibility factors, and preparing reports in the required format. The core of the system is a database containing information about recipients and donors. The system not only automatically determines the compatibility parameters of recipients and donors, but also ranks them by the degree of compatibility. The described system has been implemented in the activities of the Immunotyping Department of the Regional State Budgetary Healthcare Institution "Regional Clinical Hospital", Krasnoyarsk. The results of the pilot operation showed that the system meets all functional requirements. Automation of routine operations allowed doctors to reduce the time for decision-making and reduce the likelihood of errors.

Conclusion. A medical decision support system in transplantology when selecting recipients for donor organ transplantation has been developed. This system automates the process of ranking recipients by the degree of compatibility with the donor organ and other factors, preparing various reports, which reduces the cognitive load on the doctor and reduces the likelihood of errors in the selection of recipients, and generally reduces the volume of routine work.

Keywords: transplantology; organ transplantation; medical decision support system; database.

Conflict of interest: The Authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

For citation: Galushina E.N., Galushin P.V., Gildeeva K.A. Medical decision support system in transplantology for selecting donor organ transplantation recipients. *Izvestiya Yugo-Zapadnogo gosudarstvennogo universiteta. Serija: Upravlenie, vychislitel'naja tekhnika, informatika. Meditsinskoe priborostroenie = Proceedings of the Southwest State University. Series: Control, Computer Engineering, Information Science. Medical Instruments Engineering.* 2025;15(4):162–174. (In Russ.) <https://doi.org/10.21869/2223-1536-2025-15-4-162-174>

Received 16.10.2025

Accepted 15.11.2025

Published 26.12.2025

Введение

Трансплантология является отраслью медицины, в которой сочетаются передовые научные достижения и сохраняющиеся объективные проблемы. Несмотря на то, что количество проводимых трансплантаций выросло [1], сохраняется дефицит донорских органов – выполняемые операции покрывают примерно 10% общемировой потребности [2]. Наиболее распространена трансплантация донорской печени [3], почек [4] и сердца [5].

При этом врачи в данной сфере работают в стрессовых условиях: появление нового донора часто не прогнозируется и может происходить в любое время суток, а выбор реципиента, подготовка и выполнение операции должны производиться очень оперативно.

Цель настоящего исследования заключается в разработке системы поддержки принятия врачебных решений при подборе реципиентов для пересадки органов, позволяющей автоматизировать выполнение виртуальной перекрестной пробы и оценить тканевую совместимость по уже известным лабораторным

данным, снизив таким образом когнитивную и эмоциональную нагрузку на врачей и уменьшив вероятность ошибок.

Материалы и методы

Системы управления базами данных и системы поддержки принятия решений достаточно широко используются в здравоохранении [6]. Они применяются, в частности, для генерации баз знаний систем поддержки принятия врачебных решений (далее также – СППВР) по управлению процессом лечения в целом [7], при назначении лечения [8], в травматологии ортопедии [9], в кардиологии [10] и трансплантологии [11].

В рамках данной статьи рассматриваются проектирование и разработка системы поддержки принятия врачебных решений врача-трансплантолога при подборе доноров для пересадки органов. Рассмотрим стек информационных технологий, используемых для достижения этой цели.

В основу разрабатываемой СППВР было решено положить базу данных, так как для функционирования указанной системы необходимо хранение информации о реципиентах и донорах. В

качестве системы управления базами данных была выбрана LibreOffice Base [12], входящая в офисный пакет LibreOffice [13]. Данный офисный пакет является бесплатным и распространяется с российской операционной системой Astra Linux [14]. При этом он не привязан к конкретной операционной системе и поддерживается на множестве платформ, включая Microsoft Windows, macOS и различные варианты GNU/Linux. Всё сказанное означает, что LibreOffice является удачным выбором для использования в отечественных информационных системах в текущих внешнеполитических условиях и в рамках курса на импортозамещение программного обеспечения [15].

Анализ требований к алгоритму определения реципиентов, которым орган донора подходит в наибольшей степени, показал, что его невозможно элегантно выразить с помощью стандартных инструментов для конструирования запросов и отчётов, входящих в инструменты проектирования и администрирования баз данных, или на языке SQL [16]. То же относится и к формированию отчётов, соответствующих потребностям и сложившимся практикам медицинских организаций, в частности отдела иммунотипирования КГБУЗ «Краевая клиническая больница» Красноярского края.

Для преодоления указанных трудностей были использованы возможности LibreOffice по использованию скриптов (макросов). LibreOffice поддерживает создание макросов на языках

программирования Basic, BeanShell (интерпретируемая версия Java), Python и JavaScript [17]. Авторами из этих вариантов был выбран язык программирования Python. Данный язык является де-факто стандартом для анализа данных [18] и одним из самых популярных языков программирования вообще. Кроме того, язык программирования Python допускает вызов функций языка программирования C, который, с свою очередь, имеет интерфейсы с многими другими широко распространёнными языками программирования.

Следует подчеркнуть, что использование макросов на языках программирования общего назначения не заменяет, а дополняет использование традиционного для систем управления базами данных языка запросов SQL: язык общего назначения может использоваться для построения запросов на языке SQL, которые выполняются ядром базы данных.

Для работы с документами из макросов на языке программирования Python используется библиотека Script-forge¹. Макросы были использованы для выражения сложных условий фильтрации, сортировки и формирования отчёта в виде HTML-файла, которые затем отображаются для пользователя с использованием используемого в операционной системе веб-браузера.

Таблицы из HTML-документа могут быть скопированы в распространённые редакторы электронных таблиц, такие как Microsoft Office Excel и LibreOffice Calc, либо распечатаны на принтере.

¹ The ScriptForge Library // The LibreOffice Help Window. URL: https://help.libreoffice.org/latest/en-US/text/sbasic/shared/03/lib_ScriptForge.html (дата обращения: 20.09.2025).

Результаты и их обсуждение

Система поддержки принятия решений врача-трансплантолога при подборе доноров для пересадки органов предназначена для агрегации, хранения и обработки данных о донорах и пациентах, нуждающихся в пересадке органов, а также для поиска наилучших соответствий пациентов и доноров.

Формализация и автоматизация соответствующих процессов позволяет снизить вероятность ошибок, сократить время подготовки отчётов и поиска реципиентов, которым подойдут органы донора.

В частности, во всех случаях, когда множество возможных значений некоторого поля известно заранее (группа крови, орган), предусматривается выбор

значения из списка, а не его ручной ввод. Такой подход полностью исключает опечатки, а значит, и возможность того, что, например, реципиент не будет рассмотрен для пересадки из-за того, что у него название органа написано не так, как у донора.

Основой системы поддержки принятия врачебных решений и базы данных, лежащей в её основе, являются две таблицы: «Доноры» и «Реципиенты». Прямой доступ пользователей к этим таблицам не предполагается, все изменения производятся через формы, чтобы уменьшить вероятность внесения ошибочных данных и удаления важной и актуальной информации. После запуска системы на экране отображается стартовая форма (рис. 1).



Рис. 1. Основная форма системы поддержки принятия решений

Fig. 1. Main form of decision support system

Данная форма содержит кнопки, соответствующие основным процедурам, которые выполняет пользователь. Эти кнопки открывают формы для работы со списками доноров и реципиентов, подбора наиболее подходящих реципиентов для конкретного донора. Кроме того, с этой формы с помощью соответствую-

ющих кнопок можно открыть руководство пользователя и окно с информацией о программе и её разработчиках.

Рассмотрим форму для работы с реципиентами (рис. 2). Основную часть окна занимает таблица с данными реципиентов. В верхней части окна находятся поля фильтров по

имени реципиента, группе крови, органу для пересадки и статусу реципиента. Для группы крови, органа для пересадки и статуса предусмотрены выпадающие списки, содержащие

возможные варианты соответствующего поля. В основной части окна отображаются только те реципиенты, данные которых соответствуют фильтрам.

ФИО реципиента		Группа крови		Орган для пересадки		Статус						
						В ожидании						
ID реципиента	ФИО реципиента	Дата рождения	Группа крови	Rh	Орган для пересадки	Дата постановки	HLA_A	HLA_B	HLA_Bw	HLA_C	HLA_DRB1	HLA_DQA
11 Криндал Александер	11.11.91	0(0)	Пол. почка			02:33	07:14				08:13	
12 Рец2	10.01.05	A(II)	Полое сердце			11:33	14:35				01:01	
13 Рец3	07.01.95	0(0)	Полое сердце			01:24	18:40	6	01:03	12:13	01:05	
14 Рец5	10.01.05	A(II)	Полое сердце			02:32	35:57				07:13	
16 Реципиент08.01.2025	08.01.05	A(II)	Полое сердце			08:01:25	01:01	02:16	4	03:03		
18 Реципиент10.01.25	10.01.85	B(III)	Полое печень			01:01:25	01:02	02:02		03:13		
19 Аверченко Е.В.	01.01.75	0(0)	Полое почка			10:01:25	5:17		4			
20 Хилько Андрей Иван	12.01.25	0(0)	Полое почка				01:03	07:08			01:11	
21 Морозов Александр	15.04.85	0(0)	Полое почка				02:02	38:40	4:6	03:12	11:13	01:05
22 Петров Александр И.	23.07.76	0(0)	Полое почка				30:31	13:40			08:14	
23 Наумова Светлана Ге	15.06.00	0(0)	Отриц. почка				02:68	15:44			09:11	
24 Якимов Валентин Ан	30.05.77	0(0)	Отриц. почка				01:30	08:13			03:07	
25 Усмонова Тамара Бор	03.02.62	0(0)	Полое почка				03:31	35:35	6	04:04	01:04	01:03
28 Криндал Александр	11.11.91	0(0)	Полое почка				02:33	07:14			08:13	

Запись 1 из 14 < < < > > > >>

Ввод нового реципиента Печать

Обновить таблицу Удалить выбранную запись Сохранить изменения

Рис. 2. Форма для работы с реципиентами

Fig. 2. Recipients management form

При нажатии на кнопку «Печать» в браузере открывается HTML-представление этого списка.

Форма для работы с донорами показана ниже (рис. 3). После открытия формы данные в ней не могут быть изменены, а после нажатия на кнопку

«Редактировать данные» форма переходит в режим редактирования, становятся активными кнопки «Удалить выбранную запись», «Сохранить изменения», «Ввод нового донора», а текст кнопки меняется на «Завершить редактирование».

ID донора	ФИО донора	ABO	Rh	Орган для пересадки	Дата поступления	А	В	Bw	С	DRB1	DQA1	DQB1
10 Донор17.01.25	0(0)	Отриц. почень		17.01.25	02:13 13:14 4	02						
11 Лавриненко О.В.	0(0)	Пол. почка		17.01.25	01:01 01:02		03:03					
8 Донор10.01.2025	A(II)	Полое почень		10.01.25	02:04 04:05 4:6		03:06					
7 Донор10.01.2025	AB(IV)	Полое почень		10.01.25	03:15 15:17 6	01:01			05			
3 Донор07.01.25	B(III)	Полое почень		07.01.25	01:13 02:45 6		03:05					
6 Иванов И.	0(0)	Полое почка		06.01.25	02:13 13:14		12:15					
0 Донор03.01.2025	AB(IV)	печень		01.01.25	02:13 01:02		04:18					
2 Донор26.11.24	A(II)	Полое сердце		26.11.24	01:02 08:27 4:6		02:07 14:16	01:05	03:05			
9 Донор28.10.2024	0(0)	Полое почка		28.10.24	02:25 07:18 6		07:12 04:13	01:03	02:06			
1 Донор1	AB(IV)	печень			01:02 27:40							

Запись 1 из 10 < < < > > >>

Ввод нового донора Редактировать данные

Обновить таблицу Удалить выбранную запись Сохранить изменения

Рис. 3. Форма для работы с донорами

Fig. 3. Donors management form

Рассмотрим алгоритм подготовки данных при подборе реципиентов для выбранного донора. При описании алгоритма под «генотипом» для удобства будут пониматься гены, кодирующие систему тканевой совместимости человека (англ. HLA, Human Leukocyte Antigens, человеческие лейкоцитарные антигены) [19], т. е. только та часть генотипа человека, которая имеет значение для принятия решения о трансплантации. Наиболее значимые локусы при развитии реакции отторжения трансплантата: HLA-A, B, C (1-й класс) и HLA-DRB1, DQA1, DQB1 (2-й класс).

После того как стал известен генотип донора (путем HLA-типирования), формируется список претендентов на пересадку из «листа ожидания». В данный список попадают только те, кто имеет идентичную с донором группу крови и статус «В ожидании».

Для каждого потенциального реципиента алгоритм проводит виртуальный кросс-матч: сопоставляет генотип донора с HLA-антителами I и II классов реципиента и ищет совпадения. Данный алгоритм вычисляет не только наличие совпадения, но и указывает конкретные антитела и их количество. Эти данные отображаются в отчетах, а также используются для сортировки пациентов.

Сортировка потенциальных реципиентов осуществляется по нескольким критериям: количество совпавших антител против генотипа донора (по возрастанию), процента панель-реактивных антител (по убыванию) и количеству совпадений между генотипами донора и реципиента (по убыванию).

Обоснованием такого порядка сортировки являются следующие соображения. При выявлении антидонорских

антител виртуальный кросс-матч считается положительным, что говорит об абсолютном противопоказании к трансплантации почки [20], так как с большой вероятностью будет сверхострое отторжение трансплантата. В случае пересадки печени и сердца кандидаты с положительной реакцией могут быть рассмотрены, но важно знать количество антител, чтобы правильно подобрать иммunoспрессивную терапию.

Процент панель-реактивных антител (PRA) показывает процент возможных доноров (из общей популяции), против которых у реципиента присутствуют HLA-антитела [21]. Таким образом, у пациентов с высоким процентом PRA мало шансов найти донора, к органу которого не будет отторжения, а значит, если подходящий донор нашёлся, то этой возможностью целесообразно воспользоваться.

Наконец, чем больше совпадений по генотипу между донором и реципиентом, тем лучше потенциальная совместимость их органов. При этом различия в генотипе означают потенциальные проблемы с совместимостью, а наличие у реципиента антител – это уже реальная несовместимость. При трансплантации иммунитет реципиента реагирует на все антигены донора, отличные от своих, поэтому важно знать количество совпавших антигенов для назначения верной иммunoспрессивной терапии [22], так как это может существенно повлиять на качество жизни пациента [23].

Пример формы с результатами выполнения описанного алгоритма показан ниже (рис. 4). В верхней части формы отображаются данные о доноре, а ниже – ранжированная таблица потенциальных реципиентов. Ещё ниже расположена

кнопка «Сформировать отчёт», при нажатии на которую в браузере, используемом в операционной системе по умолчанию, будет открыт отчёт в

формате HTML, соответствующий форматам документов, принятых в медицинской организации.

ФИО донора	HLA донора	Группа крови	Орган для пересадки
Донор26.11.24	A*01:02 B*08:27 Bw*4;6 C*02:07 DR*14:16 DQA*01:05 DQB*03:05	A(II)	сердце

ФИО реципиента	HLA реципиента	Совпадения HLA	Число совпадений по HLA	A T I класса	Совпадения по A T 1 класса	A T II класса	Совпадения по A T II класса
Рец2	A*11:33 B*14:35	Отр	0	Отр	Отр	Отр	Отр
Реципиент08.01.2025	A*01:01 B*02:16	A*01	1	A*01	A*01	DQA*03:05	DQA*05
Рец5	A*02:32 B*35:57	A*02	1	Отр	Отр	DQA*05	DQA*05 DQB*03

Запись 1 из 3 < > < > < >

Сформировать отчёт

Рис. 4. Форма со списком потенциальных реципиентов

Fig. 4. Form with a potential recipients list

Для HTML-отчёта реципиенты разбиваются на две группы: без антител к антигенам донора (отрицательный результат) и с наличием таких антител (положительный результат). Внутри

каждой группы производится описанная выше сортировка. На рисунке 5 показан пример соответствующего отчёта. В столбце HLA совпадения для удобства врача выделяются полужирным.

КГБУЗ ККБ КДЛ Отдел иммунотипирования

Донор					
Донор26.11.24	A*01:02 B*08:27 Bw*4;6 C*02:07 DR*14:16 DQA*01:05 DQB*03:05				
Отрицательный результат					
№	ФИО	Возраст	Виртуальный кросс матч	ЛЦТТ	HLA
1	Рец2	20	Класс I Отр Класс II Отр	Отр	A*11:33 B*14:35 DR*01:01
Положительный результат					
№	ФИО	Возраст	Виртуальный кросс матч	ЛЦТТ	HLA
1	Рец5	20	Класс I Отр Класс II DQA*05 DQB*03	Отр	A*02:32 B*35:57 DR*07:13
2	Реципиент08.01.2025	20	Класс I A*01 Класс II DQA*05	Пол	A*01:01 B*02:16 C*03:03

Отчёт создан: 11.02.2025 14:49

Рис. 5. Пример отчёта о совместимости реципиентов и донора в формате HTML

Fig. 5. Example of recipient and donor compatibility report in HTML format

Выводы

В ходе выполнения настоящего исследования была разработана система поддержки принятия врачебных решений в

трансплантологии при подборе реципиентов для пересадки донорских органов. Данная система позволяет вести учёт реципиентов и доноров, автоматизирует

процесс ранжирования реципиентов по степени совместимости с донорским органом и другим факторам, подготовку различных отчётов, что уменьшает

когнитивную нагрузку на врача и позволяет уменьшить вероятность ошибок при подборе реципиентов, а также в целом уменьшает объём рутинной работы.

Список литературы

1. Готье С. В., Хомяков С. М. Донорство и трансплантация органов в Российской Федерации в 2023 году. XVI сообщение регистра Российского трансплантоматического общества // Вестник трансплантоматологии и искусственных органов. 2024. Т. 26, № 3. С. 8-31. <https://doi.org/10.15825/1995-1191-2024-3-8-31>
2. Силуянова Ю. А. Борьба с торговлей детьми в России: поиски решения проблемы // Государственное управление. Электронный вестник. 2020. № 81. С. 272–296.
3. Минина М. Г., Воронов Д. В., Тенчурина Э. А. Эволюция донорства печени в Москве // Вестник трансплантоматологии и искусственных органов. 2022. Т. 24, № 3. С. 102–110. <https://doi.org/10.15825/1995-1191-2022-3-102-110>
4. Клинический случай успешной аллотрансплантации почки больной с несекретирующей множественной миеломой с сопутствующим почечным поражением / Е. В. Уткина, Н. В. Фомина, Д. О. Груздев, А. Н. Кисилева, Л. Д. Чеснокова // Сибирское медицинское обозрение. 2024. № 6(150). С. 102–107.
5. Факторы риска смерти больных, находящихся в листе ожидания трансплантации сердца / П. А. Федотов, М. А. Симоненко, Ю. В. Сазонова, М. А. Борцова, А. Н. Костомаров, М. А. Федорова, А. Е. Баутин, Г. В. Николаев, М. Л. Гордеев, М. А. Карпенко, Т. М. Первунина, М. Ю. Ситникова // Южно-Российский журнал терапевтической практики. 2022. Т. 3, № 2. С. 41–54. <https://doi.org/10.21886/2712-8156-2022-3-2-41-54>
6. Мировые тренды цифровой трансформации отрасли здравоохранения / П. С. Пугачев, А. В. Гусев, О. С. Кобякова, Ф. Н. Кадыров, Д. В. Гаврилов, Р. Э. Новицкий, А. В. Владимирический // Национальное здравоохранение. 2021. Т. 2, № 2. С. 5–12. <https://doi.org/10.47093/2713-069X.2021.2.2.5-12>
7. Генерация базы знаний для создания системы поддержки принятия врачебных решений по управлению процессом лечения / Е. А. Бородулина, В. В. Грибова, Д. Б. Окунь, Е. П. Еременко, Б. Е. Бородулин, Р. И. Ковалёв, Е. С. Вдоушкина, Е. А. Амосова // Сибирский журнал клинической и экспериментальной медицины. 2024. Т. 39, № 2. С. 209–217. <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2024-39-2-209-217>
8. Серобабов А. С., Денисова Л. А., Серобабова А. Л. Разработка системы поддержки принятия врачебных решений при назначении лечения пациенту // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2023. № 9. С. 321–325.
9. Разработка системы поддержки принятия врачебных решений в травматологии и ортопедии. Биомеханика как инструмент предоперационного планирования / А. С. Бескровный, Л. В. Бессонов, А. А. Голядкина, А. В. Доль, Д. В. Иванов, И. В. Кириллова, Л. Ю. Коссович, Д. А. Сидоренко // Российский журнал биомеханики. 2021. Т. 25, № 2. С. 118–133.

10. Фролов С. В., Коробов А. А., Ветров А. Н. Система поддержки принятия врачебных решений в кардиологии на основе цифрового двойника сердечно-сосудистой системы // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2023. Т. 11, № 1 (40). С. 3–4. <https://doi.org/10.26102/2310-6018/2023.40.1.007>
11. Сравнительный анализ моделей, прогнозирующих риски раннего неблагоприятного исхода трансплантации печени от посмертного донора: ретроспективное одноцентровое исследование / А. И. Сушков, М. В. Попов, В. С. Рудаков, Д. С. Светлакова, А. Н. Пашков, А. С. Лукьянчикова, М. Муктаржан, К. К. Губарев, В. Е. Сюткин, А. И. Артемьев, С. Э. Восканян // Трансплантология. 2023. Т. 15, № 3. С. 312–333. <https://doi.org/10.23873/2074-0506-2023-15-3-312-333>
12. Маркевич Д. В., Хомоненко А. Д., Ермаков С. Г. От FOXPRO к POSTGRESQL: оптимизация, эффективное управление данными и генерация отчетов // Наукоемкие технологии в космических исследованиях Земли. 2024. Т. 16, № 1. С. 21-30. <https://doi.org/10.36724/2409-5419-2024-16-1-21-30>
13. Орлова И. В. Использование свободного программного обеспечения для эконометрического моделирования // Фундаментальные исследования. 2023. № 1. С. 81-89. <https://doi.org/10.17513/fr.43424>
14. Баталин Р. Ю. Проблемы адаптации информационных систем и программного обеспечения под ОС Astra Linux // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2024. № 7. С. 140–142.
15. Байдаров Д. Ю., Абакумов Е. М., Файков Д. Ю. Программное обеспечение «тяжелого» класса: возможности импортозамещения // Вопросы инновационной экономики. 2022. Т. 12, № 1. С. 295–316. <https://doi.org/10.18334/vinec.12.1.114143>
16. SQL and NoSQL Database Software Architecture Performance Analysis and Assessments – A Systematic Literature Review / W. Khan, T. Kumar, Ch. Zhang, K. Raj, A. M. Roy, B. Luo // Big Data and Cognitive Computing. 2023. Vol. 7, N 2. P. 97. <https://doi.org/10.3390/bdcc7020097>
17. Антошкин В. А., Щербакова В. И. Использование JavaScript интерфейса прикладного программирования для управления NoSQL базой данных IndexedDB // Информатика и прикладная математика. 2021. № 27. С. 26–32.
18. Салтанаева Е. А., Эшелиоглу Р. И., Набиуллина Э. А. Перспективы развития использования языка программирования Python в оптимизации процессов обработки информации // Научно-технический вестник Поволжья. 2023. № 10. С. 163–165.
19. Омарова Ф. А., Дроков М. Ю., Хамаганова Е. Г. Главный комплекс гистосовместимости: история открытия, эволюция, строение, значение при трансплантации аллогенных гемопоэтических стволовых клеток // Трансплантология. 2023. Т. 15, № 2. С. 251–265. <https://doi.org/10.23873/2074-0506-2023-15-2-251-265>
20. Леушина Е. А., Амаева Х. Р. Трансплантация в лечении хронической болезни почек // Вестник трансплантологии и искусственных органов. 2023. Т. 25, № 5. С. 128.
21. Роль лейкоцитарных антител при трансплантации органов. Обзор литературы / А. А. Турганбекова, С. А. Абдрахманова, Ж. Ж. Жанзакова, И. А. Пархоменко, К. Х. Жангазиева, С. Б. Саусакова // Вестник Казахского национального медицинского университета. 2022. № 4. С. 203–214. <https://doi.org/10.53065/x9722-5615-3571-n>

22. Влияние раннего назначения эверолимуса на фоне снижения дозирования ингибиторов кальциневрина на функцию почек у реципиентов трансплантата печени при длительном наблюдении / В. Е. Сюткин, А. А. Салиенко, О. Д. Олисов, С. В. Журавель, М. С. Новрузбеков // Трансплантология. 2021. Т. 13, № 2. С. 121–129. <https://doi.org/10.23873/2074-0506-2021-13-2-121-129>

23. Сравнение уровня качества жизни пациентов после трансплантации почки при различных схемах иммуносупрессивной терапии / Е. В. Парабина, О. В. Фатенков, Г. Н. Светлова, Н. Ю. Кувшинова // Лечащий врач. 2025. Т. 28, № 1. С. 26–31. <https://doi.org/10.51793/OS.2025.28.1.004>

References

1. Gauthier S.V., Khomyakov S.M. Organ donation and transplantation in the Russian Federation in 2023. XVI message of the register of the Russian Transplantation Society. *Vestnik transplantologii i iskusstvennyh organov = Bulletin of Transplantology and Artificial Organs*. 2024;26(3):8–31. (In Russ.) <https://doi.org/10.15825/1995-1191-2024-3-8-31>
2. Siluyanova Yu.A. Combating child trafficking in Russia: searching for a solution to the problem. *Gosudarstvennoe upravlenie. Elektronnyj vestnik = Public Administration. Electronic Bulletin*. 2020;(81):272–296. (In Russ.)
3. Minina M.G., Voronov D.V., Tenchurina E.A. Evolution of liver donation in Moscow. *Vestnik transplantologii i iskusstvennyh organov = Bulletin of Transplantology and Artificial Organs*. 2022;24(3):102–110. (In Russ.) <https://doi.org/10.15825/1995-1191-2022-3-102-110>
4. Utkina E.V., Fomina N.V., Gruzdev D.O., Kisileva A.N., Chesnokova L.D. Clinical case of successful kidney allotransplantation in a patient with non-secretory multiple myeloma with concomitant renal damage. *Sibirskoe medicinskoе obozrenie = Siberian Medical Review*. 2024;(6):102–107. (In Russ.)
5. Fedotov P.A., Simonenko M.A., Sazonova Yu.V., Bortsova M.A., Kostomarov A.N., Fedorova M.A., Bautin A.E., Nikolaev G.V., Gordeev M.L., Karpenko M.A., Pervunina T.M., Sitnikova M.Yu. Risk factors for death in patients on the waiting list for heart transplantation. *Yuzhno-Rossijskij zhurnal terapevticheskoy praktiki = South Russian Journal of Therapeutic Practice*. 2022;3(2):41–54. (In Russ.) <https://doi.org/10.21886/2712-8156-2022-3-2-41-54>
6. Pugachev P.S., Gusev A.V., Kobyakova O.S., Kadyrov F.N., Gavrilov D.V., Novitsky R.E., Vladzimirsky A.V. World Trends in Digital Transformation of the Healthcare Industry. *Nacional'noe zdравоохранение = National Healthcare*. 2021;2(2):5–12. (In Russ.) <https://doi.org/10.47093/2713-069X.2021.2.2.5-12>
7. Borodulina E.A., Gribova V.V., Okun D.B., Eremenko E.P., Borodulin B.E., Kovalev R.I., Vdoushchina E.S., Amosova E.A. Generation of a knowledge base for creating a system for supporting medical decision-making for managing the treatment process. *Sibirskij zhurnal klinicheskoy i eksperimental'noj mediciny = Siberian Journal of Clinical and Experimental Medicine*. 2024;39(2):209–217. (In Russ.) <https://doi.org/10.29001/2073-8552-2024-39-2-209-217>
8. Serobabov A.S., Denisova L.A., Serobabova A.L. Development of a system to support medical decision-making when prescribing treatment to a patient. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki = Proceedings of Tula State University. Technical Sciences*. 2023;(9):321–325. (In Russ.)

9. Beskrovny A.S., Bessonov L.V., Golyadkina A.A., Dol A.V., Ivanov D.V., Kirillova I.V., Kossovich L.Yu., Sidorenko D.A. Development of a system for supporting medical decision-making in traumatology and orthopedics. Biomechanics as a tool for preoperative planning. *Rossijskij zhurnal biomekhaniki = Russian Journal of Biomechanics*. 2021;25(2):118–133. (In Russ.)
10. Frolov S.V., Korobov A.A., Vetrov A.N. System for supporting medical decision-making in cardiology based on a digital twin of the cardiovascular system. *Modeling, optimization and Information Technology = Modeling, Optimization and Information Technology*. 2023;11(1):3–4. (In Russ.) <https://doi.org/10.26102/2310-6018/2023.40.1.007>
11. Sushkov A.I., Popov M.V., Rudakov V.S., Svetlakova D.S., Pashkov A.N., Lukyanchikova A.S., Muktarzhan M., Gubarev K.K., Syutkin V.E., Artemyev A.I., Voskanyan S.E. Comparative analysis of models predicting the risks of early adverse outcome of liver transplantation from a deceased donor: a retrospective single-center study. *Transplantologiya = Transplantology*. 2023;15(3):312–333. (In Russ.) <https://doi.org/10.23873/2074-0506-2023-15-3-312-333>
12. Markevich D.V., Khomenko A.D., Ermakov S.G. From FOXPRO to POSTGRESQL: optimization, efficient data management, and report generation. *Naukoemkie tekhnologii v kosmicheskikh issledovaniyah Zemli = Science-Intensive Technologies in Space Research of the Earth*. 2024;16(1):21–30. (In Russ.) <https://doi.org/10.36724/2409-5419-2024-16-1-21-30>
13. Orlova I.V. Using free software for econometric modeling. *Fundamental'nye issledovaniya = Fundamental Research*. 2023;(1):81–89. (In Russ.) <https://doi.org/10.17513/fr.43424>
14. Batalin R.Yu. Problems of Adaptation of Information Systems and Software to Astra Linux OS. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Tekhnicheskie nauki = Bulletin of Tula State University. Technical Sciences*. 2024;7:140–142. (In Russ.)
15. Baidarov D.Yu., Abakumov E.M., Faikov D.Yu. "Heavy" class software: import substitution possibilities. *Voprosy innovacionnoj ekonomiki = Issues of Innovative Economics*. 2022;12(1):295–316. (In Russ.) <https://doi.org/10.18334/vinec.12.1.114143>
16. Khan W., Kumar T., Zhang Ch., Raj K., Roy A.M., Luo B. SQL and NoSQL Database Software Architecture Performance Analysis and Assessments – A Systematic Literature Review. *Big Data and Cognitive Computing*. 2023;7(2):97. <https://doi.org/10.3390/bdcc7020097>
17. Antoshkin V.A., Shcherbakova V.I. Using JavaScript API to manage NoSQL database "IndexedDB". *Informatika i prikladnaya matematika = Computer Science and Applied Mathematics*. 2021;(27):26–32. (In Russ.)
18. Saltanaeva E.A., Eshelioglu R.I., Nabiullina E.A. Prospects for the development of the use of the python programming language in optimizing information processing processes. *Nauchno-tehnicheskij vestnik Povolzh'ya = Scientific and Technical Bulletin of the Volga Region*. 2023;(10):163–165. (In Russ.)
19. Omarova F.A., Drokov M.Yu., Khamaganova E.G. Major histocompatibility complex: history of discovery, evolution, structure, significance in transplantation of allogeneic hematopoietic stem cells. *Transplantologiya = Transplantology*. 2023;15(2):251–265. (In Russ.) <https://doi.org/10.23873/2074-0506-2023-15-2-251-265>
20. Leushina E.A., Amaeva H.R. Transplantation in the treatment of chronic kidney disease. *Vestnik transplantologii i iskusstvennyh organov = Bulletin of Transplantology and Artificial Organs*. 2023;25(S):128. (In Russ.)

21. Turganbekova A.A., Abdrakhmanova S.A., Zhanzakova Zh.Zh., Parkhomenko I.A., Zhangazieva K.Kh., Sausakova S.B. The role of leukocyte antibodies in organ transplantation. Literature review. *Vestnik Kazahskogo nacional'nogo medicinskogo universiteta = Bulletin of the Kazakh National Medical University*. 2022;(4):203–214. (In Russ.) <https://doi.org/10.53065/x9722-5615-3571-n>

22. Syutkin V.E., Salienko A.A., Olisov O.D., Zhuravel S.V., Novruzbekov M.S. The effect of early administration of everolimus against the background of a decrease in the dosage of calcineurin inhibitors on renal function in liver transplant recipients during long-term follow-up. *Transplantologiya = Transplantology*. 2021;13(2):121–129. (In Russ.) <https://doi.org/10.23873/2074-0506-2021-13-2-121-129>

23. Parabina E.V., Fatenkov O.V., Svetlova G.N., Kuvshinova N.Yu. Comparison of the quality of life of patients after kidney transplantation with various immunosuppressive therapy regimens. *Lechashchij vrach = Attending Physician*. 2025;28(1):26–31. (In Russ.) <https://doi.org/10.51793/OS.2025.28.1.004>

Информация об авторах / Information about the Authors

Галушина Елена Николаевна, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры медицинской кибернетики и информатики, Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В. Ф. Войно-Ясенецкого Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Красноярск, Российская Федерация, e-mail: e.n.galushina@gmail.com, ORCID: 0000-0002-5628-0078

Галушин Павел Викторович, кандидат технических наук, доцент кафедры информационно-правовых дисциплин и специальной техники, Сибирский юридический институт Министерства внутренних дел Российской Федерации, г. Красноярск, Российская Федерация, e-mail: galushin.pv@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-8270-9560

Гильдеева Карина Андреевна, врач клинической лабораторной диагностики, Краевая клиническая больница, г. Красноярск, Российская Федерация, e-mail: karinusyagil@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1260-5790

Elena N. Galushina, Candidate of Sciences (Physics and Mathematics), Associate Professor at the Department of Medical Cybernetics and Informatics, Krasnoyarsk State Medical University named after Professor V. F. Voyno-Yasenetsky of the Ministry of Health of the Russian Federation, Krasnoyarsk Russian Federation, e-mail: e.n.galushina@gmail.com, ORCID: 0000-0002-5628-0078

Pavel V. Galushin, Candidate of Sciences (Engineering), Associate Professor at the Department of Information and Legal Disciplines and Special Technology, Siberian Law Institute of the Ministry of Internal Affairs of Russia, Krasnoyarsk, Russian Federation, e-mail: galushin.pv@yandex.ru, ORCID: 0000-0002-8270-9560

Karina A. Gildeeva, Doctor of Clinical Laboratory Diagnostics, Regional Clinical Hospital, Krasnoyarsk, Russian Federation, e-mail: karinusyagil@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1260-5790