

УДК: 004.89

DOI: 10.30987/2658-6436-2020-3-36-44

М.А. Тараник, Г.Д. Копаница

КОМПЛЕКСНЫЙ МЕТОД ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПРИ ОКАЗАНИИ МЕДИЦИНСКОЙ ПОМОЩИ

В настоящей статье представлена проблема формирования управленческих решений при оказании медицинской помощи. Качественное управление процессами медицинской организации положительно отражается на наиболее важной цели – качестве оказания медицинской помощи. Для получения улучшенного клинического результата необходимо отслеживать процесс оказания медицинской помощи и формировать управленческие и корректирующие действия во время его реализации. Для решения такой задачи в статье предлагается использовать подход с применением системы поддержки принятия решения. Основными компонентами системы являются международный стандарт хранения данных ISO 13606, аппарат нечеткой логики Мамдани, анализ прецедентов. Реализованный подход показал свою эффективность после внедрения в медицинскую организацию, осуществляющую оперативное лечение в рамках программы ОМС.

Ключевые слова: ISO 13606, нечеткая логика, интеллектуальная система, управление при оказании медицинской помощи.

М.А. Taranik, G.D. Kopanitsa

COMPLEX METHOD FOR DECISION SUPPORT IN MEDICAL MANAGEMENT

The article deals with the problem of forming managerial decisions in the provision of medical care. High-quality management of the processes of a medical organization has a positive effect on the most important goal - the quality of medical care. To obtain an improved clinical result, it is necessary to monitor the process of medical care and formulate management and corrective actions during its implementation. To solve this problem, the article proposes to use an approach using a decision support system. The main components of the system are the international data storage standard ISO 13606, Mamdani fuzzy logic apparatus, case analysis. The implemented approach has shown its effectiveness after being introduced into a medical organization that carries out surgical treatment under the compulsory medical insurance program.

Keywords: ISO 13606, Fuzzy logic, intellectual system, medical management.

Введение

Специфика работы и структура объектов здравоохранения во многом затрудняет генерацию и реализацию управленческих решений [1]. С другой стороны, любая медицинская организация (МО), оказывающая медицинские услуги населению, является комплексным системным объектом со своей иерархией, персоналом, бизнес-процессами и т.д. Поэтому может рассматриваться в контексте управляемого объекта.

Эффективное управление в здравоохранении обеспечивает реализацию множества важных целей, среди которых наиболее значимой является качество оказания медицинской помощи (МП). Более того, повышение результативности управления МО является одним из важнейших факторов улучшения качества МП [2, 3]. Таким образом, управленческая деятельность влияет на клинический результат. В свою очередь, результат оказания МП может быть индикатором для формирования управленческих решений для МО.

Другим немаловажным моментом является проблема отсутствия инструментария поддержки деятельности управленца МО, способного в достаточной мере удовлетворить потребности при разрешении проблемных ситуаций [4]. В частности, информационных систем. Это обусловлено такими особенностями предметной области как нечеткость,

неопределенность, сложность построения моделей принятия решений и необходимость использования экспертного опыта. Существующие медицинские информационные системы (МИС) эффективно решают задачи, связанные с автоматизацией деятельности МО, однако данный подход не обеспечит поддержку решения задач управления руководителями МО и структурных подразделений. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений (СППР) способны анализировать данные на качественно ином уровне, принимая во внимания особенности предметной области. В большинстве современных СППР в качестве технологии логического вывода используются такие как Байесовские сети (Bayesian Networks) [5], нечеткая логика (Fuzzylogic) [6], метод опорных векторов (Support Vector Machines) [7], метод k-ближайших соседей (k-Nearest Neighbor) [8], технология Data Mining [9] и т.д. Более того, использование комбинации технологий логического вывода может повысить эффективность обработки данных и достоверность результатов логического вывода. Таким образом, принимая во внимание характерные особенности предметной области здравоохранения, необходимо использование комплексных методов обработки данных для повышения эффективности управления МО при оказании медицинской помощи.

1. Характеристика процесса и взаимодействие контрагентов в рамках ОМС

В рамках МО можно выделить следующие уровни управления по должностным лицам [1]:

1. Стратегический уровень (главный врач);
2. Tактический уровень (заместители главного врача по медицинской части);
3. Оперативный уровень (руководители подразделений, не имеющие в подчинении других руководителей);
4. Заведующие структурными подразделениями;
5. Главные и старшие медсестры.

Представленные участники процессов МО имеют функции по принятию решений относительно процессов, осуществляемых в организации. Наиболее важным процессом в МО является оказание МП, он имеет последовательную структуру. В современной практике все данные процесса отражаются в электронной истории болезни (ЭИБ) пациента. Для представления и анализа был выбран процесс оказания медицинской помощи в рамках программы ОМС. Модель процесса представлена на рисунке 1 в нотации IDEF0.

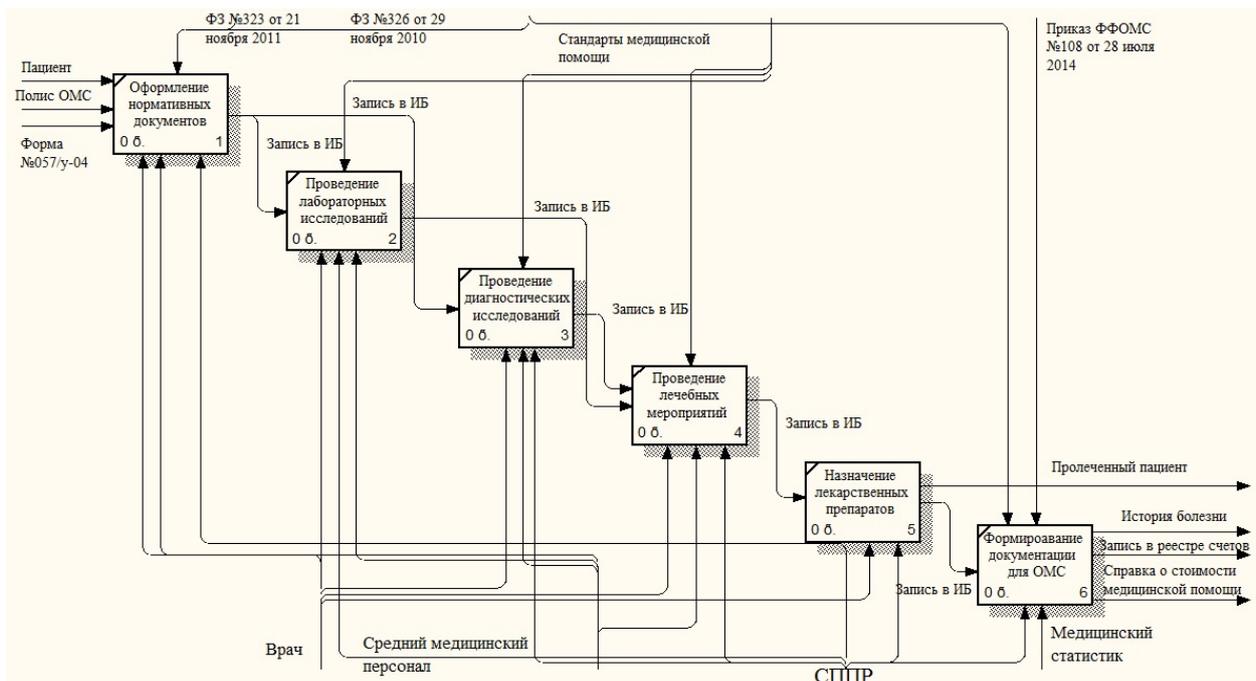


Рис. 1. Уровень А0 модели процесс оказания медицинской помощи

Особенностью работы МО в рамках программы ОМС является получение оплаты за оказанные медицинские услуги от страховой медицинской организации (СМО) по установленным тарифам после проведения экспертизы качества МП методом экспертной оценки контрольной выборки историй болезни и реестра счетов. По результатам экспертизы сумма может быть уменьшена при выявлении нарушений и несоответствия стандартам оказания МП. Описанное взаимодействие можно представить следующей иллюстрацией (рисунок 2).

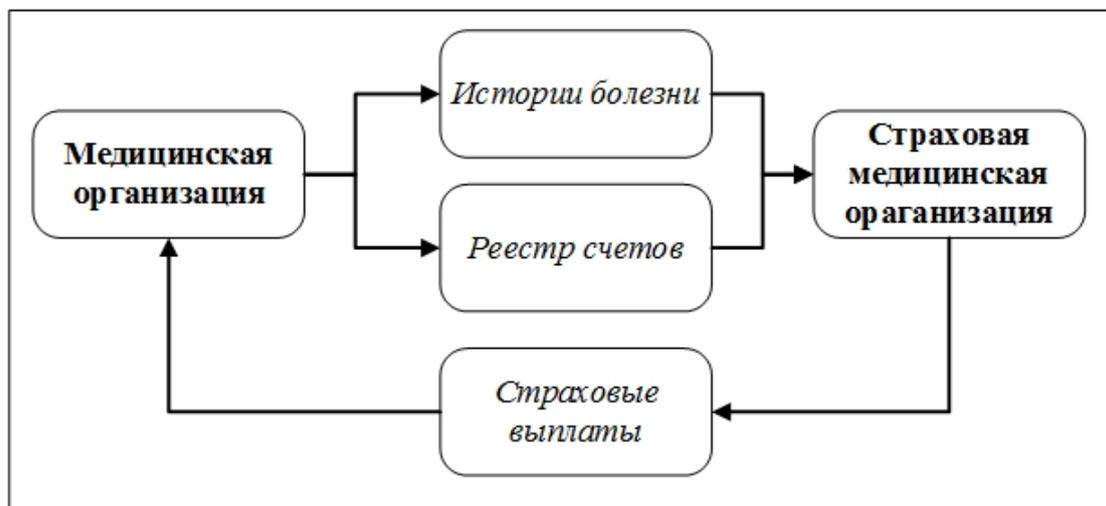


Рис. 2. Взаимодействие участников территориальной программы ОМС

Таким образом, качество оказанной МП и корректность проведения процесса оказания МП в соответствии с медицинскими стандартами влияет на размер страховых выплат. Среди актуальных подходов к повышению качества оказываемых медицинских услуг существует положительный опыт локального контроля медицинской документации, а именно введение экспертных карт, заполняемых заведующими отделений [10]. Таким образом происходит управление и коррекция процесса оказания медицинской помощи. Использование ЭИБ позволяет автоматизировать данный функционал и позволить управлять процессом оказания МП посредством сигналов о несоответствии хода лечебного процесса для ЛПР по завершению каждого из последовательных этапов.

2. Методы

2.1. Принципы проектирования разрабатываемой СППР

Принципы были сформированы на основании выявленных требований субъектов – непосредственных исполнителей исследуемого процесса. Для обоснования выбора был использован метод Саати. В качестве первого принципа был определен *принцип использования комбинированного подхода для поддержки принятия решений*. Потому как применение комбинированного алгоритма логического вывода способствует оптимизации разрабатываемой системы, повышая ее эффективность и достоверность выходных данных, которые являются основой для последующего принятия решений. Следующим принципом стал *принцип построения моделей для оценки качества МП на основе прецедентов*. Среди методов логического вывода в системах интеллектуальной обработки данных также выделяют подходы, которые можно охарактеризовать как концепции более высшего уровня. Одной из таких концепций является использование ранее накопленного опыта для обеспечения логического вывода и формирования прогнозов. Современные исследования в области использования ретроспективного анализа построены на использовании анализа

прецедентов. Основным понятием является прецедент – это структурированное представление накопленного опыта в виде данных и знаний, обеспечивающее его последующую автоматизированную обработку при помощи специализированных программных систем. Решение проблемы начинается с представления ее пользователем в виде нового прецедента. На стадии восстановления (извлечения) из базы прецедентов выбирается один или несколько прецедентов, которые считаются полезными для решения новой проблемы. Прецеденты отбираются, основываясь на подобии (близости) новой проблемы к проблемам, описание которых содержат прецеденты из базы прецедентов. Предполагается, что близкие проблемы имеют подобные решения. Точное представление подобия очень сильно влияет на качество работы системы. Возможность повторного использования в ряде случаев достигается путем адаптации (преобразования) восстановленных решений. На стадии сохранения происходит обучение системы, суть которого заключается в добавлении пересмотренного прецедента в базу прецедентов. Таким образом, опыт решения новой проблемы становится доступным для повторного использования. Для уточнения понятия близости обычно используются понятие метрики. Метрика – это правило, по которому в данном пространстве определяется расстояние между двумя точками. В настоящей работе в качестве решения проблемы организации эффективного алгоритма поиска наиболее близких прецедентов оказания услуг планового оперативного лечения было выбрано Евклидово расстояние.

Следующий принцип был определен как *принцип использования адекватной модели обработки данных в условиях неопределенности*. К числу основных логических моделей, для которых разработаны методы логического вывода, относятся: исчисление высказываний, исчисление предикатов, семантические сети, нечеткая логика (алгоритм Мамдани), дескриптивная логика. Обоснование выбора класса математической модели является одним из наиболее важных этапов при разработке системы, для которого необходим строгий учет особенностей исследуемой предметной области. Так при выборе математической модели для решения задач здравоохранения необходимо учитывать ее конкретную специфику: наличие неопределенности, неполноты, а также персонифицированности медицинских данных и знаний. Если рассматривать проектируемую систему с точки зрения пользователя, то для него наиболее важными критериями при работе с данными являются наличие возможности работы с накопленными знаниями экспертов, высокая скорость обработки данных для соответствующей оптимизации временных ресурсов, а также возможность работы с персонифицированными данными. В качестве решения проблемы организации эффективной системы оценки качества медицинской помощи в рамках программы ОМС была выбрана нечеткая логика.

Четвертый принцип был определен как *принцип использования стандартизированной структуры хранения данных*. Существует несколько наиболее распространенных стандартов хранения и передачи данных электронной истории болезни. Среди них ISO 13606 (Электронная история болезни – общие требования), HL-7 (стандарт электронного обмена документами) и стандарт open EHR (открытая электронная история болезни). При выборе модели хранения данных системы необходимо учитывать такие особенности исследуемой предметной области, как периодические изменения требований к набору анализируемых данных и особенности представления медицинских данных. Кроме того, используемая модель представления данных должна давать полное представление об исследуемой предметной области, с учетом её специфики. Если рассматривать систему с точки зрения пользователя, то для него наиболее важными критериями при работе с данными являются удобный интерфейс, высокая скорость обработки данных, простота редактирования структуры данных и сохранение интероперабельности при передаче данных между системами. В качестве решения проблемы организации эффективной системы хранения и передачи медицинских данных была выбрана модель ISO 13606. Объектная модель клинического случая представлена на рисунке 3.



Рис. 3. Объектная модель клинического случая

Концептуально, для каждого этапа процесса оказания МП будет последовательно сформирована эталонная модель для его оценки и определение корректности этапа (рисунок 4). На основании полученной оценки ответственное ЛПР сможет принимать решения относительно корректирующие действия по оказанию МП.

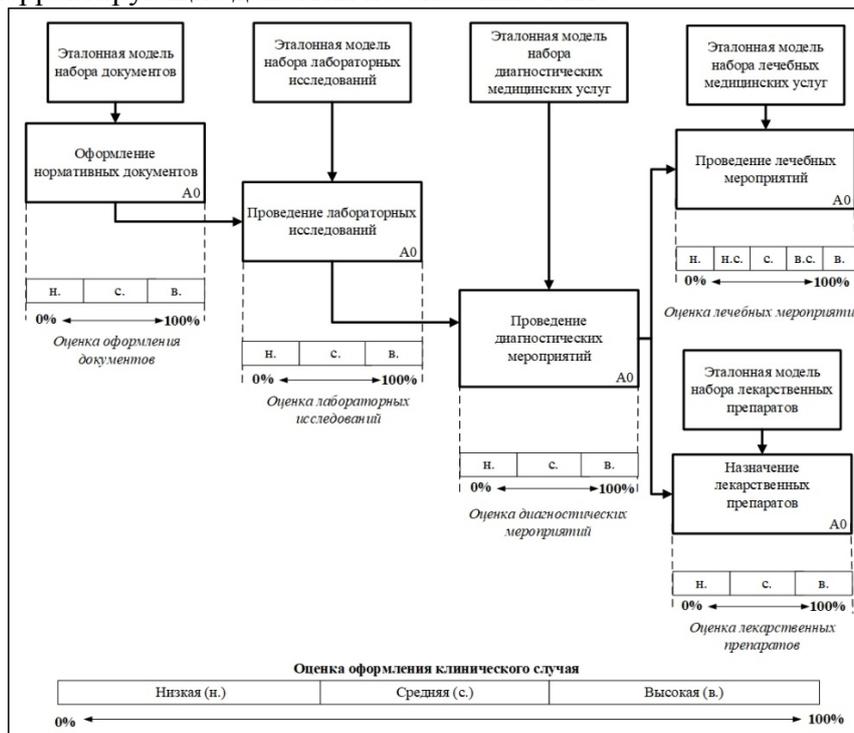


Рис. 4. Эталонные модели оценки этапов процесса оказания медицинской помощи

2.2. Модели и алгоритмы разрабатываемой СППР

Для проектирования комплекса взаимосвязанных моделей разрабатываемой СППР в работе использовался методический подход. Модель СППР оценки качества процесса оказания медицинской помощи в рамках ОМС можно представить в виде совокупности моделей, относящихся к одному из пяти видов:

$$M = \langle M^C, \{M^O\}, \{M^A\}, M^S, \{M^K\} \rangle, \quad (1.1)$$

где M^C – модель классов, M^O – модель объектов, M^A – модель зависимостей атрибутов, M^S – модель компонент системы, M^K – модель координации. В работе каждая модель представлена и рассмотрена подробно. В качестве классов были сущности как Клинический случай, Клинический прецедент, Медицинский стандарт, Правило логического вывода, Нормативный документ, Лабораторное исследование, Диагностическая услуга и др. Сформированные классы содержат методы, позволяющие применять их на каждом из этапов оценки качества процесса оказания медицинской помощи. Модель объектов формируется на базе модели классов. Каждый объект задается следующим образом:

$$o_k = \langle n(o_k), c(o_k), \{d_k(a_m) / cf(d_k(a_m))\} \rangle, \quad (1.2)$$

где $n(o_k)$ – имя объекта; $c(o_k)$ – указатель на класс, на базе которого реализован объект; $d_k(a_m) \in D(a_m) \mid a_m \in A(c(o_k))$ – значение атрибута; $cf(d_k(a_m)) \in [0,1]$ – фактор уверенности в значении атрибута, принимающий значение в интервале от 0 (полная недостоверность) до 1 (абсолютная достоверность).

Для разрабатываемой СППР были разработаны и реализованы следующие алгоритмы:

- Алгоритм поиска прецедентов клинического случая;
- Алгоритм формирования эталонных моделей клинического случая на основе стандартов оказания МП и прецедентов с использованием аппарата нечеткой логики Мамдани;
- Алгоритм оценки корректности ведения медицинской документации клинического случая на основе эталонных моделей с использованием аппарата нечеткой логики Мамдани;
- Алгоритм формирования управленческих рекомендаций и уведомлений о критических местах этапа процесса оказания МП, использующий аппарат нечеткой логики.

3. Результаты

Апробация разработанной СППР была реализована в научно-исследовательском институте Микрохирургии (г. Томск, ОКБ). Проверка осуществлялась на основе данных, предоставленных за 2016. Система позволяет использовать оценку клинического случая как на основании формализованных стандартов оказания МП, так и на основании эталонных моделей, полученных с использованием наиболее близких случаев. Внедрение системы в лечебный процесс НИИ Микрохирургии на стадии начала 2016 года позволило бы повысить корректность оформления медицинской документации за счет своевременного принятия корректирующих управленческих решений в отношении процесса оказания МП и сократить совокупную сумму вычетов по страховым выплатам. Это обуславливается данными в таблице 1, где в графе «сумма штрафа после внедрения» представлено значение страховых вычетов при своевременной коррекции процесса оказания МП.

Таблица. 1. Результаты до и после внедрения СППР

Месяц	Заявленная сумма (руб.)	Фактическая сумма ПОСЛЕ внедрения (руб.) - Стандарты	Фактическая сумма ПОСЛЕ внедрения (руб.) - Прецеденты
ЯНВАРЬ	1574976	1555289	1563164
ФЕВРАЛЬ	1673600	1652680	1661048
МАРТ	1563077	1543539	1551354
АПРЕЛЬ	1925665	1901594	1911223
МАЙ	2048297	2022693	2032935
ИЮНЬ	2003492	1978448	1988466
ИЮЛЬ	1261626	1245856	1252164
АВГУСТ	1430243	1412365	1419516
СЕНТЯБРЬ	1769870	1747747	1756596
ОКТАБРЬ	2163830	2136782	2147601
НОЯБРЬ	1909641	1885770	1895319
ДЕКАБРЬ	1753489	1731570	1740338

На рисунке 5 отображены графики до и после внедрения системы на основе данных НИИ Микрохирургии за 2016 год.

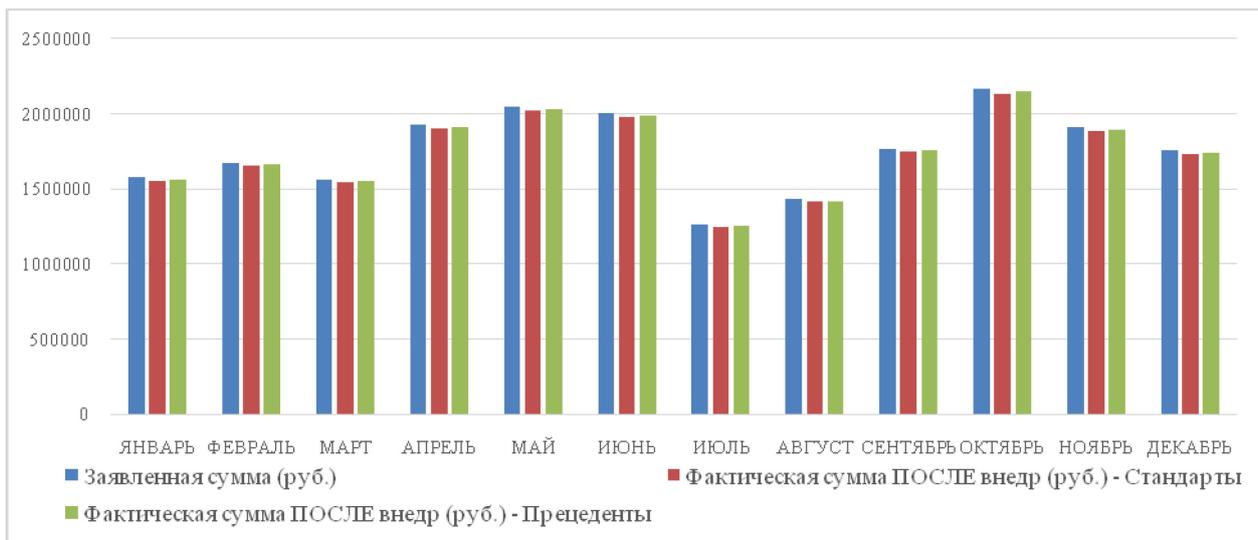


Рис. 2. Сравнение результатов до и после внедрения СППР

В результате, использование системы в 2016 году позволило бы увеличить фактическую сумму страховых выплат. Вместо 20382038,3 руб. за год, принимая во внимание результаты СППР, основанные на медицинских стандарта, было бы возможным получить 20814333,43 руб., а при прецедентном анализе 20919722,46 руб. Таким образом, внедрение СППР в деятельность НИИ Микрохирургии позволило бы увеличить количество фактических страховых выплат за 2016 год в среднем на 2,06% при анализе клинического случая по стандартам и на 2,56 % при прецедентном анализе.

Выводы

Представленный в настоящей статье подход к формированию управленческих решений при оказании медицинской помощи посредством оценки этапов процесса оказания

медицинской помощи позволяет повысить эффективность управления основными процессами МО. Это позволяет улучшить не только качество оказываемых медицинских услуг, но и функционирование МО в целом. Разработанная СППР может быть адаптирована к любой медицинской организации, использующей ЭИБ.

Список литературы:

References:

1. Каширская, Л.В. Управление качеством медицинской помощи как важнейший элемент управления учреждением в сфере здравоохранения / Л.В. Каширская, Ю.Н. Романенкова, Е.Е. Гудименко // Материалы X юбилейной Международной научно-практической Конференции «Региональная специфика и российский опыт развития бизнеса и экономики». - 2019. - С. 182-185.
2. Решетов, Д.Н., Сертакова О.В., Гусаренко С.А. Повышение эффективности управления организациями здравоохранения на основе развития системы предоставления медицинских услуг / Д.Н. Решетов, О.В. Сертакова С.А. Гусаренко // Экономика и социум: Современные модели развития. - 2017. - №18. - С. 145-155.
3. Алексеева, Н.В., Воропинова О.А. Приоритетные направления управления качеством медицинской помощи в организациях здравоохранения // материалы IV международной научно-практической конференции: в 3 томах. ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный университет им. Г. Р. Державина». - 2017. - С. 37-42.
4. Красильников, И.А. Управление системой здравоохранения с использованием имитационного моделирования // Имитационное моделирование, теория и практика. Восьмая Всероссийская научно-практическая конференция по имитационному моделированию его применению в промышленности. - 2017. - С. 432-4237.
5. Paz, J. Biomedic Organizations: An intelligent dynamic architecture for KDD / J. Paz, J. Bajo, V. Lopez [et al] // Information Sciences. – 2013. – № 224. – Pp. 49–61.
6. Uzoka, F. Clinical decision support system (DSS) in the diagnosis of malaria: A case comparison of two soft computing methodologies / F. Uzoka, J. Osuji, O. Obot // Expert Systems with Applications. – 2011. – № 38. – P. 1537–1553.
7. Chao, P. An intelligent classifier for prognosis of cardiac resynchronization therapy based on speckle-tracking echocardiograms / P. Chao, C. Wang, H. Chan // Artificial Intelligence in Medicine. – 2012. – № 54. – P. 181–188.
8. Castillo, O. Hybrid intelligent system for cardiac arrhythmia classification with Fuzzy K-Nearest Neighbors and neural networks combined with a fuzzy system [Text] / O. Castillo, P. Melin, E. Ramirez [et al.] // Expert Systems with Applications. – 2012. – № 39. – P. 2947–2955.
9. Haghghi, P. Development and evaluation of ontology for intelligent decision support in medical emergency management for mass gatherings/ P. Haghghi, F. Burstein, A. Zaslavsky [et al] // Decision Support Systems. – 2013. – № 54. – P. 1192–1204.

1. Kashirskaya, L.V. Upravlenie kachestvom medicinskoj pomoshchi kak vazhnejshij element upravleniya uchrezhdeniem v sfere zdavoohraneniya / L.V. Kashirskaya, YU.N. Romanenkova, E.E. Gudimenko // Materialy X yubilejnoj Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy Konferencii «Regionalnaya specifika i rossijskij opyt razvitiya biznesa i ekonomiki». - 2019. - S. 182-185.
2. Reshetov, D.N., Sertakova O.V., Gusarenko S.A. Povysenie effektivnosti upravleniya organizacijami zdavoohraneniya na osnove razvitiya sistemy predostavljeniya medicinskih uslug / D.N. Reshetov, O.V. Sertakova S.A. Gusarenko // Ekonomika i socium: Sovremennye modeli razvitiya. - 2017. - №18. - S. 145-155.
3. Alekseeva, N.V., Voropinova O.A. Prioritetnye napravleniya upravleniya kachestvom medicinskoj pomoshchi v organizacijah zdavoohraneniya // materialy IV mezhdunarodnoj nauchno- prakticheskoy konferencii: v 3 tomah. FGBOU VO «Tambovskij gosudarstvennyj universitet im. G. R. Derzhavina».- 2017. - S. 37-42.
4. Krasilnikov, I.A. Upravlenie sistemoy zdavoohraneniya s ispolzovaniem imitacionnogo modelirovaniya // Imitacionnoe modelirovanie, teoriya i praktika. Vosmaya Vserossijskaya nauchno-prakticheskaya konferenciya po imitacionnomu modelirovaniyu ego primeneniyu v promyshlennosti. - 2017. - S. 432-4237.
5. Paz, J. Biomedic Organizations: An intelligent dynamic architecture for KDD / J. Paz, J. Bajo, V. Lopez [et al] // Information Sciences. – 2013. – № 224. – Pp. 49–61.
6. Uzoka, F. Clinical decision support system (DSS) in the diagnosis of malaria: A case comparison of two soft computing methodologies / F. Uzoka, J. Osuji, O. Obot // Expert Systems with Applications. – 2011. – № 38. – P. 1537–1553.
7. Chao, P. An intelligent classifier for prognosis of cardiac resynchronization therapy based on speckle-tracking echocardiograms / P. Chao, C. Wang, H. Chan // Artificial Intelligence in Medicine. – 2012. – № 54. – P. 181–188.
8. Castillo, O. Hybrid intelligent system for cardiac arrhythmia classification with Fuzzy K-Nearest Neighbors and neural networks combined with a fuzzy system [Text] / O. Castillo, P. Melin, E. Ramirez [et al.] // Expert Systems with Applications. – 2012. – № 39. – P. 2947–2955.
9. Haghghi, P. Development and evaluation of ontology for intelligent decision support in medical emergency management for mass gatherings/ P. Haghghi, F. Burstein, A. Zaslavsky [et al] // Decision Support Systems. – 2013. – № 54. – P. 1192–1204.

10. Одноволов, О.Т. Опыт работы в многопрофильные больницы по автоматизации экспертной деятельности в системе управления качеством оказания медицинской помощи / О.Т. Одноволов, Н.А. Аршинова, В.В. Пономарев, Я.О. Трусова // Кубанский научный медицинский вестник. - 2018. - №3 (25). - С. 88-96.

10. Odnovolov, O.T. Opyt raboty v mnogoprofilnye bolnicy po avtomatizacii ekspertnoj deyatel'nosti v sisteme upravleniya kachestvom okazaniya medicinskoj pomoshchi / O.T. Odnovolov, N.A. Arshinova, V.V. Ponomarev, YA.O. Trusova // Kubanskij nauchnyj medicinskij vestnik. - 2018. - №3 (25). - S. 88-96.

Статья поступила в редколлегию 28.07.2020.

*Рецензент: д-р. техн. наук, доцент,
Брянский государственный технический университет
Захарова А.А.*

Статья принята к публикации 06.08.2020.

Сведения об авторах

Тараник Максим Алексеевич

Соискатель ученой степени,
АНО ДО «Детский технопарк Кванториум» г. Томск
E-mail: maks.taranic@gmail.com

Копаница Георгий Дмитриевич

К.т.н., PhD, ведущий научный сотрудник Санкт-Петербургского Национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики
E-mail: georgy.kopanitsa@gmail.com

Information about authors:

Taranik Maksim Alekseevich

Degree applicant, Science park Quantorium (Tomsk, Russia)
E-mail: maks.taranic@gmail.com

Kopanitsa Georgy Dmitrievich

PhD, Leading researcher of ITMO University (St. Petersburg, Russia)
E-mail: georgy.kopanitsa@gmail.com