



УДК 004.9
doi:10.21685/2587-7704-2021-6-2-7



Open
Access

RESEARCH
ARTICLE

Имитационная модель процесса обслуживания пациентов в сети медицинских учреждений

Марина Михайловна Синцева

Пензенский государственный университет, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40
kudanovamarina@gmail.com

Аннотация. Рассматривается имитационное моделирование как средство для оптимизации управления системой медицинских учреждений. Создается и анализируется диаграмма процесса обслуживания пациентов в сети медицинских учреждений. Экспериментально исследуются ситуации, способные повлиять на работу медицинских учреждений. Делается вывод о перспективности разработки имитационной модели обслуживания пациентов в сети медицинских учреждений для оптимизации их работы с целью повышения эффективности медицинского обслуживания.

Ключевые слова: здравоохранение, информационные технологии, имитационное моделирование

Для цитирования: Синцева М. М. Имитационная модель процесса обслуживания пациентов в сети медицинских учреждений // Инжиниринг и технологии. 2021. Т. 6(2). С. 1–6. doi:10.21685/2587-7704-2021-6-2-7

Simulation model for the patient care process within a network of medical institutions

Marina M. Sintseva

Penza State University, 40 Krasnaya Street, Penza, Russia
kudanovamarina@gmail.com

Abstract. The article deals with simulation modeling as a tool for optimizing management of a system of medical institutions. A diagram of the patient care process within a network of medical institutions has been created and analysed. Situations that can affect the work of medical institutions are experimentally investigated. It is concluded that it is promising to develop a simulation model for the patient care within a network of medical institutions to optimize functioning of medical institutions in order to improve the efficiency of medical care.

Keywords: healthcare, information technologies, simulation modeling

For citation: Sintseva M.M. Simulation model for the patient care process within a network of medical institutions. *Inzhiniring i tekhnologii = Engineering and Technology*. 2021;6(2):1–6. (In Russ.). doi:10.21685/2587-7704-2021-6-2-7

Введение

Здравоохранение – одна из важнейших сфер деятельности человека, в которую в настоящее время активно внедряются информационные технологии. Новейшие разработки в области информационных технологий способствуют улучшению качества услуг, предоставляемых медицинскими учреждениями, а также позволяют повысить эффективность оказания медицинской помощи [1]. Например, в области для кардиологии существуют разработки, позволяющие выполнять задачи наукоемкой диагностики и обработки исходных данных [2, 3], когда пациент посетил специалиста.

Одним из первых и самых важных этапов лечения, напрямую влияющих на своевременность и качество оказания медицинской помощи, является своевременное посещение медицинского учреждения. Зачастую именно на этом этапе у пациентов возникают сложности с получением быстрой и эффективной помощи врачей. Это связано с плохо оптимизированной работой медицинских учреждений: большой поток пациентов, высокая загруженность врачей и неудачно составленное расписание работы приводят к значительному увеличению времени ожидания, что, в свою очередь, может привести к ухудшению состояния пациентов.



Таким образом, актуальной задачей является оптимизация процесса обслуживания пациентов как в конкретной больнице, так и в сети медицинских учреждений регионального уровня.

Одним из способов оптимизации работы медицинских учреждений для сокращения времени ожидания и повышения качества предоставления медицинских услуг является создание имитационной модели процесса обслуживания пациентов в сети медицинских учреждений, которая позволила бы выявить имеющиеся проблемы и найти способы их решения за счет реорганизации работы медицинских учреждений [4].

1. Описание средства разработки

Одним из наиболее распространенных инструментов для разработки имитационных моделей является платформа AnyLogic, которая предоставляет возможность использования многоподходного имитационного моделирования. Доступность нескольких методов моделирования одновременно дает гибкость, необходимую для решения любой поставленной задачи [5].

2. Логическое описание модели

В качестве задачи для данной работы выбрано построение модели обслуживания пациентов в сети медицинских учреждений. В данной работе регион условно разделен на два района с разной численностью населения. Распределение пациентов происходит между двумя медицинскими учреждениями по географическому признаку: жители менее густонаселенного района относятся к первому медицинскому учреждению, жители более густонаселенного района – ко второму. Графическая иллюстрация приведена на рис. 1.

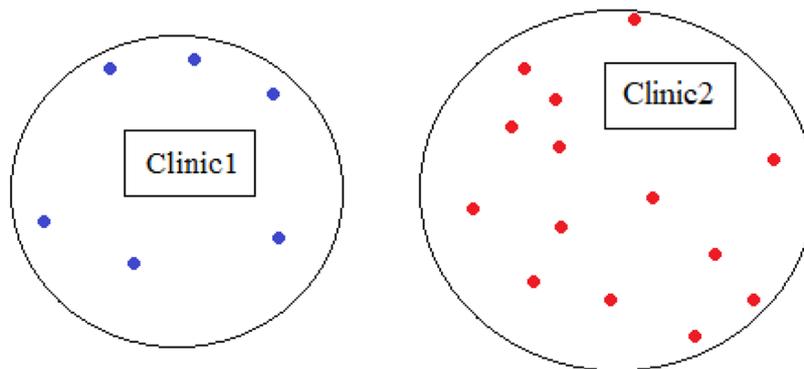


Рис. 1. Иллюстрация распределения пациентов между медицинскими учреждениями

Такое распределение обуславливает разный поток пациентов в медицинских учреждениях, что, в свою очередь, позволит проанализировать работу каждого из них и даст возможность сделать выводы о необходимости принятия мер по оптимизации процесса предоставления медицинских услуг пациентам.

3. Описание имитационной модели

С помощью платформы для имитационного моделирования AnyLogic была создана диаграмма процесса обслуживания пациентов в сети медицинских учреждений (рис. 2).

Для создания диаграммы процесса были использованы следующие объекты библиотеки моделирования процесса: Source, два объекта Queue, три объекта Delay, два объекта SelectOutput, TimeMeasureStart, TimeMeasureEnd и Sinc [6].

Объект Source генерирует поток пациентов, которые будут распределяться между двумя медицинскими учреждениями. Свойство «Интенсивность прибытия» данного объекта было задано равным одному в минуту.

Объект TimeMeasureStart является начальной точкой отсчета времени пребывания пациентов в медицинском учреждении.

Объект SelectOutput предназначен для моделирования выбора пациентом медицинского учреждения. Свойство «Вероятность» данного объекта было задано равным 0,7, т.е. 30 % от общего числа пациентов являются жителями менее густонаселенного района и относятся к первому медицинскому учреждению, 70 % – жители более густонаселенного района, относящиеся ко второму медицинскому учреждению.

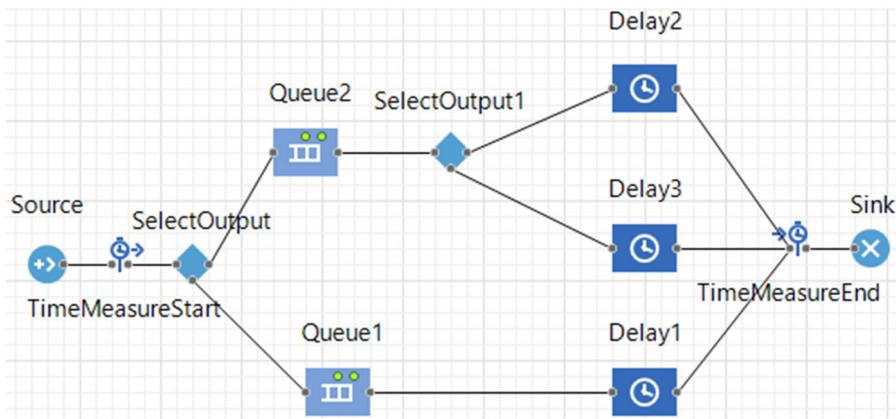


Рис. 2. Диаграмма процесса обслуживания пациентов в сети медицинских учреждений

Объект SelectOutput1 предназначен для моделирования выбора пациентом второго медицинского учреждения окна регистратуры в соответствии с целью посещения медицинского учреждения. Свойство «Вероятность» данного объекта было задано равным 0,8, т.е. 20 % пациентов прибывают в медицинское учреждение с целью получения результатов обследований, а остальные 80 % — для записи к специалистам или для получения медицинской помощи по записи или в порядке живой очереди.

Объект Queue моделируют очередь агентов, ожидающих приема объектом Delay, следующим за Queue в диаграмме процесса.

В данном исследовании объекты Queue1 и Queue2 моделируют очередь пациентов, ждущих освобождения регистратуры в первом и втором медицинском учреждении соответственно. Свойство «Вместимость» объекта Queue1 было задано равным 20, объекта Queue2 – равным 47.

Объект Delay задерживает агентов на заданный период времени. В данной работе объект Delay имитирует работу регистратуры. Объект Delay1 представляет собой регистратуру первого медицинского учреждения, где пациенты могут записаться к специалисту, получить медицинские карты и результаты обследований. Свойство «Вместимость» объекта Delay1 было задано равным 1, т.е. одновременно может обслуживаться один пациент. Свойство «Время задержки» данного объекта представляет собой время обслуживания пациента в регистратуре, распределенное по треугольному закону со средним значением, равным трем, минимальным – равным двум и максимальным – пяти минутам. Объект Delay3 представляет собой окно регистратуры второго медицинского учреждения, где пациенты могут получить результаты обследований. Свойство «Вместимость» объекта Delay3 было задано равным 1. Свойство «Время задержки» распределено по треугольному закону со средним значением, равным 2,5, минимальным – равным 1,5 и максимальным – четырем минутам.

Объект TimeMeasureEnd является точкой окончания отсчета времени пребывания пациентов в медицинском учреждении. Объект Sink уничтожает поступивших агентов и является конечной точкой потока агентов и диаграммы процесса.

Результат запуска модели приведен на рис. 3.

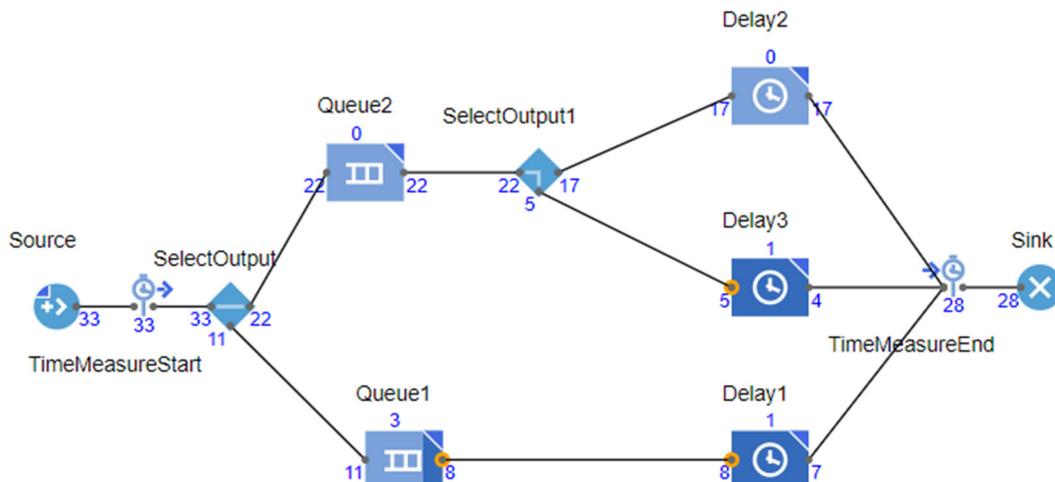


Рис. 3. Модель в процессе выполнения



На рис. 3 число на выходе блока Source соответствует числу пациентов, созданных с начала запуска модели, числа на выходах блока SelectOutput отображают распределение потока пациентов между двумя медицинскими учреждениями, числа над блоками Queue показывают, какое количество пациентов сейчас ожидают своей очереди в каждом медицинском учреждении, числа на выходах блока SelectOutput1 отображают распределение пациентов второго медицинского учреждения между окнами регистратуры согласно цели прибытия, числа над блоками Delay соответствуют числу пациентов, которые обслуживаются в регистратуре, число на входе блока Sink отображает число пациентов, покинувших регистратуру.

4. Экспериментальная часть

Для анализа работы медицинских учреждений и оценки результатов выполнения модели было принято решение использовать объекты панели «Статистика» среды AnyLogic.

Для отображения средней длины очереди в обоих медицинских учреждениях используется столбиковая диаграмма, которая призвана производить сбор статистики размера очереди объектов Queue1 и Queue2.

Для сбора статистики по времени обслуживания пациентов в медицинских учреждениях используются блоки TimeMeasureStart и TimeMeasureEnd, которые были описаны выше. Для отображения собранной статистики распределения времени в системе используется объект «Гистограмма» палитры «Статистика».

В результате добавления вышеописанных элементов после запуска модели появится возможность получать и анализировать статистику изменения длин очередей в медицинских учреждениях и времени обслуживания пациентов (рис. 4).

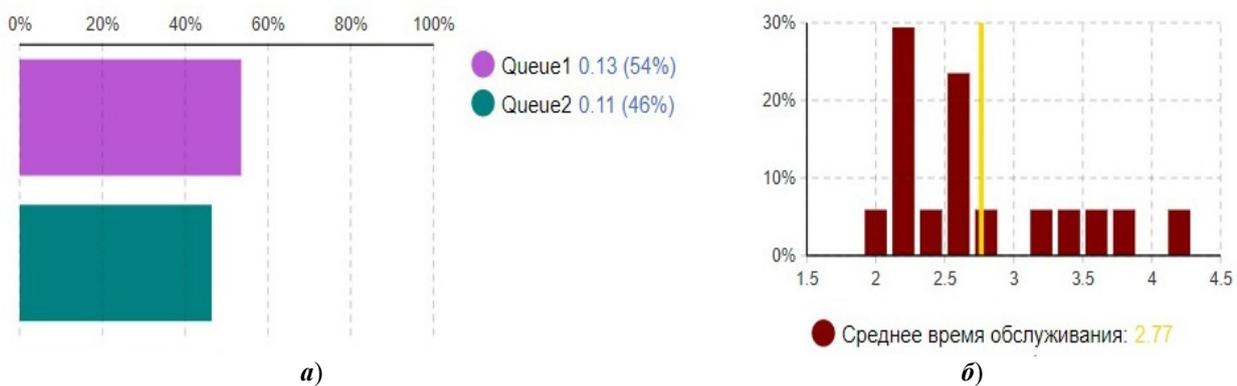


Рис. 4. Сбор статистики: *a* – средняя длина очереди в каждом медицинском учреждении; *б* – среднее время обслуживания

Для оценки эффективности работы медицинских учреждений были смоделированы две ситуации, возникновение которых может привести к изменению качества работы медицинских учреждений в худшую сторону.

В качестве первого эксперимента была смоделирована ситуация, при которой происходит значительное увеличение потока пациентов. Это может быть, к примеру, время сезонных заболеваний, а также период плановой вакцинации населения или медицинских осмотров.

Для этого значение свойства «Интенсивность прибытия» объекта Source было изменено с одного на три в минуту. Результат запуска модели приведен на рис. 5.

Из рис. 5 можно сделать вывод о том, что увеличение потока пациентов сильно сказывается на длине очереди во втором медицинском учреждении, а также на времени обслуживания пациентов в целом. Это говорит о том, что в периоды высокой загрузки во втором медицинском учреждении необходимо принятие дополнительных мер для уменьшения времени ожидания и более быстрого продвижения очереди.

В качестве второго эксперимента была выбрана ситуация, при которой может значительно увеличиться время обслуживания пациентов в регистратуре. Возникновение подобной ситуации наиболее вероятно при проблемах с техническими средствами или программным обеспечением, необходимым для записи пациентов к специалистам.

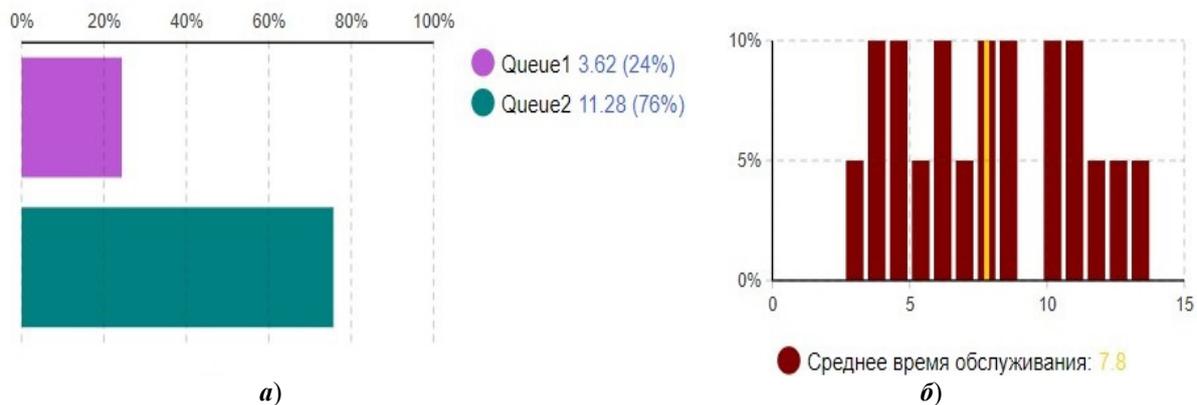


Рис. 5. Модель в процессе выполнения при увеличении потока пациентов:
a – средняя длина очереди; *б* – среднее время обслуживания

Для моделирования данной ситуации значение минимального, максимального и среднего времени задержки свойства «Время задержки» объекта Delay1 было изменено с 2, 3 и 5 мин на 7, 10 и 15 мин соответственно. Результат запуска модели приведен на рис. 6.

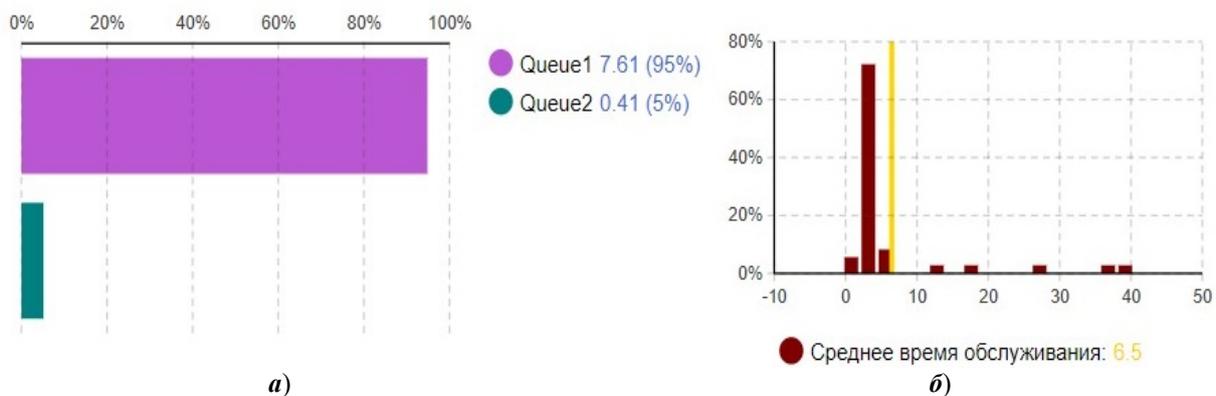


Рис. 6. Модель в процессе выполнения при увеличении времени обслуживания:
a – средняя длина очереди; *б* – среднее время обслуживания

Из рис. 6 можно сделать вывод о том, что увеличение времени обслуживания пациентов в первом медицинском учреждении приводит к образованию большой очереди, что может негативно сказаться на самочувствии пациентов. Таким образом, становится очевидной необходимость принятия мер по увеличению пропускной способности.

Заключение

В ходе работы была решена задача создания имитационной модели процесса обслуживания пациентов в сети медицинских учреждений с целью оптимизации процесса обслуживания пациентов как в конкретной больнице, так и в сети медицинских учреждений регионального уровня.

В качестве среды для создания модели была выбрана платформа для имитационного моделирования AnyLogic.

Построена модель обслуживания пациентов системой из двух медицинских учреждений, где распределение пациентов происходит по географическому признаку.

С помощью построенной модели экспериментально исследованы ситуации, возникновение которых может привести к изменению качества работы медицинских учреждений в худшую сторону: увеличению общего потока пациентов и времени обслуживания в одном из медицинских учреждений.

По результатам исследования можно сделать вывод о том, что построение и анализ модели обслуживания пациентов в сети медицинских учреждений позволяет выявить имеющиеся проблемы, а также проблемы, которые могут возникнуть в результате возникновения различных эпидемиологических ситуаций и технических неполадок. Это дает возможность для оптимизации работы медицинских учреждений с целью повышения эффективности медицинского обслуживания.



Список литературы

1. Информационные технологии в медицине. URL: <https://robo-med.com/articles/informatsionnye-tekhnologii-v-meditsine/> (дата обращения: 15.02.2021).
2. Патент 2360597 Российская Федерация. Способ определения электрической активности сердца / Бодин О. Н., Гладкова Е. А., Кузьмин А. В., Митрохина Н. Ю., Мулюкина Л. А. ; опубл. 10.07.2009, Бюл. № 19.
3. Патент 2372844 Российская Федерация. Способ автоматического определения размеров и положения сердца пациента по флюорографическим снимкам / Бодин О. Н., Кузьмин А. В., Семёнкин М. А., Моисеев А. Е. ; опубл. 20.11.2009, Бюл. № 32.
4. Бондаревский А. С., Лебедев А. В. Имитационное моделирование: определение, применяемость и техническая реализация // Фундаментальные исследования. 2011. № 12 (ч. 3). С. 535–541.
5. AnyLogic. URL: <https://www.anylogic.ru/features/> (дата обращения: 21.02.2021).
6. Библиотека моделирования процессов. URL: <https://www.anylogic.ru/resources/libraries/process-modeling-library/> (дата обращения: 23.02.2021).

References

1. *Informatsionnye tekhnologii v meditsine = Information technologies in medicine*. (In Russ.). Available at: <https://robo-med.com/articles/informatsionnye-tekhnologii-v-meditsine/> (accessed 15.02.2021).
2. Patent 2360597 Russian Federation. *Sposob opredeleniya elektricheskoy aktivnosti serdtsa = Method of determination of electric activity of heart*. Bodin O.N., Gladkova E.A., Kuz'min A.V., Mitrokhina N.Yu., Mulyukina L.A.; publ. 10.07.2009, bull. no. 19. (In Russ.)
3. Patent 2372844 Russian Federation. *Sposob avtomaticheskogo opredeleniya razmerov i polozheniya serdtsa patsienta po flyuorograficheskim snimkam = Method of automatic determining of dimensions and position of patient's heart by photoroentgenographic images*. Bodin O.N., Kuz'min A.V., Semenkin M.A., Moiseev A.E.; publ. 20.11.2009, bull. no. 32. (In Russ.)
4. Bondarevskiy A.S., Lebedev A.V. Simulation modeling: definition, applicability and technical realization. *Fundamental'nye issledovaniya = Fundamental Research*. 2011;12(3):535–541. (In Russ.)
5. *AnyLogic*. Available at: <https://www.anylogic.ru/features/> (accessed 21.02.2021).
6. *Biblioteka modelirovaniya protsessov = Process Modeling Library*. (In Russ.). Available at: <https://www.anylogic.ru/resources/libraries/process-modeling-library/> (accessed 23.02.2021).

Поступила в редакцию / Received 25.04.2021

Поступила после рецензирования и доработки / Revised 27.05.2021

Принята к публикации / Accepted 04.06.2021