

УДК 519.6

СОЗДАНИЕ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ПОЛИКЛИНИКИ

Т. А. Гробер, О. В. Савченко

Донской государственной технической университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Построена модель управления районной поликлиникой, являющейся имитационной моделью массового обслуживания с учетом работы с приоритетными заявками. Проведен анализ ее работы при различных значениях входных параметров в среде GPSS World. Исследование проводилось в регистратуре и кабинете стоматологии поликлиники. Целью работы являлось определить параметры, при которых модель была бы эффективной. По результатам моделирования было установлено, что для минимизирования очередей в регистратуру достаточно иметь хотя бы два окна регистратуры. Приход пациентов с острой болью вне записи увеличивает время пребывания пациентов в поликлинике и образует очередь к врачу.

Ключевые слова: модель, моделирование, организационная структура, поликлиника, транзакт, блок, GPSS.

CREATING A POLYCLINIC SIMULATION MODEL

T. A. Grober, O. V. Savchenko

Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russian Federation)

A management model of a district polyclinic is constructed, which is a simulation model of queuing with consideration for priority requests. The analysis of its operation at different values of input parameters in the GPSS World environment is carried out. The study was conducted for the reception desk and dental office of the clinic. The purpose of the work was to determine the parameters for which the model would be effective. Based on the simulation results, it was found that to minimize queues to the reception desk, it is sufficient to have at least two employees. The arrival of patients with acute pain without the appointment increases the time of patients' stay in the clinic and forms a queue to the doctor.

Keywords: model, modeling, organizational structure, clinic, transaction, block, GPSS.

Введение. Современные информационные технологии намного чаще стали внедряться в медицинские учреждения в виде систем анализа состояния и систем поддержки принятия решений. С помощью анализа работы отдельных компонентов системы и описания лечебного процесса обычный процесс лечения становится медицинским технологическим процессом. Он позволяет смоделировать возможные варианты событий, а также исследовать необходимую информацию и оптимизировать управление.

Поликлиника является достаточно сложной организацией, которая имеет множество различных подразделений. Одним из способов, позволяющим повысить качество функционирования, исследовать поведение системы при различных входных данных и получить приемлемый результат тогда, когда нет возможности провести эксперимент на реальной системе, является применение методологии имитационного моделирования.

Имитационное моделирование — это метод исследования, в результате которого изучаемая система заменяется моделью, которая, в свою очередь, достаточно точно описывает реальную систему. На её основе проводятся эксперименты с целью получения информации об этой системе, собираются необходимые характеристики модели, позволяющие сделать вывод о необходимых преобразованиях для улучшения качества системы [1]. При этом результаты будут определяться случайным характером процессов.

Имитационное моделирование применяется для:

- определения критических элементов в исследуемых системах;
- устранения избыточных этапов;
- предсказания дальнейшего развития системы;
- оценки предполагаемых решений;
- изучения характеристик системы с целью решения конкретных проблем [2].

Прежде чем приступить к моделированию системы, необходимо определить, какому критерию эффективности будет соответствовать модель. К ряду критериев оптимизации работы поликлиники можно отнести следующие:

- организация работы регистратуры;
- распределение потоков пациентов по специалистам;
- снижение времени обслуживания пациентов;
- снижение времени заполнения медицинской документации;
- поиск и перемещение медицинских карт;
- эффективная организация работы врача.

В тех случаях, когда целью создания модели является повышение эффективности процесса обслуживания пациентов, а именно оказание консультирования или стационарной помощи за минимальное время, создается модель информационного обеспечения управления ресурсами. В таких случаях при моделировании технологического процесса поликлиники в качестве ресурсов выступают как люди (медицинские работники, пациенты и другие сотрудники), так и инвентарь, помещения, рабочие места, к примеру, операционные.

Построение имитационной модели. Рассмотрим модель управления районной поликлиникой как имитационную модель массового обслуживания (рассматривается работа регистратуры и кабинета стоматологии).

Для осуществления поставленной задачи воспользуемся наиболее подходящей для этого средой GPSS World. Данная среда основывается на собственном языке имитационного моделирования. Программа, созданная на языке GPSS, представляет собой последовательность процессов, которые осуществляются посредством использования соответствующих операторов (блоков), отображающих события, происходящие в системе массового обслуживания при перемещениях транзактов [2].

В поликлинике в роли транзактов (активного составляющего, который перемещается внутри модели от одного блока к другому) будут выступать пациенты. А блок генерации заявок, создающий поток транзактов, будет имитировать поток пациентов, обратившихся в поликлинику.

Прежде всего рассмотрим организацию работы регистратуры, а именно, когда больные приходят в регистратуру, становятся в очередь, а затем обслуживаются в течение определенного времени.

Целью исследования данной модели является подбор таких значений параметров, чтобы система была эффективной. Для этого необходимо, чтобы загруженность сотрудников была максимальной.

Представим такую ситуацию: отдел регистратуры имеет три окна для обслуживания клиентов, пациенты подходят к свободному окну регистратуры через каждые 2–3 минуты, и, если свободного окна нет, то они становятся в одну очередь. Примерное время обслуживания одного клиента составляет 5 ± 2 мин. Все исследования проводятся из расчёта одного десятичасового рабочего дня. Иллюстрация данной ситуации представлена на рис. 1.

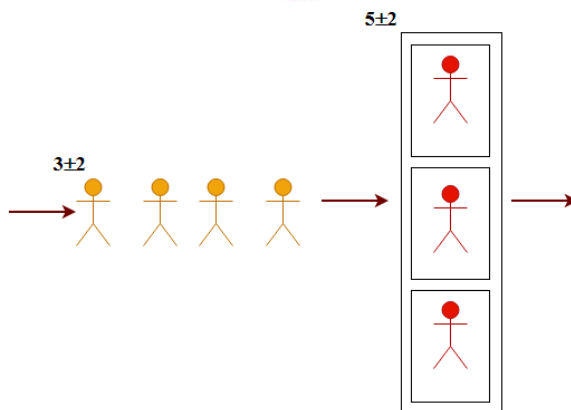


Рис. 1. Модель обслуживания клиентов в регистратуре поликлиники

Далее переходим к моделированию данного процесса в GPSS. Фрагмент кода программы представлен на рис. 2.

```

***** Имитация работы регистратуры *****
1 COUNT STORAGE 3           ; Вместимость устройства
2 GENERATE 3,2              ; Создание транзакций (пациентов)
3 QUEUE OCHERED             ; Вход транзакций в очередь
4 ENTER COUNT               ; Захват транзакций
5 DEPART OCHERED           ; Выход транзакций из очереди
6 ADVANCE 5,2               ; Задержка транзакций
7 LEAVE COUNT               ; Освобождение транзакций
8 TERMINATE                 ; Пациент покидает систему
9 GENERATE 600              ; Генерация, указывающая на окончание рабочего дня
10 TERMINATE 1              ; Завершение моделирования
    
```

Рис. 2. Реализация функционирования очереди в регистратуру

После прогона модели формируется отчет, содержащий данные о характеристиках и параметрах модели. Рассмотрим лишь некоторые характеристики, представленные в отчете. Результат продемонстрирован на рис. 3.

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY		
OCHERED	1	0	198	193	0.005	0.016	0.642	0		
STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY	DELAY
COUNT	3	0	0	3	198	1	1.634	0.545	0	0

Рис. 3. Фрагмент отчёта моделирования и обслуживания потока пациентов в регистратуре с тремя окнами

Содержимое блока QUEUE содержит всю необходимую информацию об очереди во время моделирования. Таким образом, можно сказать, что при обслуживании трех окон регистратуры с начала моделирования максимальная длина очереди составляет 1, в течении рабочего дня обслуживается 198 пациентов, из которых 193 пациента с нулевым временем ожидания.

Содержимое блока STORAGE представляет информацию о многоканальных устройствах (окнах регистратуры). Из данного блока хотелось бы выделить показатель UTIL. Он характеризует загруженность работников регистратуры.

При такой постановке задачи коэффициент использования UTIL получился 0,545. Это означает, что работники регистратуры в среднем заняты на 54% при оказании услуг пациентам, что говорит о неэффективном использовании данного ресурса.

Для решения этой проблемы была построена новая модель, в которой уменьшено количество окон на 1. Результат продемонстрирован на рис. 4.

QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(0)	RETRY		
OCHERED	4	0	201	101	0.423	1.263	2.539	0		
STORAGE	CAP.	REM.	MIN.	MAX.	ENTRIES	AVL.	AVE.C.	UTIL.	RETRY	DELAY
REG	2	0	0	2	201	1	1.678	0.839	0	0

Рис. 4. Фрагмент отчёта моделирования и обслуживания потока пациентов в регистратуре с двумя окнами

Результаты моделирования ситуации с двумя окнами регистратуры демонстрируют совершенно отличные показатели, по сравнению с предыдущей моделью. При такой ситуации образовалась незначительная очередь, ее максимальная длина составила 4, в течение дня был обслужен 201 пациент, из них лишь 101 не находился в очереди. Среднее время пребывания в очереди и средняя ее длина также увеличились.

С другой стороны, в данной модели коэффициент использования UTIL получился 0,839, а, значит, работники регистратуры в среднем заняты на 83%. Таким образом, загруженность их увеличилась, а значит, такая модель лучше удовлетворяет критерию эффективности.

Рассмотрим функционирование стоматологического кабинета: пациенты на прием к врачу могут попасть в случае, если они идут планово (получили талон на какое-то время), либо по причине острой боли (обслуживаются вне очереди). Новые пациенты подходят в кабинет с периодичностью 45 ± 10 минут, время обслуживания одного больного занимает примерно 35 ± 10 минут. Если будут появляться пациенты с острой болью (обслуживаются вне очереди), то вся очередь смещается по времени (возникает и может увеличиваться в течение дня время ожидания обслуживания).

Фрагмент кода программы представлен на рис. 5.

```
* Модуль 1: обслуживания заявок 1-го класса (без очереди)
1 GENERATE 150,50,,,2;Детерминированный поток и приоритет, равный 2
2 QUEUE OCHERED_1 ;Поступление заявки в очередь OCHERED_1
3 SEIZE Uzel ;Занятие прибора Uzel
4 DEPART OCHERED_1 ;Выход из очереди OCHERED_1
5 ADVANCE 35,10 ;Обслуживание заявки
6 RELEASE Uzel ;Освобождение прибора Uzel
7 TERMINATE ;Удаление из модели обслуженной заявки 1-го класса
* Модуль 2: обслуживания заявок 2-го класса (по талонам)
8 GENERATE 45,10 ;Равномерный поток и приоритет, равный 0
9 QUEUE OCHERED_2 ;Поступление заявки в очередь OCHERED_2
10 SEIZE Uzel ;Попытка занять один из приборов устройства Uzel
11 ADVANCE 35,10 ;Обслуживание заявки
12 DEPART OCHERED_2 ;Выход из очереди OCHERED_2
13 RELEASE Uzel ;Освобождение прибора Uzel
14 TERMINATE ;Удаление из модели обслуженной заявки 2-го класса
15 GENERATE 600 ;Генерация, указывающая на завершение рабочего дня
16 TERMINATE 1
```

Рис. 5. Реализация функционирования кабинета стоматолога

Модель включает в себя два модуля. Первый модуль моделирует процесс поступления и обслуживания заявок пациентов с острой болью. Второй — процесс поступления и обслуживания заявок пациентов по талонам. Заявки первого модуля, по сравнению со вторым, имеют более высокий уровень приоритета, что предоставляет им преимущественное право на обслуживание.

Оператор DEPART во втором модуле, в отличие от первого, располагается после оператора ADVANCE, что позволяет получить информацию не о времени ожидания заявок в очереди, как это сделано для заявок 1-го класса, а о времени пребывания заявок 2-го класса в системе (в очереди и на обслуживании).

После запуска данной модели также формируется отчет о созданной модели. Результат продемонстрирован на рис. 6.

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE.TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
UZEL	15	0.849	33.963	1	16	0	0	0	1
QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY	
OCHERED_2	2	2	13	0	1.136	52.441	52.441	0	
OCHERED_1	1	0	3	0	0.073	14.624	14.624	0	

Рис. 6. Фрагмент отчёта моделирования потока пациентов в кабинет стоматолога

Из содержимого блока FACILITY можно сделать следующий вывод: в течении рабочего дня в кабинете стоматологии было обслужено 15 пациентов, коэффициент загрузки составляет 0,849, среднее время пребывания в устройстве 33,963 минут модельного времени, отказ в услуге был одному пациенту.

Содержимое блока QUEUE представляет всю необходимую информацию об очередях первого модуля (OCHERED_1) и второго (OCHERED_2). Для OCHERED_2 максимальная длина очереди равна 2, число входов составило 13, среднее время пребывания в очереди 52,441 минут модельного времени. Для OCHERED_1 максимальная длина очереди равна 1, число входов составило 3, среднее время нахождения в очереди составило 14,624 минут модельного времени.

Посмотрим, как изменится время пребывания пациентов в устройстве, если в течении дня не будет пациентов с острой болью. Результат продемонстрирован на рис. 7.

FACILITY	ENTRIES	UTIL.	AVE. TIME	AVAIL.	OWNER	PEND	INTER	RETRY	DELAY
UZ	13	0.717	33.091	1	14	0	0	0	0
QUEUE	MAX	CONT.	ENTRY	ENTRY(0)	AVE.CONT.	AVE.TIME	AVE.(-0)	RETRY	
OCHERED_2	2	1	13	0	0.721	33.255	33.255	0	

Рис. 7. Фрагмент отчёта моделирования потока пациентов в кабинет стоматолога без пациентов с острой болью

По результатам отчета видно, что время пребывания в устройстве уменьшилось на 19,186 минут модельного времени, в результате чего стал равным 33,255, максимальная длина очереди не изменилась, как и число входов.

В течении рабочего дня в отделении стоматологии было обслужено 13 пациентов, коэффициент загрузки уменьшился и стал равным 0,717, среднее время пребывания в устройстве составило 33,091 минут модельного времени.

Заключение. По результатам анализа модели отдела регистратуры было выявлено, что для минимизирования очередей в регистратуру достаточно иметь хотя бы два окна. Также был проведен анализ по функционированию стоматологического кабинета. Таким образом, имитационное моделирование позволяет строить модели, описывающие процессы так, как они проходили бы в действительности, организовывать контроль над работой различных направлений.

**Библиографический список**

1. Акопов, А. С. Имитационное моделирование: Учебник и практикум для академического бакалавриата / А. С. Акопов. — Люберцы : Юрайт, 2016. — 389 с.
2. Мешечкин В. В. Имитационное моделирование / В. В. Мешечкин, М. В. Косенкова. — Кемерово : Изд-во Кемеровского государственного университета. — 2012. — 116 с.

Об авторах:

Гробер Татьяна Александровна, доцент кафедры «Математика и Информатика» Донского государственного технического университета (344000, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина,1), кандидат физико-математических наук, доцент, grober71@mail.ru

Савченко Ольга Вадимовна, студент Донского государственного технического университета (344000, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина,1), Olya50373@yandex.ru

Authors:

Grober, Tatyana A., associate professor of the Department of Mathematics and Computer Science, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344000, RF), Cand.Sci., Associate professor, grober71@mail.ru

Savchenko, Olga V., student, Don State Technical University (1, Gagarin sq., Rostov-on-Don, 344000, RF), Olya50373@yandex.ru