УДК 338.27
JEL C53
DOI: 10.17238/issn1998-5320.2020.14.3.24

Н. Н. Масюк[1], О. М. Куликова[2], Е. В. Усачева[3]

[1]Владивостокский государственный университет экономики и сервиса, г. Владивосток, Российская Федерация

[2]Омская гуманитарная академия, г. Омск, Российская Федерация

[3]Омский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Омск

Применение имитационного моделирования и агентного подхода при решении задач планирования и оптимизации в здравоохранении РФ

Аннотация. Исследование связано с проблемой оценки возможностей применения имитационного моделирования при решении задач экономического планирования и оптимизации в здравоохранении РФ. Цель статьи – выполнить апробацию разработанной имитационной модели оказания медицинской помощи пациентам с ишемической болезнью сердца во всех типах медицинских организаций. Исследование проводилось с применением агентного подхода. По результатам имитационного моделирования рассчитывались показатели, определяющие деятельность медицинских организаций за срок 1 месяц. На основании проведённого моделирования выявлено, что обращаемость пациентов за медицинской помощью имеет в своей структуре сезонную изменчивость: выявлены циклы с периодичностью 1,5, 2, 3 месяца. Для указанных показателей характерен высокий уровень колебаний, что свидетельствует о высоком уровне неопределённости реализации процессов оказания медицинских услуг. Часть пациентов, находящихся в состоянии обострения заболевания, не обращается за получением медицинской помощи. Полученные результаты моделирования могут быть использованы для решения задач оптимизации в здравоохранении.

Ключевые слова: экономика здравоохранения, оказание медицинских услуг, имитационное моделирование в здравоохранении, агентный подход.

Дата поступления статьи: 10 июня 2020 г.

Для цитирования: Масюк Н. Н., Куликова О. М., Усачева Е. В. (2020). Применение имитационного моделирования и агентного подхода при решении задач планирования и оптимизации в здравоохранении РФ // Наука о человеке: гуманитарные исследования. Т. 14. № 3. С. 198–207. DOI: 10.17238/issn1998-5320.2020.14.3.24.

Проблема и цель. Каждый год от неинфекционных заболеваний, по данным Всемирной организации здравоохранения, умирает около 41 млн человек, что составляет 71 % всех случаев смерти в мире [1]. При этом наиболее частой причиной в структуре смертности от указанных болезней являются сердечно-сосудистые заболевания, от которых в мире ежегодно умирает 17,9 млн человек [1, 2]. В России, как и во всём мире, сердечно-сосудистые заболевания уносят жизни многих пациентов [3, 4], что в значительной степени актуализирует необходимость решения вопросов разработки новых подходов и механизмов их диагностики и лечения [5, 6, 7]. Как показывают проводимые исследования, качественное и своевременное оказание медицинской помощи пациентам с такими заболеваниями позволяет не только сохранить им жизнь, но и дать им возможность вести активный образ жизни [8, 9]. Для исследования механизмов обеспечения качества и доступности медицинской помощи населению в современной науке используются методы математического моделирования, в т. ч. имитационного, а также агентного подхода, позволяющие с достаточной точностью описывать поведение пациентов, особенности реализации процессов оказания медицинских услуг в различных условиях [8, 10, 11, 12]. Всё вышесказанное определило цель настоящего исследования – построить и апробировать модель оказания медицинской помощи пациентам с хроническими неинфекционными заболеваниями с применением агентного подхода.

ISSN 1998-5320 (Print)
ISSN 12587-943X (Online)

Методология. Опишем основные положения построения имитационной модели с применением агентного подхода для указанного класса патологии. Основным элементом модели является пациент, обращающийся за медицинской помощью в медицинские организации РФ. Пациент может находиться в одном из двух состояний:

– в состоянии «А» – это состояние хронического неинфекционного заболевания в стадии ремиссии;

– в состоянии «В» – это состояние хронического неинфекционного заболевания в стадии обострения.

Механизм смены состояний не зависит от взаимодействия пациентов и определяется в значительной степени влиянием социально-экономических, поведенческих, экологических и прочих факторов [16, 17]. Следовательно, переход пациента из состояния «А» в состояние «В» и наоборот может быть описан значениями показателя интенсивности перехода – λ_{sk} в такт времени t, задаваемого в большинстве случаев определённым типом распределения вероятности.

При решении задачи моделирования вводятся допущения:

– при выявлении заболевания пациент находится в состоянии «А»;

– в медицинские организации обращаются только пациенты, находящиеся в состоянии «В»;

– пациентов в состоянии «В» обслуживают три типа медицинских организаций: амбулаторно-поликлинические организации, станции скорой медицинской помощи, стационары круглосуточного пребывания.

В рамках медицинского обслуживания пациентов осуществляется спонтанное формирование их потоков в вышеуказанные медицинские организации. Обращаемость пациентов в них определяется либо значениями заданной интенсивности λ_{jm}, которая задаётся аналогично показателю λ_{sk}, либо по тайм-ауту – времени задержки – t_{jm}, которое зависит от тяжести состояния пациента, характера течения заболевания и применения различных схем лечения.

Количество пациентов, находящихся в состоянии «А», меняется в течение периода времени и задаётся выражением:

$$k_t^r = k_{t-1}^r + k_t^{nd} - \sum_{n=1}^{N} k_t^m + \sum_{n=1}^{N} k_t^{mout} + k_t^{rs}, \quad (1)$$

где k_{t-1}^r – количество пациентов, находящихся в состоянии «А», в такт времени t-1,

k_t^{nd} – количество пациентов, которым диагноз установлен впервые, в такт времени t,

k_t^m – количество пациентов, которые перешли из состояния «А» в состояние «В» и нуждаются в медицинской помощи,

k_t^{mout} - количество пациентов, которые перешли из состояния «В» в состояние «А» в результате получения медицинской помощи,

k_t^{rs} – количество пациентов, которые перешли из состояния «В» в состояние «А» без получения медицинской помощи,

N–количество типов медицинских организаций (по умолчанию данное значение равно 3).

Количество пациентов, находящихся в состоянии «В», определяется выражением:

$$k_t^{ed} = k_{t-1}^{ed} + k_t^{sk}, \quad (2)$$

где k_{t-1}^{ed} – количество пациентов, находящихся в состоянии «В», в такт времени t-1,

k_t^{sk} – количество пациентов, перешедших из состояния «А» в состояние «В», в такт времени t.

Динамика входного потока пациентов в j-й тип медицинских организаций задаётся выражением:

$$\frac{dR_j(t)}{dt} = k_t^{jm}, \quad (3)$$

где k_t^{jm} – количество пациентов, обращающих за медицинской помощью в j-й тип медицинских организаций в такт времени t.

Ключевым показателем, характеризующим медицинское обслуживание пациентов в амбулаторно-поликлинических организациях, является количество посещений врача-терапевта в такт времени t за период времени T, значения которого могут быть определены по формуле:

$$k_t^{cm} = \left| \frac{k_t^{incm} - k_{t-1}^{incm}}{2} \right| + k_t^{racm}, \quad (4)$$

где k_t^{incm} – количество пациентов, находящихся на лечении у врача-терапевта в такт времени t,

k_{t-1}^{incm} – количество пациентов, находящихся на лечении у врача-терапевта в такт времени t-1,

k_t^{racm} – количество пациентов, которые повторно обращаются к врачу-терапевту.

Показателем, характеризующим медицинское обслуживание в стационарах круглосуточного пребывания, является количество пациентов в такт времени t, находящихся в них на лечении.

Показателем, характеризующим медицинское обслуживание пациентов бригадами скорой медицинской помощи, является количество пациентов, которым оказан данный вид медицинской помощи в такт времени t.

Количество пациентов, находящихся в состоянии «В», но не обратившихся за медицинской помощью в такт времени t, определяется по формуле:

$$k_t^{edno} = k_{t-1}^{ed} + k_t^{sk} - k_t^{jm}$$

статистические данные, нормативные документы, регулирующие порядок оказания медицинской помощи пациентам в РФ [15].

Имитационная модель разработана с применением языка программирования Python 3.7. Статистически расчёты и визуализация результатов моделирования выполнена в MSExcel 2010, Statistica 6.

На начало 2019 г. в Омской области зарегистрировано 101 796 пациентов с ИБС, в течение года выявлено 25 310 случаев заболевания, умерло 4842 пациента по причине ИБС.

Период моделирования – 365 дней, такт времени – 1 день.

Концептуальная модель, задающая потоки в рамках медицинского обслуживания пациентов с ИБС в организациях системы здравоохранения в Омской области, приведена на рис. 1.

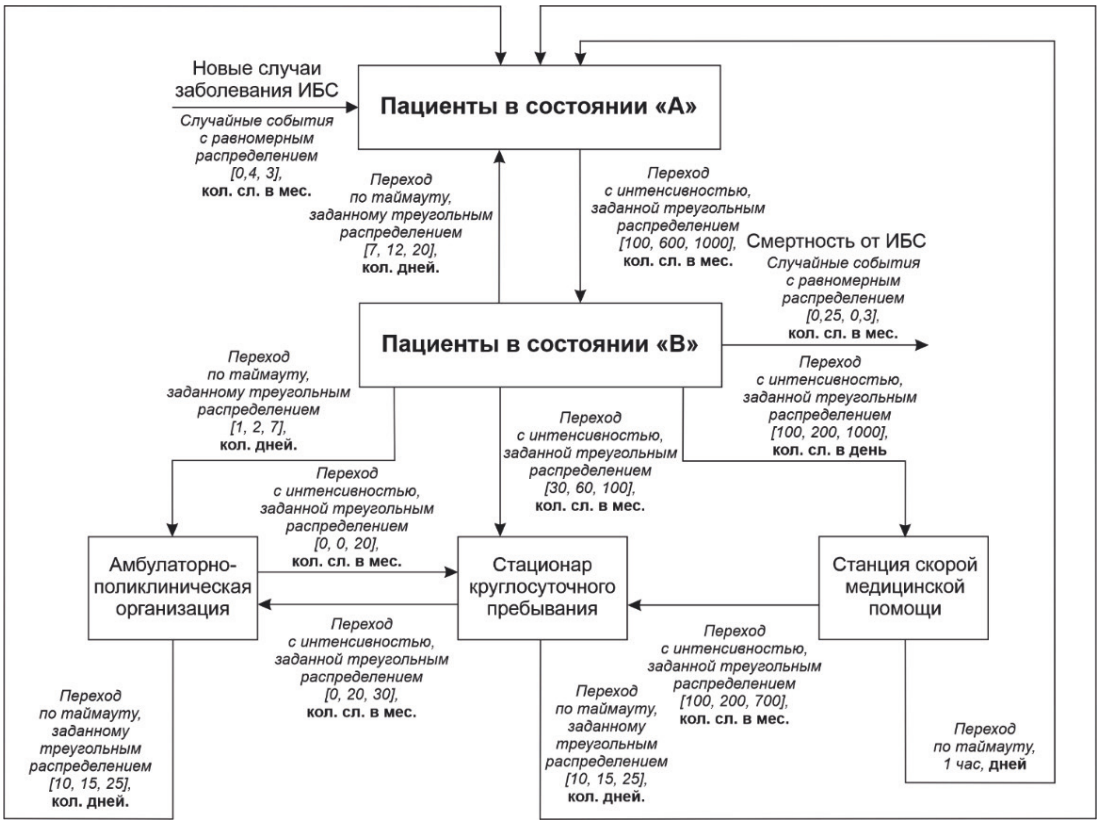

Рис. 1. Концептуальная модель, задающая потоки в рамках медицинского обслуживания пациентов с ишемической болезнью сердца

Результаты. Исследование проводилось с использованием данных официальной статистики о заболеваемости населения Омской области ишемической болезнью сердца (ИБС) за 2019 г., взятых с сайта Министерства здравоохранения РФ [13] и ЕМИСС. Для расчёта показателей интенсивности использованы

При задании вероятностных характеристик течения ИБС у пациентов и их обслуживания в медицинских организациях региона использованы равномерное и треугольное распределения. Равномерное распределение является непрерывным распределением, ограниченным с обеих сторон минимальным

ISSN 1998-5320 (Print)
ISSN 12587-943X (Online)

и максимальным значениями – $[x_{min}, x_{max}]$. Это частный вид бета-распределения, и он часто используется в моделях гибели и размножения [17]. Треугольное распределение, также непрерывное распределение, ограниченное с обеих сторон, используется при недостатке статистических данных об исследуемом процессе. При задании треугольного распределения указываются следующие значения: минимальное, максимальное, мода (наиболее вероятное) – $[x_{min}, x_{mo}\ x_{max}]$ [17].

Первичная выявляемость пациентов с ИБС в имитационной модели задана как совокупность случайных событий, возникновение которых в месяц задано равномерным распределением с ограничениями [0,4; 3]. Аналогично задана динамика смертности пациентов от ИБС в течение года; при этом использованы следующие минимальное и максимальное значения: [0,25; 0,3]. Переход пациентов из состояния «А» в состояние «В» определяется показателем интенсивности λ_{sk} в месяц, значения которого задаются треугольным распределением с показателями [100, 600, 1000]. Переход пациентов из состояния «В» в состояние «А» без получения ими медицинской помощи задаётся в месяц по тайм-ауту, значения которого определяются треугольным распределением с показателями [7, 12, 20], который характеризует самостоятельное достижение состояния компенсации (рис. 1).

Обращаемость пациентов в медицинские организации и характеристики формируемых потоков между ними задаются показателями интенсивности, которые определяются распределениями, приведёнными в концептуальной модели (рис. 1).

Опишем результаты проведённого имитационного моделирования. На рис. 2, 3, 4 приведены графики, определяющие динамику изменения показателей, характеризующих медицинское обслуживание пациентов с ИБС в различных типах медицинских организаций в 2019 г.

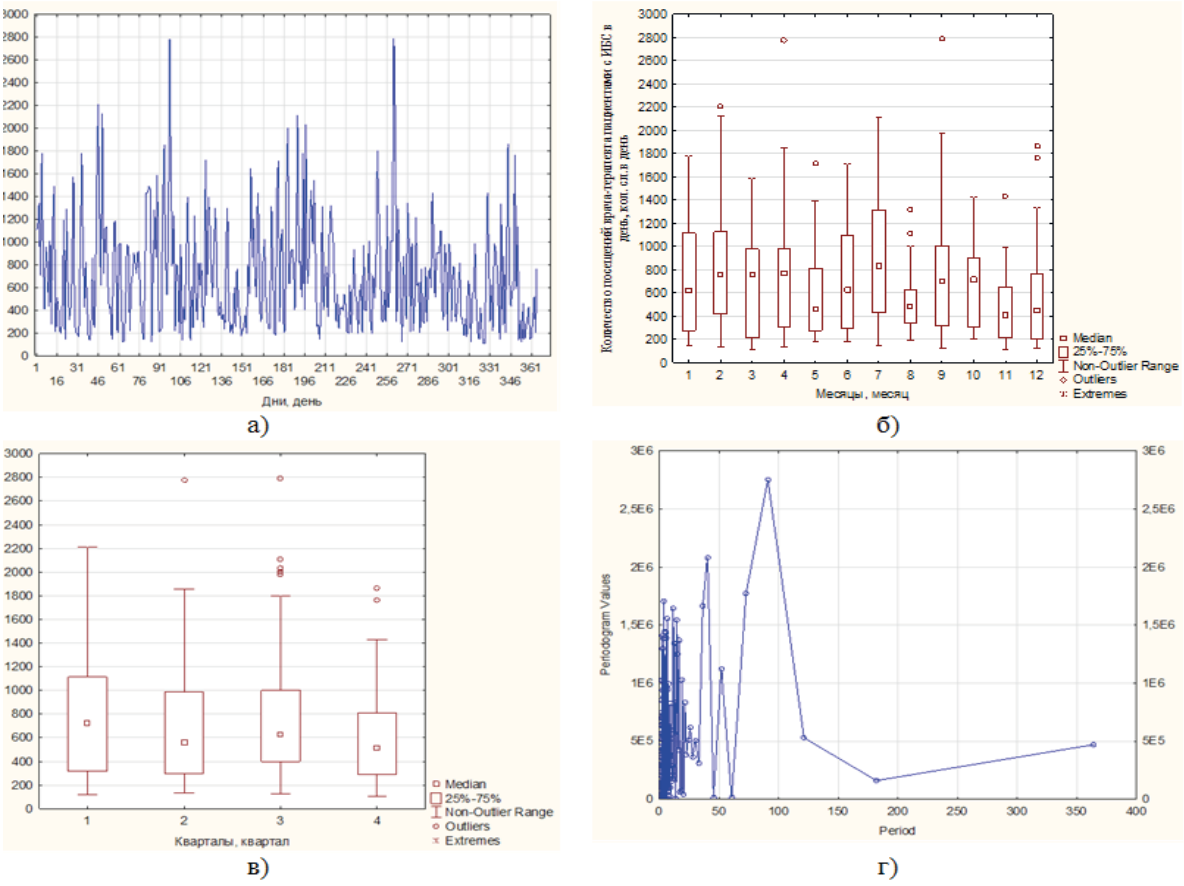

Рис. 2. Характеристики временного ряда, характеризующего оказание медицинской помощи в амбулаторно-поликлинических организациях пациентам с ИБС в Омском регионе в 2019 г.

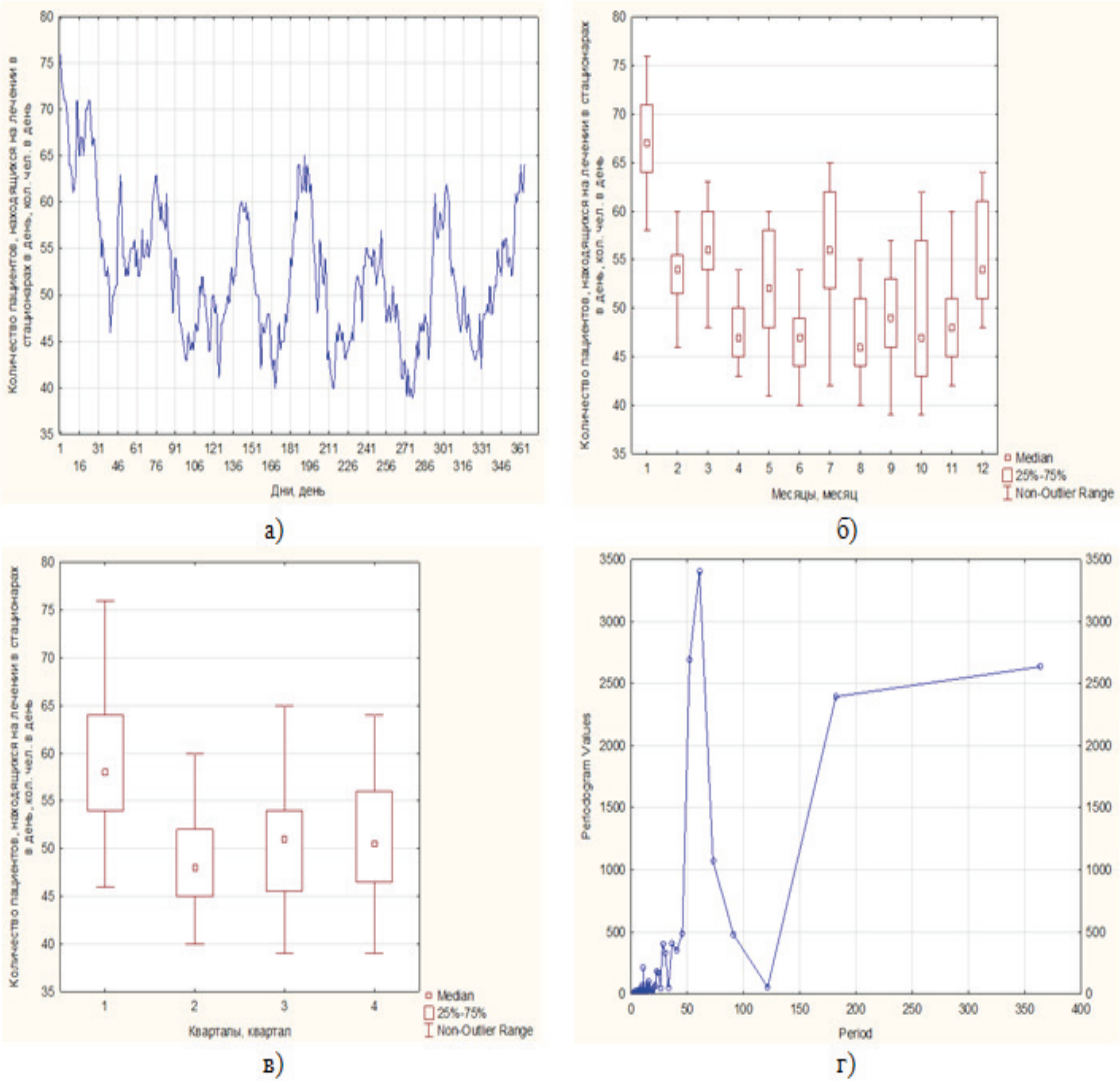

Рис. 3. Характеристики временного ряда, характеризующего оказание медицинской помощи в стационарах пациентам с ИБС в Омском регионе в 2019 г.

На рис. 2.: а) количество посещений врача-терапевта пациентами с ИБС в день в течение года; б) диаграмма размаха, характеризующая оказание медицинской помощи пациентам с ИБС в амбулаторно-поликлинических организациях по месяцам; в) диаграмма размаха, характеризующая оказание медицинской помощи пациентам с ИБС в амбулаторно-поликлинических организациях по кварталам; г) периодограмма для временного ряда, характеризующая оказание медицинской помощи пациентам с ИБС в амбулаторно-поликлинических организациях.

На рис. 3.: а) количество пациентов с ИБС, находящихся на лечении в стационарах в день в течение года; б) диаграмма размаха, характеризующая оказание медицинской помощи пациентам с ИБС в стационарах по месяцам; в) диаграмма размаха, характеризующая оказание медицинской помощи пациентам с ИБС в стационарах по кварталам; г) периодограмма для временного ряда, характеризующая оказание медицинской помощи пациентам с ИБС в стационарах.

На рис. 4.: а) количество пациентов, которым оказана скорая медицинская помощь в день в течение года; б) диаграмма размаха, характеризующая оказание скорой медицинской помощи пациентам с ИБС по месяцам; в) диаграмма размаха, характеризующая оказание скорой медицинской помощи пациентам с ИБС по кварталам; г)

ISSN 1998-5320 (Print)
ISSN 12587-943X (Online)

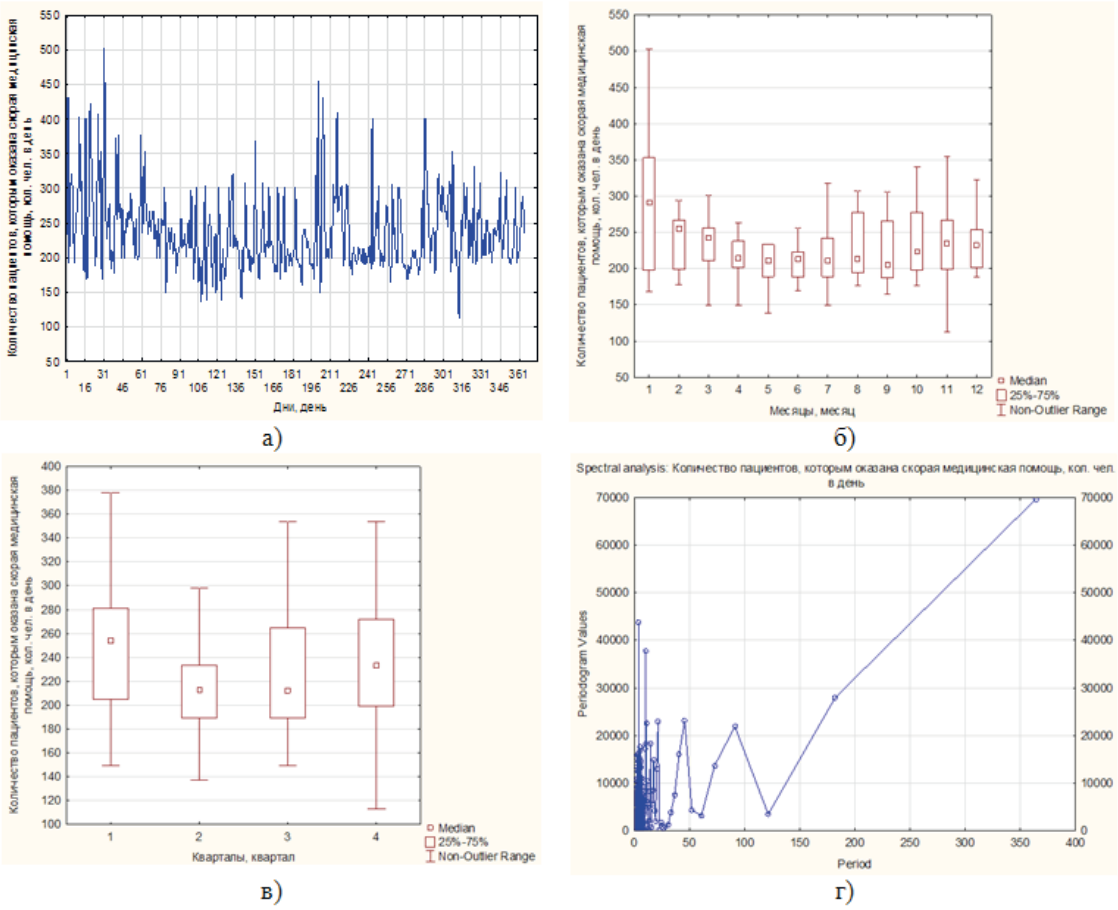

Рис. 4. Характеристики временного ряда, характеризующего оказание скорой медицинской помощи пациентам с ИБС в Омском регионе в 2019 г.

периодограмма для временного ряда, характеризующая оказание скорой медицинской помощи пациентам с ИБС.

Для выявления сезонной составляющей и периодов циклов в исследуемых временных рядах использован спектральный анализ.

На рис. 5 приведена динамика изменения за день в месяц среднего количества пациентов, находящихся в состояниях «А» и «В» и не обращающихся по каким-либо причинам за медицинской помощью в медицинские организации региона. Синим цветом показано количество пациентов с ИБС, не обращающихся по каким-либо причинам за медицинской помощью в медицинские организации региона, в день, находящихся в состоянии «А», красным цветом – находящихся в состоянии «В».

Выполним интерпретацию полученных результатов моделирования. На основании проведённого имитационного моделирования выявлено, что обращаемость пациентов с ИБС за медицинской помощью во все типы медицинских организаций, характеризуется высоким уровнем колебаний. Все временные ряды, характеризующие медицинское обслуживание указанных пациентов, в своей структуре имеют сезонную составляющую: уровень загруженности медицинских организаций Омской области возрастает с определённой периодичностью. Для обращаемости пациентов в амбулаторно-поликлинические организации характерны циклы, лежащие в рамках сезонной изменчивости, периодичностью около 3 месяцев, для обращаемости в стационары – циклы около 2 месяцев, для обращаемости за скорой медицинской помощью – циклы с периодичностью 1,5 и 3 месяца. При этом востребованность всех видов медицинской помощи пациентами с ИБС снижается к началу и концу лета. Возможно, это связано с климатическими условиями в регионе.

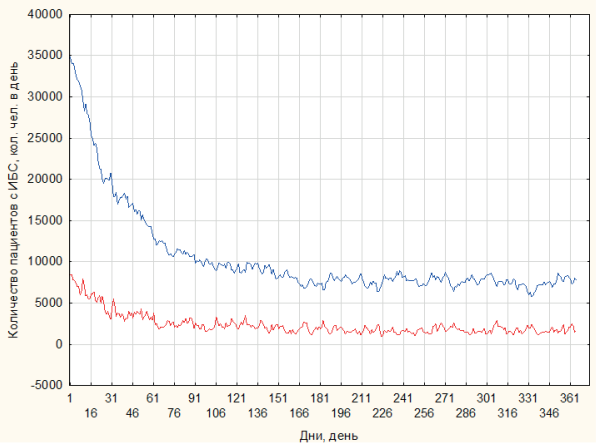

Рис. 5. Динамика изменения среднего количества пациентов за день в месяц, находящихся в состояниях «А» и «В» и не обращающихся по каким-либо причинам за медицинской помощью в медицинские организации региона

Результаты проведённого моделирования подтверждаются и в других исследованиях [16, 17]

Количество пациентов, находящихся в состоянии «В» и не обращающихся по каким-либо причинам за медицинской помощью в медицинские организации региона, значительно не меняется в течение года и в среднем составляет 2371 чел. в день (рис. 3).

Показатель, определяющий количество пациентов, находящихся в состоянии «А», имеет высокие значения в зимний период, что связано с накоплением количества случаев впервые выявленного ИБС в течение предыдущего года. Также значения указанного показателя не подвержены сезонным колебаниям, и в среднем количество пациентов, находящихся в состоянии «А», составляет 10511 чел. в день.

Выводы. На основании проведённого имитационного моделирования и вычислительного эксперимента могут быть сделаны следующие выводы.

1. Имитационное моделирование в комплексе с агентным подходом позволяет описывать распространение неинфекционных заболеваний среди населения регионов РФ и процессы оказания медицинской помощи им с достаточной точностью.

2. Обращаемость пациентов с хроническими неинфекционными заболеваниями за медицинской помощью имеет сезонный характер. В структуре временных рядов, характеризующих медицинское обслуживание пациентов, выявлены циклы периодичностью 1,5, 2, 3 месяца.

4. Часть пациентов с хроническими неинфекционными заболеваниями, находящихся в состоянии обострения, не обращается за медицинской помощью; при этом их количество стабильно, меняется незначительно во времени и не носит сезонный характер.

5. Медицинское обслуживание не охватывает всех пациентов с ИБС, находящихся в состоянии обострения.

Все это свидетельствует о высоком уровне стохастичности реализуемых процессов в системе отечественного здравоохранения, влиянии на них множества различных по природе и направлению факторов, что требует разработки современных механизмов и методов управления, позволяющих повысить качество и доступность медицинского обслуживания населения. При этом необходимо рационализировать формирование и распределение ресурсов в указанной сфере с учётом сезонной составляющей и востребованности медицинской помощи населением. Полученные результаты имитационного моделирования могут быть использованы для планирования и оптимизации деятельности медицинских организаций региона.

Источники

1. Неинфекционные заболевания [Электронный ресурс] // Всемирная организация здравоохранения. URL:https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases (дата обращения 04.06. 2020).

2. Bonnefont-Rousselot D. Resveratrol and cardiovascular diseases. Nutrients, 2016, vol. 8, no. 5, p. 250.

3. Концевая А. В., Драпкина О. М., Баланова Ю. А., Имаева А. Э., Суворова Е. И., Худяков М. Б. Экономический ущерб сердечно-сосудистых заболеваний в Российской Федерации в 2016 году // Рациональная фармакотерапия в кардиологии. М. : Столичная изд. компания, 2018. № 2. Т. 14. С. 156–166.

4. Бойцов С. А., Шальнова С. А., Деев А. Д. Смертность от сердечно-сосудистых заболеваний в Российской Федерации и возможные механизмы её изменения // Журнал неврологии и психиатрии им. С. С. Корсакова. М. : Науч. центр псих. здоровья, 2018. № 8. Т. 118. С. 98–103.

5. Aaron K. J. et al. Cardiovascular health and healthcare utilization and expenditures among medicare beneficiaries: the Reasons for Geographic And Racial Differences in Stroke (REGARDS) study. Journal of the American Heart Association, 2017, vol. 6. no.2, P. 5106.

6. Riley R. et al. Experiences of patients and healthcare professionals of NHS cardiovascular health checks: a qualitative study //Journal of Public Health, 2016, vol. 38, no. 3, pp. 543–551.

7. Mukamal K. J. et al. Metabolic clusters and outcomes in older adults: the cardiovascular health study. Journal of the American Geriatrics Society, 2018, vol. 66, no. 2, pp. 289–296.

8. Ляпин В. А., Куликова О. М., Усачева Е. В., Романов А. А. Прогнозирование потока пациентов в медицинские организации в зависимости от потребности в медицинских услугах // Региональная экономика: теория и практика. М. : Финансы и кредит, 2019. № 6 (465). Т. 17. С. 1189–1204.

9. Бегичева С. В. Применение имитационного моделирования для выделения факторов формирования потребности населения в услугах скорой медицинской помощи // IX Всерос науч.-практ. конф. по имитационному моделированию и его применению в науке и промышленности (16–19 сентября 2019 г.). Екатеринбург : Изд-во УрГПУ, 2019. С. 362–367.

10. Ordu M. et al. A novel healthcare resource allocation decision support tool: A forecasting-simulation-optimization approach . Journal of the operational research society, 2020, no. 2. pp. 1–16.

11. Oueida S., Aloqaily M., Ionescu S. A smart healthcare reward model for resource allocation in smart city. Multimedia tools and applications, 2019, vol. 78, no. 17, pp. 24573–24594.

12. Горбачев Д. В., Кузнецов О. Ю., Ямников О. А. Дискретно-стохастическая модель для анализа пространства состояний пациента // Научно-технический вестник Поволжья. Казань : Рашн Сайнс, 2019. № 5. С. 89–92.

13. Единая межведомственная информационно-статистическая система (ЕМИСС) [Электронный ресурс]. URL: https://fedstat. ru/ (дата обращения : 20.01.2020)

14. HelpAnyLogic [Electronic resource]. URL: https://help.anylogic.ru/ (accessed 20.01.2020)

15. Ориентировочные сроки временной нетрудоспособности при наиболее распространенных заболеваниях и травмах (в соответствии с МКБ-10) : рекомендации для руководителей лечебно-профилактических учреждений и лечащих врачей, специалистов – врачей исполнительных органов Фонда социального страхования Российской Федерации // Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации [Электронный ресурс] URL:http://docs.cntd.ru/document/902358945 (дата обращения 04. 06.2020).

16. Карпов Ю. А. и др. Влияние климатических и метеорологических факторов на течение ишемической болезни сердца // Кардиологический вестник. М. : Медиа Сфера, 2013. Т. 8. № 2. С. 41–48.

17. Баланова Ю. А. и др. Избыточная смертность населения в Москве в зимний период и её экономическое значение в 2007–2014 гг. // Российский кардиологический журнал. М. : Селицея-Полиграф, 2015. № 11 (127). С. 17–26.

Информация об авторах

Наталья Николаевна Масюк

Доктор экономических наук, профессор кафедры экономики и управления.

Владивостокский государственный университет экономики и сервиса (690014, РФ, г. Владивосток, ул. Гоголя, 41). ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-8055-8597. Scopus Author ID: 6507099557. E-mail: Natalya.Masyuk@vvsu.ru

Куликова Оксана Михайловна

Кандидат технических наук, доцент, научный сотрудник кафедры информатики, математики и естественно-научных дисциплин. Омская гуманитарная академия (644105, РФ, г. Омск, ул.4-я Челюскинцев, 2а). ORCID ID: http://orcid.org/0000-0001-9082-9848. Scopus Author ID: 57190430877. E-mail: ya.aaaaa11@yandex.ru

Усачева Елена Владимировна
Кандидат медицинских наук, доцент кафедры пропедевтики внутренних болезней. Омский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации (644050, РФ, г. Омск, ул. Ленина, 12). ORCID ID: http://orcid.org/0000-0002-6134-1533. Scopus Author ID: 56380398700. E-mail: elenav.usacheva@yandex.ru

N. N. Masyuk[1], O. M. Kulikova[2], E. V. Usacheva[3]

[1]Vladivostok State University of Economics and Service, Vladivostok, Russian Federation

[2]Omsk Humanitarian Academy, Omsk, Russian Federation

[3]Omsk State Medical University, Omsk, Russian Federation

Simulation modeling and agent approach for planning and optimization in healthcare of the Russian Federation

Abstract. The article is concerned with the problem of assessing the possibilities of using simulation to solve problems of economic planning and optimization in the healthcare sector of the Russian Federation. The aim of the article is to test the developed simulation model for providing medical care to patients with coronary heart disease in all types of medical organizations. The study was conducted using an agent approach. Based on the results of simulation modeling, indicators were calculated that determine the activity of medical organizations per month. It has been found that the patient's medical appeal has seasonal variability in its structure: cycles with a frequency of 1.5, 2, 3 months are revealed. These indicators are characterized by a high level of fluctuation, which indicates a high level of uncertainty in the implementation of the processes of providing medical services. Some patients who are in a state of exacerbation of the disease do not apply for medical care. Summing up the results, it can be concluded that the obtained simulation results can be used to solve optimization problems in healthcare.

Keywords: healthcare economics, provision of medical services, simulation modeling in healthcare, agent approach.

Paper submitted: June 10, 2020

For citation: Masyuk N. N., Kulikova O. M., Usacheva E. V. (2020). Application of simulation modeling and agent approach in solving planning and optimization problems in healthcare of the Russian Federation. The Science of Person: Humanitarian Researches, vol. 14, no. 3, pp. 198–207. DOI: 10.17238/issn1998-5320.2020.14.3.24.

References

1. Noncommunicable diseases. World Health Organization. [Electronic resource]. Available at: https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/noncommunicable-diseases (accessed 04.06.2020). (In Russian).
2. Bonnefont-Rousselot D. Resveratrol and cardiovascular diseases. Nutrients. 2016, Vol. 8, no 5, p. 250.
3. Kontsevaya A.V., Drapkina O.M., Balanova Yu.A., Imaeva A.E., Suvorova E.I., Khudyakov M.B. Economic damage to cardiovascular diseases in the Russian Federation in 2016. Rational Pharmacotherapy in Cardiology, 2018. Vol. 14, no. 2, pp.156-166. DOI: 10.20996/1819-6446-2018-14-2-156-166. (In Russian).
4. Boytsov S. A., Shalnova S. A., Deev A. D. Mortality from cardiovascular diseases in the Russian Federation and possible mechanisms for its change. Journal of Neurology and Psychiatry named after S.S. Korsakova, 2018. Vol. 118, no. 8, pp. 98-103. (In Russian).
5. Aaron K. J. et al. Cardiovascular health and healthcare utilization and expenditures among medicare beneficiaries: the REasons for Geographic And Racial Differences in Stroke (REGARDS) study. Journal of the American Heart Association, 2017. Vol. 6, no. 2, pp. 5106.

6. Riley R. et al. Experiences of patients and healthcare professionals of NHS cardiovascular health checks: a qualitative study. Journal of Public Health, 2016. Vol. 38, no. 3, pp. 543-551.
7. Mukamal K. J. et al. Metabolic clusters and outcomes in older adults: the cardiovascular health study. Journal of the American Geriatrics Society, 2018. Vol. 66, no. 2, pp. 289-296.
8. Lyapin V.A., Kulikova O.M., Usacheva E.V., Romanov A.A. Predicting the flow of patients to medical organizations depending on the need for medical services. Regional Economics: theory and practice, 2019. Vol. 17, no. 6 (465), pp. 1189-1204. (In Russian).
9. Begicheva S. V. The use of simulation to highlight the factors shaping the needs of the population in emergency medical services. Ninth All-Russian Scientific and Practical Conference on Simulation and its Application in Science and Industry, 2019, pp. 362-367. (In Russian).
10. Ordu M. et al. A novel healthcare resource allocation decision support tool: A forecasting-simulation-optimization approach. Journal of the Operational Research Society, 2020. No 2, pp. 1-16.
11. Oueida S., Aloqaily M., Ionescu S. A smart healthcare reward model for resource allocation in smart city. Multimedia Tools and Applications, 2019. Vol. 78, no 17, pp. 24573-24594.
12. Gorbachev D.V., Kuznetsov O. Yu., Yamnikov O. A. Discrete-stochastic model for the analysis of the state space of a patient. Scientific and Technical Bulletin of the Volga Region, 2019. No 5, pp. 89-92. (In Russian).
13. Unified Interdepartmental Information and Statistical System (EMISS) URL: https://fedstat.ru/. (accessed 04.06.2020). (In Russian).
14. Help AnyLogic. URL: https://help.anylogic.ru/ (accessed 04.06.2020).
15. Tentative periods of temporary incapacity for work for the most common diseases and injuries (in accordance with ICD-10): Recommendations for heads of medical institutions and treating doctors, specialists - doctors of executive bodies of the Social Insurance Fund of the Russian Federation. Electronic Fund of Legal and Normative and Technical Documentation URL: http://docs.cntd.ru/document/902358945 (accessed 04.06.2020). (In Russian).
16. Karpov, Yu.A. et al. Influence of climatic and meteorological factors on the course of coronary heart disease. Cardiological Bulletin, 2013. Vol. 8, no. 2, pp. 41-48. (In Russian).
17. Balanova Yu. A. et al. Excess mortality in Moscow in the winter and its economic significance in 2007-2014. Russian Journal of Cardiology, 2015. No 11 (127), pp. 17-26.

Information about the authors

Natalia N. Masyuk
Dr. Sc. (Econ.), Professor. Vladivostok State University of Economics and Service (41 Gogol st., Vladivostok, 690014, Russian Federation). ORCID ID: https://orcid.org/0000-0001-8055-8597. Scopus Author ID: 6507099557. E-mail: Natalya.Masyuk@vvsu.ru

Oksana M. Kulikova
Cand. Sc. (Engineering), Associate Professor. Omsk Humanitarian Academy (2a 4th Cheluskintsev, Omsk, 644105, Russian Federation). ORCID ID: http://orcid.org/0000-0001-9082-9848. Scopus Author ID: 57190430877. E-mail: ya.aaaaa11@yandex.ru

Elena V. Usacheva
Cand. Sc. (Medicine), Associate Professor. Omsk State Medical University. (12 Lenin st., Omsk, 644099, Russian Federation). ORCID ID: http://orcid.org/0000-0002-6134-1533. Scopus Author ID: 56380398700. E-mail: elenav.usacheva@yandex.ru

© Н. Н. Масюк, О. М. Куликова, Е. В. Усачева, 2020