

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

BRIEF PAPERS

doi: 10.17586/2226-1494-2022-22-1-217-222

УДК 004.58, 004.89

Внедрение системы поддержки принятия решений для повышения качества медицинских данных пациентов с артериальной гипертензией

Михаил Васильевич Ионов¹, Екатерина Владимировна Болгова²,
Надежда Эдвиновна Звартау³, Наталья Георгиевна Авдониная⁴,
Марина Андреевна Балахонцева⁵✉, Сергей Валерьевич Ковальчук⁶,
Александра Олеговна Конради⁷

^{1,3,4,7} Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова, Санкт-Петербург, 197341, Российская Федерация

^{2,5,6} Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация

¹ Mikeionov90@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3664-5383>

² ekaterina_bolgova@itmo.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6297-1131>

³ n.e.zvartau@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6533-5950>

⁴ zybuljak@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4392-5121>

⁵ mbalakhontceva@itmo.ru✉, <https://orcid.org/0000-0001-7286-3858>

⁶ kovalchuk@itmo.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8828-4615>

⁷ ahleague@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8169-7812>

Аннотация

Цифровизация здравоохранения во многом опирается на аналитику данных, большинство которых содержится в медицинских информационных системах. Такие системы собирают информацию из разнородных источников, в том числе из электронных медицинских карт. Повышение качества данных электронных медицинских карт — современный вызов разработчикам информационных систем для медицинских учреждений. На пути к преодолению проблем человеко-машинного взаимодействия, повышения полноты и достоверности медицинской информации разработана система поддержки принятия решений с расширенным набором вспомогательных функций. В работе исследована применимость существующей системы принятия решений на примере медицинских данных пациентов с артериальной гипертензией. Проведено тестирование системы поддержки принятия решений среди врачей-специалистов. Выполнена оценка влияния предложенной системы на количество ошибок при заполнении электронной медицинской карты. Создан отдельный программный модуль, интегрированный в рабочую версию медицинской информационной системы «qMS» в ФГБУ «НМИЦ им. В.А. Алмазова» Минздрава России. Тестовое внедрение системы позволило снизить количество ошибок и повысить удовлетворенность представленной информацией у пациентов с артериальной гипертензией.

Ключевые слова

системы поддержки принятия решений, ценностно-ориентированная медицина, человеко-компьютерное взаимодействие, цифровизация здравоохранения

Благодарности

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 17-15-01177).

Ссылка для цитирования: Ионов М.В., Болгова Е.В., Звартау Н.Э., Авдониная Н.Г., Балахонцева М.А., Ковальчук С.В., Конради А.О. Внедрение системы поддержки принятия решений для повышения качества медицинских данных пациентов с артериальной гипертензией // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2022. Т. 22, № 1. С. 217–222. doi: 10.17586/2226-1494-2022-22-1-217-222

Implementation of a clinical decision support system to improve the medical data quality for hypertensive patients

Mikhail V. Ionov¹, Ekaterina V. Bolgova², Nadezhda E. Zvartau³, Natalia G. Avdonina⁴,
Marina A. Balakhontceva⁵✉, Sergey V. Kovalchuk⁶, Alexandra O. Konradi⁷

^{1,3,4,7} Almazov National Medical Research Centre, Saint Petersburg, 197341, Russian Federation

^{2,5,6} ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation

¹ Mikeionov90@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-3664-5383>

² ekaterina_bolgova@itmo.ru, <https://orcid.org/0000-0002-6297-1131>

³ n.e.zvartau@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6533-5950>

⁴ zybuljak@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-4392-5121>

⁵ mbalakhontceva@itmo.ru✉, <https://orcid.org/0000-0001-7286-3858>

⁶ kovalchuk@itmo.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8828-4615>

⁷ ahleague@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8169-7812>

Abstract

The digitalization of healthcare relies heavily on data analytics from medical information systems. Such systems aggregate information from heterogeneous sources, including electronic medical records. Improving the quality of data from electronic medical records is a modern challenge for developers of medical information systems. The authors have designed a decision support system with an expanded set of auxiliary functions to solve the problems of human-computer interaction, increasing the completeness and reliability of medical information. In this paper, the applicability of the existing decision-making system is investigated on the example of medical data of patients with arterial hypertension. The testing of the decision support system among medical specialists was carried out. The impact of the implementation of the system on the number of errors when filling out an electronic medical record was assessed. A software module was created integrated into the working version of the medical information system in the Almazov National Medical Research Centre. Test implementation of the system made it possible to reduce the number of errors and increase satisfaction with the information presented in patients with arterial hypertension.

Keywords

decision support systems, value-based medicine, human-computer interaction, digitalization of healthcare

Acknowledgements

The research was supported by the Russian Science Foundation (project No. 17-15-01177).

For citation: Ionov M.V., Bolgova E.V., Zvartau N.E., Avdonina N.G., Balakhontceva M.A., Kovalchuk S.V., Konradi A.O. Implementation of a clinical decision support system to improve the medical data quality for hypertensive patients. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics*, 2022, vol. 22, no. 1, pp. 217–222 (in Russian). doi: 10.17586/2226-1494-2022-22-1-217-222

В последние десятилетия наблюдаются две взаимосвязанных тенденции, напрямую затрагивающие отрасль здравоохранения: информатизация и автоматизация процессов для повышения эффективности оказания медицинской помощи. Эти тренды отражают глобальный процесс перехода от доказательной к ценностно-ориентированной медицине [1]. Стремление к «ценности», а также персонализация и цифровизация предполагают адекватное человеко-компьютерное взаимодействие, под которым понимается корректное использование медицинскими работниками (в первую очередь, врачами-специалистами) медицинских информационных систем (МИС) [2]. Медицинская аналитика предполагает наличие качественной информации в основной структурной единице МИС, электронной медицинской карте (ЭМК), в которой фиксируется информация медицинского характера из разнородных источников в отдельных временных точках [3, 4]. Сбор массива ЭМК и анализ данных позволяют выработать более персонализированный подход к диагностике и лечению [5–7]. Внедрение ЭМК и анализ их содержимого сопряжены с рядом проблем. В основном они касаются качества данных — их полноты, достоверности, согласованности, точности и единообразия [8]. Ограничения должного анализа данных приводит к снижению темпа реализации новых диагностических и лечебных процедур, ведет к стагнации отрасли, и что

более важно — снижению доступности, безопасности и качества получаемой помощи [9, 10]. Важным шагом на пути к преодолению указанных преград стала разработка систем поддержки принятия решений (СППР) с расширенным набором вспомогательных функций. Авторы настоящей работы предполагают, что даже простейшие СППР могут помочь избежать ошибок, опечаток и некорректного ввода данных [11].

На первом аналитическом этапе выполнена оценка полноты и отсутствия противоречий в данных за период 2010–2015 годы (6 лет), извлеченных из ЭМК амбулаторных пациентов с основным диагнозом — артериальная гипертензия. Осуществлен анализ разделов ЭМК с информацией о факторах риска: сердечно-сосудистых осложнений, повреждении органов, обусловленных артериальной гипертензией и метаболических нарушениях (в первую очередь, нарушения углеводного и липидного обмена).

Данные анализировались в соответствии с актуальными клиническими рекомендациями по ведению пациентов с артериальной гипертензией [12]. Выполнен анализ полноты информации (в ЭМК внесена подробная информация о факторах риска сердечно-сосудистых осложнений) и согласованности данных (логика и соответствие рекомендательным документам). Наличие сахарного диабета, гипергликемия натощак, нарушение толерантности к глюкозе и дислипидемия определены

путем автоматизированного интеллектуального анализа данных раздела ЭМК «Диагноз амбулаторный». Информация о назначении дополнительных обследований и лекарственных препаратов была извлечена из раздела «Рекомендации».

В результате аналитического этапа установлено 9 классов основных ошибок (n — число пациентов в каждом классе):

- 1) дислипидемия была указана в диагнозе в 49,9 % ($n = 16\,037$) случаев, но только в 58,5 % ($n = 9389$) назначено соответствующее лечение;
- 2) 67,1 % ($n = 10\,084$) пациентам без дислипидемии не была назначена диагностика, а 14,8 % ($n = 1491$) — рекомендована терапия без должных показаний;
- 3) в 2,4 % ($n = 787$) случаях, согласно лабораторным тестам, диагноз дислипидемии мог быть зафиксирован, но отсутствовал;
- 4) нарушение толерантности к глюкозе и гипергликемия натощак были установлены в 4,5% ($n = 1432$) случаях, но не подтверждены результатами лабораторных тестов;
- 5) в 5,4 % ($n = 1551$) и 1,7 % ($n = 483$) случаях рекомендована оценка гликемии натощак и гликированного гемоглобина соответственно;
- 6) информация об артериальном давлении отсутствовала в 11 % ($n = 3283$) случаях;
- 7) не было указаний об повреждении органов, обусловленных артериальной гипертензией (42–99 % в ЭМК в зависимости от сложности показателей), в том числе данных о предыдущих исследованиях. В разделе «Рекомендации» отсутствовали назначения по выполнению соответствующих обследований;

8) в 94,5 % случаев сахарного диабета диагноз не был подтвержден лабораторно;

9) в 12 % ($n = 3859$) всех обработанных ЭМК фиксировались опечатки и нарушение правил назначения лекарственных препаратов.

На основе установленных классов указанных ошибок выявлены последовательные тренды улучшения качества вносимых данных (формирование кривых обучения, где p — значение уровня значимости, R^2 — коэффициент детерминации). С 2010 по 2012 годы сократились ошибки классов 1 и 2 на 9 % ($p = 0,01$) и класса 7 — на 34 % ($R^2 = 0,93$; $p = 0,04$). Однако, начиная с 2013 года, доля пропусков в указанных областях увеличилась на 42 % ($R^2 = 0,99$; $p = 0,01$) и 64 % ($R^2 = 0,95$; $p = 0,14$) соответственно. Данная волнообразность обусловлена возросшим количеством первичных визитов и врачебной нагрузкой в последние три анализируемых года, так как средние показатели коэффициентов пропорциональности были практически идентичны для ошибок классов 1, 2 и 7.

В рамках экспериментальной части разработана и внедрена СППР, а также проведена оценка ее влияния на количество ошибок при заполнении ЭМК. Система интегрирована в рабочую версию МИС «qMS» в Национальном медицинском исследовательском центре имени В.А. Алмазова, как отдельный программный модуль. В СППР использован массив данных ЭМК из МИС, на их основании расширен интерфейс пользователя, сгенерированы подсказки и уведомления. СППР включает в себя: модули интеграции с МИС, обработки данных и уведомлений, а также интерфейсы работы для врача-специалиста, эксперта и медицинского ад-

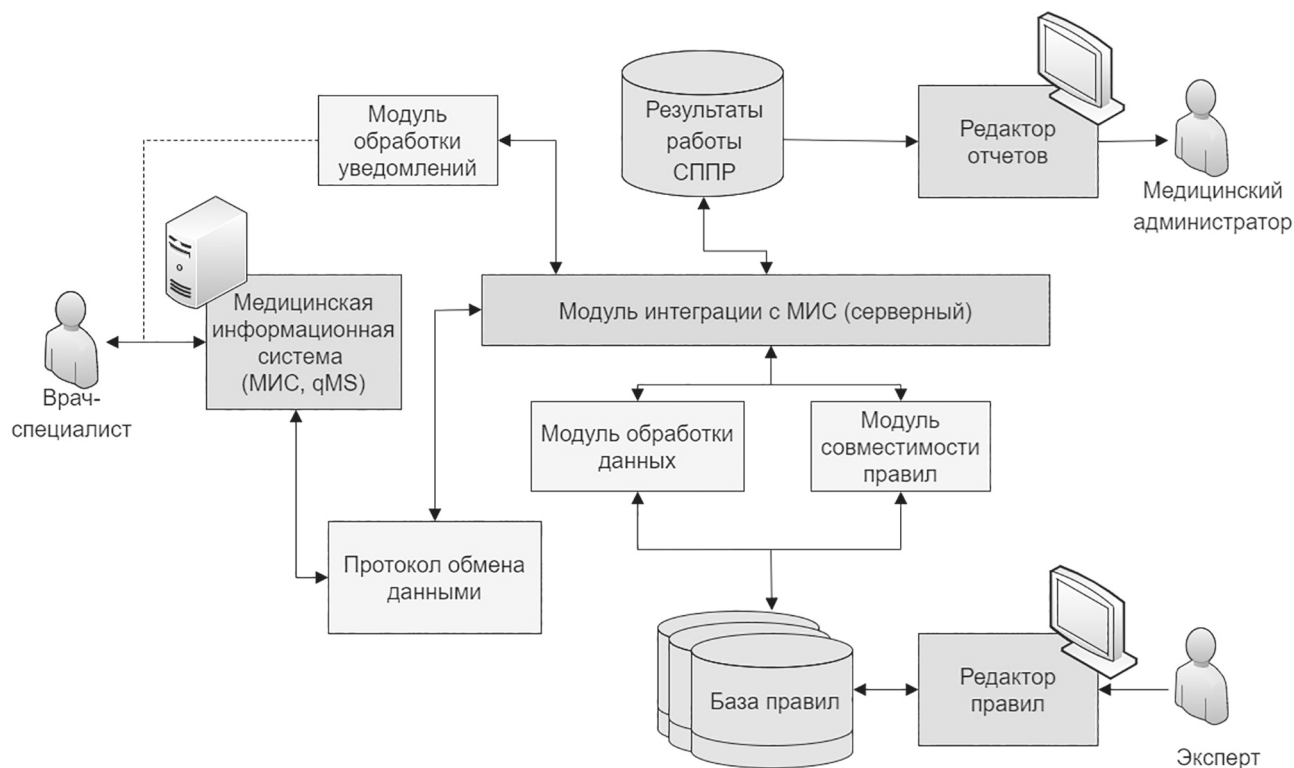


Рис. 1. Общая схема системы поддержки принятия решений, интегрируемой с медицинской информационной системой
Fig. 1. General scheme of the proposed decision support system

министратора. На рис. 1 представлена общая схема архитектуры разработанной СППР.

Введенная вручную в МИС информация выступает основой для базы знаний и правил. На этих данных зациклены процессы контроля знаний, автоматического и полуавтоматического каскадного модельного обучения. Для коррекции ошибок заполнения использован алгоритм формализации естественного языка, а также машинное обучение, включая искусственные нейронные сети, деревья решений и другие классификационные алгоритмы.

В настоящей работе СППР ограничена фиксацией ошибок и уведомлением врачей при погрешностях в заполнении следующих разделов ЭМК: «общий осмотр» (выделение заведомо неправильно вводимых данных); «рекомендации» (анализ электронной библиотеки назначаемых препаратов с контролем их совместимости). В исследовании приняли участие 7 врачей-кардиологов, которые специализируются на ведении пациентов с артериальной гипертензией. Модуль СППР был внедрен на 10 недель. Случайным образом врачи были разделены на две подгруппы: работающие с включенными уведомлениями ($n = 4$) и работающие в режиме «фиксации» без доступа к содержанию уведомлений ($n = 3$). Выполнен анализ 32 158 ЭМК (медиана возраста пациентов — 56 лет; 37 % из них — мужчины). Среди этих пациентов доля лиц с ожирением — 27 % мужчин и 33 % женщин; с дислипидемией 81 %; с нарушениями обмена углеводов — 84 % случаев.

На рис. 2 представлены лепестковые диаграммы результатов анализа для пропусков (_miss) и некорректных значений (_err) в данных для параметров роста, веса, артериального давления (АД), частоты

сердечных сокращений (ЧСС) и обхвата талии (ОТ). За 10 недель зарегистрировано 1280 заполненных ЭМК в активной группе (с уведомлениями), 1060 — в контрольной группе, $p = 0,33$. При анализе ЭМК в контрольной группе доля ошибок составила 63,7 %, что на 14,6 % больше, чем в группе вмешательства ($p_{\text{межгрупповая}} < 0,001$). Из 49,1 % ошибок в активной группе к моменту окончания визитов неисправленными остались 8,7 %. Спустя одну неделю после начала эксперимента отмечено увеличение ошибок (выход количества ошибок на плато), что связано с фактом привыкания к системе и игнорированием уведомлений («событийная усталость»). По результатам интервью с врачами активной группы отмечена полезность и быстрая адаптируемость к работе с СППР. Негативные комментарии касались большого количества всплывающих окон, которые в моменты пиковой нагрузки усложняют работу.

В работе выявлено, что ввод данных в ЭМК без СППР не обеспечивает должного качества и согласованности данных, особенно по отношению к факторам риска сердечно-сосудистых осложнений, повреждений органов, обусловленных артериальной гипертензией и метаболическим нарушениям. Полнота и точность данных, вносимых в ЭМК, формирует основу значительных положительных преимуществ не только здесь и сейчас, но и создает основу для более качественной и «ценной» помощи в будущем. Некорректное сообщение данных о факторах риска и повреждений органов, обусловленных артериальной гипертензией может привести к значительным негативным последствиям для пациента (позднее начало лечения, недостаточно агрессивное лечение вследствие некорректной оценки ри-

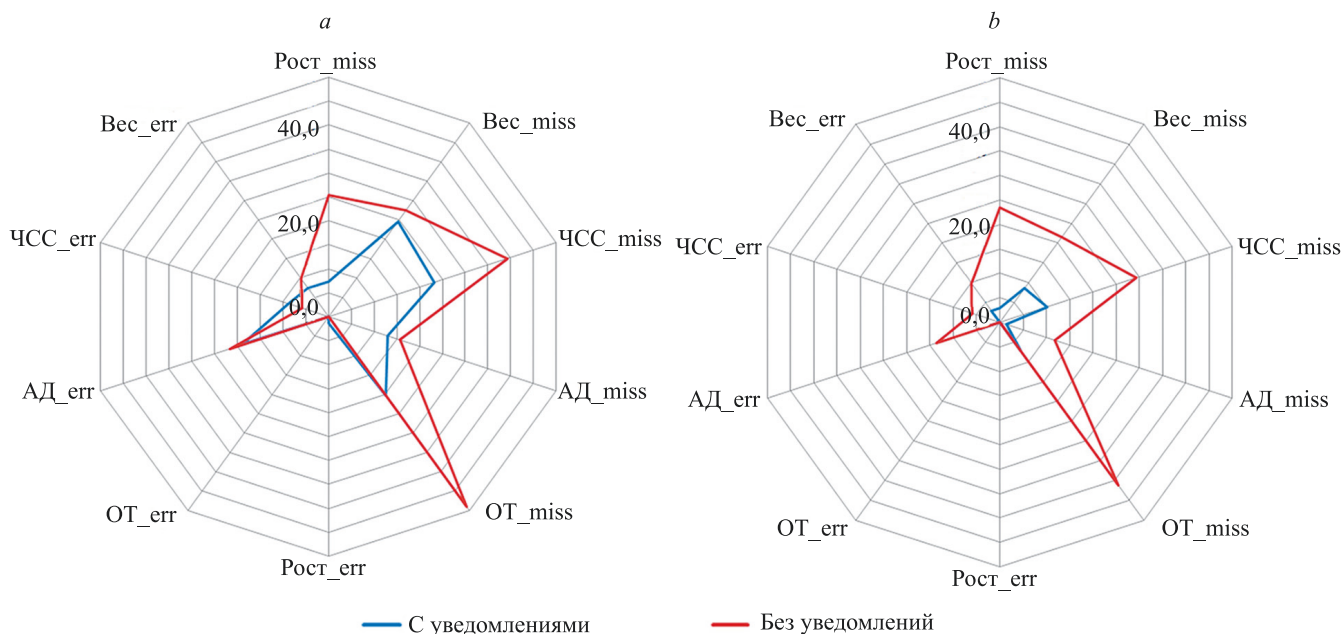


Рис. 2. Доля пользовательских ошибок (в процентах от 0 до 50) за весь период тестирования: общий процент зафиксированных ошибок (а); процент ошибок, оставшихся в медицинской информационной системе (после исправлений) (б)

Fig. 2. The ratio of user errors for the entire testing period: the total number of errors recorded (a); the percentage of errors remaining in the medical information system (after corrections) (b)

ска сердечно-сосудистых осложнений) [13]. Обращает на себя внимание, что начало активной эксплуатации МИС (и следовательно, ЭМК) первоначально ассоциируется с прогрессирующим увеличением полноты и содержательности данных, отражая присутствие кривой обучения. Излишняя рабочая нагрузка негативно сказывается на структурированности данных. Этот факт может свидетельствовать о снижении качества оказания услуг в пользу увеличения их объема [14]. Важно подчеркнуть, что качество оказанной помощи может существенно повлиять на результат лечения; в течение последнего десятилетия многие системы здравоохранения в Западном мире перешли на систему оплаты исходя из качества оказанной помощи вместо оплаты исключительно по ее объему [15, 16].

Простая СППР, интегрированная в МИС, помогает связать между собой различные источники данных, применяя приемы семантического описания и объединения гетерогенной информации. В этой связи уместно вновь упомянуть о необходимости наличия исходного некоторого количества качественно заполненных ЭМК для того, чтобы максимизировать опыт от применения СППР и ее эффективность, что может приблизить исследователей к более надежным и валидным данным реальной клинической практики [17]. Использование СППР с минимальным функционалом способствует значительному снижению количества ошибок, но пре-

дугадать вероятность сохранения такой положительной тенденции затруднительно. Например, результаты аналитической части допускают возникновение внешних причин, мешающих адекватному ручному вводу данных. Основываясь на обратной связи от врачей активной группы (с уведомлениями), продолжение дальнейшей работы может быть направлено на объективизацию мнений специалистов о работе с цифровыми помощниками; с валидированными опросниками для оценки простоты использования цифровых технологий (к примеру, *Technology Acceptance Model*) [18]. Авторы настоящей работы ориентированы на проведение рандомизированного клинического исследования с оценкой клинической и экономической эффективности внедрения СППР.

Показано низкое качество данных ЭМК пациентов с артериальной гипертензией в части факторов риска сердечно-сосудистых осложнений, повреждений органов, обусловленных артериальной гипертензией и метаболических нарушений: часто данные неполны или противоречивы. Выявлена параболическая динамика качества данных в течение 6 лет: положительный тренд первых трех лет нивелирован к концу наблюдения. Интеграция СППР с минимальным функционалом позволяет существенно повысить и структурированность данных в ЭМК и опыт использования МИС.

Литература

1. Шляхто Е.В., Конради А.О., Звартау Н.Э., Ратова Л.Г. Ценностная медицина, или Value-based medicine. СПб.: ООО «Инфо-ра», 2019. 92 с.
2. Cowie M.R., Bax J., Bruining N., Cleland J.G.F., Koehler F., Malik M., Pinto F., Van Der Velde E., Vardas P. e-Health: a position statement of the European Society of Cardiology // *European Heart Journal*. 2016. V. 37. N 1. P. 63–66. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv416>
3. Coorevits P., Sundgren M., Klein G.O., Bahr A., Claerhout B., Daniel C., Dugas M., Dupont D., Schmidt A., Singleton P., De Moor G., Kalra D. Electronic health records: new opportunities for clinical research // *Journal of Internal Medicine*. 2013. V. 274. N 6. P. 547–560. <https://doi.org/10.1111/joim.12119>
4. Jensen P.B., Jensen L.J., Brunak S. Mining electronic health records: towards better research applications and clinical care // *Nature Reviews Genetics*. 2012. V. 13. N 6. P. 395–405. <https://doi.org/10.1038/nrg3208>
5. Dugas M., Lange M., Müller-Tidow C., Kirchhof P., Prokosch H.-U. Routine data from hospital information systems can support patient recruitment for clinical studies // *Clinical Trials*. 2010. V. 7. N 2. P. 183–189. <https://doi.org/10.1177/1740774510363013>
6. Prokosch H.U., Ganslandt T. Perspectives for Medical Informatics. Reusing the electronic medical record for clinical research // *Methods of Information in Medicine*. 2009. V. 48. N 1. P. 38–44. <https://doi.org/10.3414/ME9132>
7. Turisco F., Keogh D., Stubbs C., Glaser J., Crowley W.F. Current status of integrating information technologies into the clinical research enterprise within US academic health centers: strategic value and opportunities for investment // *Journal of Investigative Medicine*. 2005. V. 53. N 8. P. 425–433. <https://doi.org/10.2310/6650.2005.53806>
8. Weiskopf N.G., Weng C. Methods and dimensions of electronic health record data quality assessment: enabling reuse for clinical research // *Journal of the American Medical Informatics Association*. 2013. V. 20. N 1. P. 144–151. <https://doi.org/10.1136/amiajnl-2011-000681>
9. Birkhead G.S., Klompas M., Shah N.R. Uses of electronic health records for public health surveillance to advance public health // *Annual Review of Public Health*. 2015. V. 36. P. 345–359. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-031914-122747>

References

1. Shliakhto E.V., Konradi A.O., Zvartau N.E., Ratova L.G. *Value-based medicine*. St. Petersburg, Info-ra Publ., 2019, 92 p. (in Russian)
2. Cowie M.R., Bax J., Bruining N., Cleland J.G.F., Koehler F., Malik M., Pinto F., Van Der Velde E., Vardas P. e-Health: a position statement of the European Society of Cardiology. *European Heart Journal*, 2016, vol. 37, no. 1, pp. 63–66. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehv416>
3. Coorevits P., Sundgren M., Klein G.O., Bahr A., Claerhout B., Daniel C., Dugas M., Dupont D., Schmidt A., Singleton P., De Moor G., Kalra D. Electronic health records: new opportunities for clinical research. *Journal of Internal Medicine*, 2013, vol. 274, no. 6, pp. 547–560. <https://doi.org/10.1111/joim.12119>
4. Jensen P.B., Jensen L.J., Brunak S. Mining electronic health records: towards better research applications and clinical care. *Nature Reviews Genetics*, 2012, vol. 13, no. 6, pp. 395–405. <https://doi.org/10.1038/nrg3208>
5. Dugas M., Lange M., Müller-Tidow C., Kirchhof P., Prokosch H.-U. Routine data from hospital information systems can support patient recruitment for clinical studies. *Clinical Trials*, 2010, vol. 7, no. 2, pp. 183–189. <https://doi.org/10.1177/1740774510363013>
6. Prokosch H.U., Ganslandt T. Perspectives for Medical Informatics. Reusing the electronic medical record for clinical research. *Methods of Information in Medicine*, 2009, vol. 48, no. 1, pp. 38–44. <https://doi.org/10.3414/ME9132>
7. Turisco F., Keogh D., Stubbs C., Glaser J., Crowley W.F. Current status of integrating information technologies into the clinical research enterprise within US academic health centers: strategic value and opportunities for investment. *Journal of Investigative Medicine*, 2005, vol. 53, no. 8, pp. 425–433. <https://doi.org/10.2310/6650.2005.53806>
8. Weiskopf N.G., Weng C. Methods and dimensions of electronic health record data quality assessment: enabling reuse for clinical research. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 2013, vol. 20, no. 1, pp. 144–151. <https://doi.org/10.1136/amiajnl-2011-000681>
9. Birkhead G.S., Klompas M., Shah N.R. Uses of electronic health records for public health surveillance to advance public health. *Annual Review of Public Health*, 2015, vol. 36, pp. 345–359. <https://doi.org/10.1146/annurev-publhealth-031914-122747>

10. Zhou L., Soran C.S., Jenter C.A., Volk L.A., Orav E.J., Bates D.W., Simon S.R. The relationship between electronic health record use and quality of care over time // *Journal of the American Medical Informatics Association*. 2009. V. 16. N 4. P. 457–464. <https://doi.org/10.1197/jamia.M3128>
11. Старков Е.Ф. Система поддержки принятия решений в медицине // *Вестник новых медицинских технологий*. 2006. № 2. С. 23–24.
12. Williams B., Mancia G., Spiering W., Agabiti Rosei E., Azizi M., Burnier M. et al. 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension // *European Heart Journal*. 2018. V. 39. N 33. P. 3021–3104. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy339>
13. Wang C., Yuan Y., Zheng M., Pan A., Wang M., Zhao M., Li Y., Yao S., Chen S., Wu S., Xue H. Association of age of onset of hypertension with cardiovascular diseases and mortality // *Journal of the American College of Cardiology*. 2020. V. 75. N 23. P. 2921–2930. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2020.04.038>
14. Kaushal R., Shojania K.G., Bates D.W. Effects of computerized physician order entry and clinical decision support systems on medication safety: A systematic review // *Archives of Internal Medicine*. 2003. V. 163. N 12. P. 1409–1416. <https://doi.org/10.1001/archinte.163.12.1409>
15. Ray J.C., Kusumoto F. The transition to value-based care // *Journal of Interventional Cardiac Electrophysiology*. 2016. V. 47. N 1. P. 61–68. <https://doi.org/10.1007/s10840-016-0166-x>
16. Christensen T.J. A framework for guiding efforts to reward value instead of volume // *International Journal of Health Economics and Management*. 2016. V. 16. N 2. P. 175–187. <https://doi.org/10.1007/s10754-015-9178-9>
17. Sim I., Gorman P., Greenes R.A., Haynes R.B., Kaplan B., Lehmann H., Tang P.C. Clinical decision support systems for the practice of evidence-based medicine // *Journal of the American Medical Informatics Association*. 2001. V. 8. N 6. P. 527–534. <https://doi.org/10.1136/jamia.2001.0080527>
18. Sauro J., Dumas J.S. Comparison of three one-question, post-task usability questionnaires // *Proc. of the 27th International Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI)*. 2009. P. 1599–1608. <https://doi.org/10.1145/1518701.1518946>
10. Zhou L., Soran C.S., Jenter C.A., Volk L.A., Orav E.J., Bates D.W., Simon S.R. The relationship between electronic health record use and quality of care over time. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 2009, vol. 16, no. 4, pp. 457–464. <https://doi.org/10.1197/jamia.M3128>
11. Ctarkov E.F. The support system of the making a decision in medicine. *Journal of New Medical Technologies*, 2006, no. 2, pp. 23–24. (in Russian)
12. Williams B., Mancia G., Spiering W., Agabiti Rosei E., Azizi M., Burnier M. et al. 2018 ESC/ESH Guidelines for the management of arterial hypertension. *European Heart Journal*, 2018, vol. 39, no. 33, pp. 3021–3104. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehy339>
13. Wang C., Yuan Y., Zheng M., Pan A., Wang M., Zhao M., Li Y., Yao S., Chen S., Wu S., Xue H. Association of age of onset of hypertension with cardiovascular diseases and mortality. *Journal of the American College of Cardiology*, 2020, vol. 75, no. 23, pp. 2921–2930. <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2020.04.038>
14. Kaushal R., Shojania K.G., Bates D.W. Effects of computerized physician order entry and clinical decision support systems on medication safety: A systematic review. *Archives of Internal Medicine*, 2003, vol. 163, no. 12, pp. 1409–1416. <https://doi.org/10.1001/archinte.163.12.1409>
15. Ray J.C., Kusumoto F. The transition to value-based care. *Journal of Interventional Cardiac Electrophysiology*, 2016, vol. 47, no. 1, pp. 61–68. <https://doi.org/10.1007/s10840-016-0166-x>
16. Christensen T.J. A framework for guiding efforts to reward value instead of volume. *International Journal of Health Economics and Management*, 2016, vol. 16, no. 2, pp. 175–187. <https://doi.org/10.1007/s10754-015-9178-9>
17. Sim I., Gorman P., Greenes R.A., Haynes R.B., Kaplan B., Lehmann H., Tang P.C. Clinical decision support systems for the practice of evidence-based medicine. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 2001, vol. 8, no. 6, pp. 527–534. <https://doi.org/10.1136/jamia.2001.0080527>
18. Sauro J., Dumas J.S. Comparison of three one-question, post-task usability questionnaires. *Proc. of the 27th International Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems (CHI)*, 2009, pp. 1599–1608. <https://doi.org/10.1145/1518701.1518946>

Авторы

Ионов Михаил Васильевич — кандидат медицинских наук, младший научный сотрудник, Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова, Санкт-Петербург, 197341, Российская Федерация, [sc 57200520709](https://orcid.org/0000-0002-3664-5383), <https://orcid.org/0000-0002-3664-5383>, Mikeionov90@gmail.com

Болгова Екатерина Владимировна — кандидат технических наук, доцент, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, [sc 57211535770](https://orcid.org/0000-0002-6297-1131), <https://orcid.org/0000-0002-6297-1131>, ekaterina_bolgova@itmo.ru

Звартан Надежда Эдвиновна — кандидат медицинских наук, доцент, старший научный сотрудник, Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова, Санкт-Петербург, 197341, Российская Федерация, [sc 6506439053](https://orcid.org/0000-0001-6533-5950), <https://orcid.org/0000-0001-6533-5950>, n.e.zvartan@gmail.com

Авдонина Наталья Георгиевна — научный сотрудник, Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова, Санкт-Петербург, 197341, Российская Федерация, [sc 57201382884](https://orcid.org/0000-0002-4392-5121), <https://orcid.org/0000-0002-4392-5121>, zybuljak@gmail.com

Балахонцева Марина Андреевна — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, [sc 57211535770](https://orcid.org/0000-0001-7286-3858), <https://orcid.org/0000-0001-7286-3858>, mbalakhontceva@itmo.ru

Ковальчук Сергей Валерьевич — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Университет ИТМО, Санкт-Петербург, 197101, Российская Федерация, [sc 55382199400](https://orcid.org/0000-0001-8828-4615), <https://orcid.org/0000-0001-8828-4615>, kovalchuk@itmo.ru

Конради Александра Олеговна — доктор медицинских наук, член-корр. РАН, профессор, заведующий научно-исследовательским отделом, Национальный медицинский исследовательский центр имени В.А. Алмазова, Санкт-Петербург, 197341, Российская Федерация, [sc 7004144504](https://orcid.org/0000-0001-8169-7812), <https://orcid.org/0000-0001-8169-7812>, ahleague@mail.ru

Authors

Mikhail V. Ionov — PhD, Junior Researcher, Almazov National Medical Research Centre, Saint Petersburg, 197341, Russian Federation, [sc 57200520709](https://orcid.org/0000-0002-3664-5383), <https://orcid.org/0000-0002-3664-5383>, Mikeionov90@gmail.com

Ekaterina V. Bolgova — PhD, Associate Professor, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation, [sc 57211535770](https://orcid.org/0000-0002-6297-1131), <https://orcid.org/0000-0002-6297-1131>, ekaterina_bolgova@itmo.ru

Nadezhda E. Zvartan — PhD, Associate Professor, Senior Researcher, Almazov National Medical Research Centre, Saint Petersburg, 197341, Russian Federation, [sc 6506439053](https://orcid.org/0000-0001-6533-5950), <https://orcid.org/0000-0001-6533-5950>, n.e.zvartan@gmail.com

Natalia G. Avdonina — Scientific Researcher, Almazov National Medical Research Centre, Saint Petersburg, 197341, Russian Federation, [sc 57201382884](https://orcid.org/0000-0002-4392-5121), <https://orcid.org/0000-0002-4392-5121>, zybuljak@gmail.com

Marina A. Balakhontceva — PhD, Senior Researcher, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation, [sc 57211535770](https://orcid.org/0000-0001-7286-3858), <https://orcid.org/0000-0001-7286-3858>, mbalakhontceva@itmo.ru

Sergey V. Kovalchuk — PhD, Senior Researcher, ITMO University, Saint Petersburg, 197101, Russian Federation, [sc 55382199400](https://orcid.org/0000-0001-8828-4615), <https://orcid.org/0000-0001-8828-4615>, kovalchuk@itmo.ru

Alexandra O. Konradi — D.Sc., Corresponding Member of RAS, Professor, Head of Department, Almazov National Medical Research Centre, Saint Petersburg, 197341, Russian Federation, [sc 7004144504](https://orcid.org/0000-0001-8169-7812), <https://orcid.org/0000-0001-8169-7812>, ahleague@mail.ru