

SIMULATION OF THE SYSTEM OF MEDICAL METHODS

**Kabardov A. S.¹; Archakova Z. M.²; Kurzhieva L. K.³; Mollayeva S. S.⁴; Akbiev H. R.⁵;
Antishina S. A.⁶ (Russian Federation)
Email: Kabardov545@scientifictext.ru**

¹Kabardov Aslan Sosruevich – 3rd year student
of the Department of Informatics and Computer Engineering
Institute of Informatics, Electronics and Computer Technology
Kabardino-Balkarian State University

²Archakova Zalina Mukhtarovna - 2nd year student
of the department "Architectural design, design and DPI"
Institute of Architecture, Construction and Design
Kabardino-Balkarian State University

³Kurzhieva Lena Khuseynovna - 2-year student
of the department "Architectural design, design and DPI"
Institute of Architecture, Construction and Design
Kabardino-Balkarian State University

⁴Mollayeva Saida Suleymanovna - a student
of the 1st year of the department "Inorganic Chemistry"
Institute of Chemistry and Biology
Kabardino-Balkarian State University, Nalchik

⁵Akbiev Havaz Ruslanovich - 3rd year student
of the department "Agronomics"
Agroengineering faculty
Ingush State University, Magas

⁶Antishina Svetlana Aleksandrovna - 3rd year student
of the Department of Technology of Sugar Products
Institute of Food Technology and Technology Management
Moscow State University of Technology and Management. K.G.Razumovsky, Moscow

Abstract: numerical modeling is best illustrated with an example. In the previous work, we mentioned the value of this method in medical research, so let's take an example from the field of medicine. In 1962, the Society for Operational Research, in conjunction with the Ministry of Health, held a discussion on "The system of prescribing receptions in medical practice." In one of the presented works, the creation of a morning appointment system was considered, which theoretically lasted from 9 to 11 hours. Before the system of appointments, patients started to gather at 8 o'clock in the morning and formed a queue of 10 people at the doctor's office, while the reception doors opened at 8:30. By 9 o'clock the turn increased to 30 people, and in the waiting room there was nowhere to turn. And since the doctor was often late, it turned out that patients had to wait for reception for a very long time: an average of about one and a half hours.

Keywords: modeling; queuing theory; mathematics.

МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ВРАЧЕБНЫХ ПРИЕМОВ

**Кабардов А. С.¹; Арчакова З. М.²; Куржиева Л. Х.³; Моллаева С. С.⁴; Акбиев Х. Р.⁵;
Антишина С. А.⁶ (Российская Федерация)**

¹Кабардов Аслан Сосрукович – студент 3 курса
кафедры «Информатики и вычислительной техники»
института информатики, электроники и компьютерных технологий
Кабардино-Балкарский государственный университет

²Арчакова Залина Мухтаровна – студентка 2 курса
кафедры «Архитектурное проектирование, дизайн и ДПИ»
института архитектуры, строительства и дизайна
Кабардино-Балкарский государственный университет

³Куржиева Лена Хусеновна – студентка 2 курса
кафедры «Архитектурное проектирование, дизайн и ДПИ»
института архитектуры, строительства и дизайна
Кабардино-Балкарский государственный университет

⁴Моллаева Саида Сулеймановна – студентка 1 курса
кафедры «Неорганическая химия»
института Химии и биологии
Кабардино-Балкарский государственный университет,
г. Нальчик

⁵Акбиев Хаваж Русланович – студент 3 курса
кафедры «Агрономия»
Агроинженерного факультета
Ингушский государственный университет,

Аннотация: численное моделирование лучше всего проиллюстрировать на примере. В предыдущей нашей работе упоминалось о ценности этого метода в медицинских исследованиях, поэтому возьмем пример из области медицины. В 1962 году Общество по операционным исследованиям совместно с Министерством здравоохранения провело дискуссию на тему «Системы назначений приемов во врачебной практике». В одной из представленных работ рассматривалось создание системы назначений утреннего приема, который теоретически продолжался с 9 до 11 часов. До системы назначений пациенты начинали собираться часов в 8 утра и образовывали у кабинета врача очередь человек в 10, тогда как двери приемной открывались в 8.30. К 9 часам очередь возрастала до 30 человек, и в приемной было негде повернуться. А так как доктор частенько запаздывал, получалось, что пациенты вынуждены были ждать приема весьма долго: в среднем около полутора часов.

Ключевые слова: моделирование; теория очередей; математика.

Численное моделирование лучше всего проиллюстрировать на примере. В предыдущей нашей работе упоминалось о ценности этого метода в медицинских исследованиях, поэтому возьмем пример из области медицины. В 1962 году Общество по операционным исследованиям совместно с Министерством здравоохранения провело дискуссию на тему «Системы назначений приемов во врачебной практике». В одной из представленных работ рассматривалось создание системы назначений утреннего приема, который теоретически продолжался с 9 до 11 часов. До системы назначений пациенты начинали собираться часов в 8 утра и образовывали у кабинета врача очередь человек в 10, тогда как двери приемной открывались в 8.30. К 9 часам очередь возрастала до 30 человек, и в приемной было негде повернуться. А так как доктор частенько запаздывал, получалось, что пациенты вынуждены были ждать приема весьма долго: в среднем около полутора часов [1].

Один из этих несчастных пациентов, специалист по операционным исследованиям, вступил с доктором в сотрудничество и попытался улучшить положение дел.

Была разработана схема, которая ко времени представления работы удовлетворительно действовала в течение нескольких лет. За исключением непредвиденных случаев, среднее время ожидания пациента уменьшилось до 15 минут.

Когда врач ведет прием частным образом с ассистентом, исполняющим обязанности только в это время, управление системой назначений на прием, очевидно, сталкивается с рядом трудных проблем. По-видимому, любая из выбранных систем потребовала бы изменений с учетом опыта. Здесь мы не будем преследовать эти цели, а сосредоточимся на аспектах, имеющих отношение к теории очередей и моделированию. А на языке теории очередей у нас имеется одна станция обслуживания с порядком в очереди: «первым пришел, первым обслужен». Мы уже объясняли, что, для того чтобы определить такую систему, нужно знать:

а) распределение времени консультаций доктора и б) характер картины прихода клиентов [2].

Что касается пункта «а», наблюдения, выполненные за один месяц и включающие около 800 консультаций, приведены к частотному распределению, которое показано на рис. 1. Было найдено, что среднее время консультаций составляет 4,55 минуты на одного пациента. Для удобства мы выразили частоты в процентном отношении и сгруппировали наблюдения в виде гистограммы с числовым интервалом в 1 минуту. Так, 16% консультаций, занявших время от 3,5 до 4,5 минуты, рассматриваются, как если бы каждая из них заняла 4 минуты.

Что касается пункта «б», то при системе назначения времени пациенты будут приходить через назначенные (желательно регулярные) промежутки. Цель исследования — определить наилучшее значение интервала между назначениями. Эта задача решается численным моделированием с использованием специально составленной компьютерной программы. Наблюдаемое распределение для времени консультации моделируется выборкой так, чтобы обеспечить достаточное число типичных примеров времени обслуживания на протяжении двухчасового приема. Влияние различных интервалов между назначениями исследуется повторными «прогонками», и результаты оцениваются, с одной стороны, по времени «простоя» доктора и, с другой, по среднему времени ожидания пациента. Полученные результаты представлены на рис. 2, а.

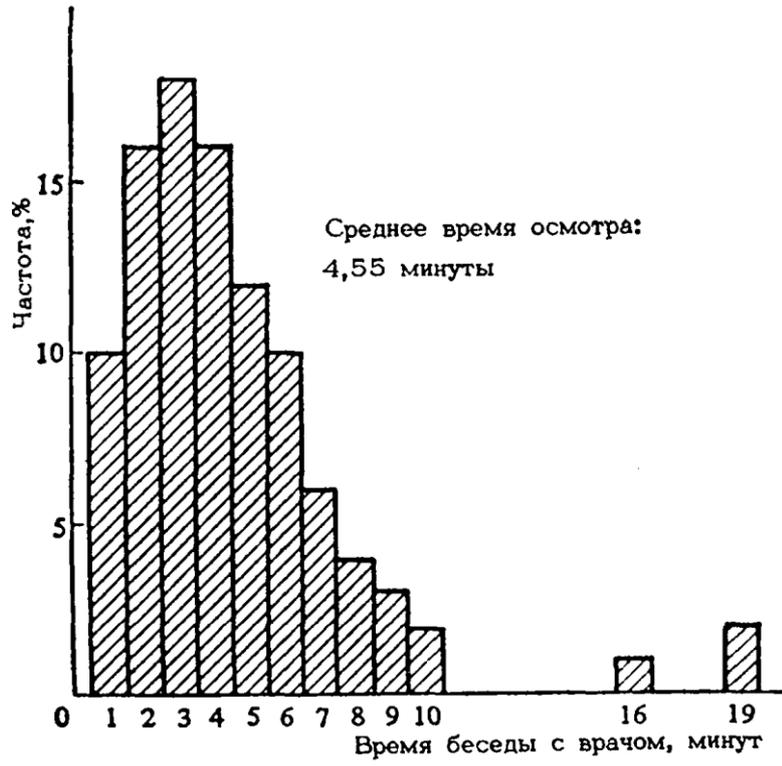
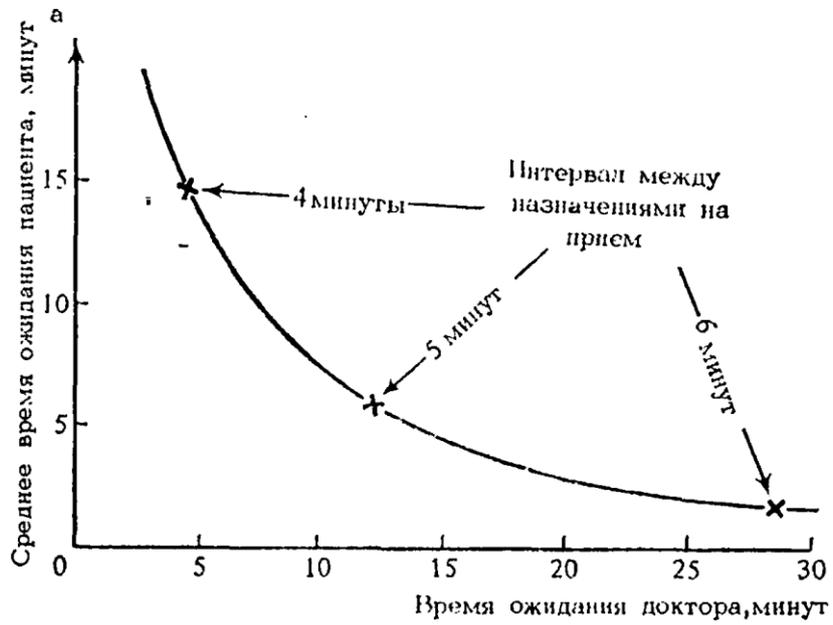


Рис. 1. Гистограмма времени врачебного приема



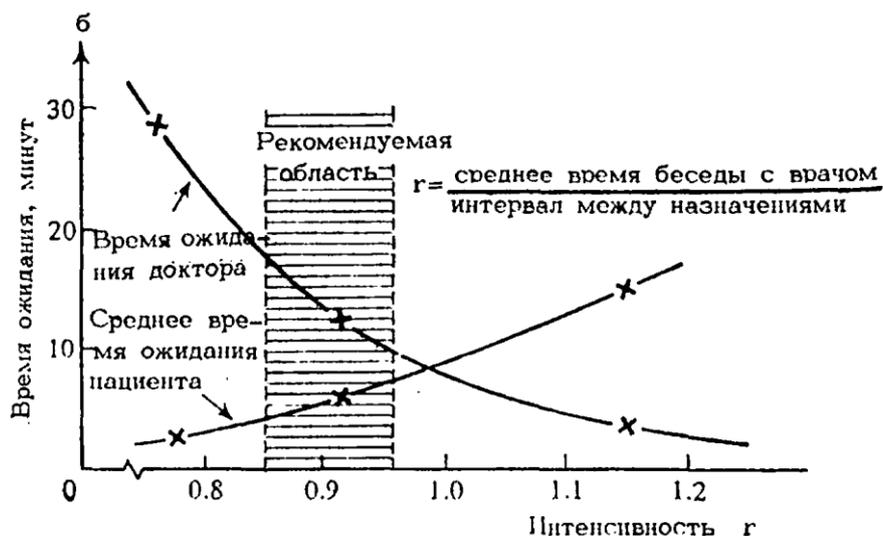


Рис. 2. Время ожидания приема к врачу (среднее время беседы с врачом 4,55 минуты): а – влияние интервала между назначениями на прием на среднее время ожидания; б – зависимость среднего времени ожидания от интенсивности потока пациентов

Из рисунка видно, что если интервал между назначениями составляет, например, 5 минут, то пациент вынужден ждать в среднем 6 минут, но доктор 8—10% своего времени «простаивает» с учетом поправки на то, что обычно прием продолжается и после 11 часов. На рис. 2, б те же результаты представлены в зависимости от интенсивности движения r , которая в данном случае равна отношению среднего времени консультации к интервалу между временем приема каждого пациента. Чтобы ни доктор, ни пациент не ожидали слишком долго, рекомендуется выбирать это отношение между 0,85 и 0,95. Пятиминутный интервал (соответствующий $r = 0,91$) был бы в этом случае подходящим. Интересно отметить, что очередь пациентов не оказывается чрезмерно большой, даже когда интенсивность движения больше 1; происходит это потому, что здесь у нас нет бесконечной системы, образующей очередь: каждый прием ограничивается временем 2—2,5 часа [3].

Чтобы передать суть того, как работает такое моделирование, проследим за типичной последовательностью событий во время одного приема. Время, когда прибывают очередные пациенты, назначается; время, в течение которого их осматривает врач, определяется выборкой из наблюдаемого распределения частот (рис. 1 или столбцы 2 и 4 табл. 1).

Таблица 1. Распределение частот продолжительности осмотра

Промежуток времени, мин.	Среднее время, мин.	Частота продолжительности, %	Накопившаяся частота, %	Область в которую попадают случайные числа
1	2	3	4	5
$\frac{1}{2} - 1\frac{1}{2}$	1	10	10	00-09
$1\frac{1}{2} - 2\frac{1}{2}$	2	16	26	10-25
$2\frac{1}{2} - 3\frac{1}{2}$	3	18	44	26-43
$3\frac{1}{2} - 4\frac{1}{2}$	4	16	60	44-59
$4\frac{1}{2} - 5\frac{1}{2}$	5	12	72	60-71
$5\frac{1}{2} - 6\frac{1}{2}$	6	10	82	82-87
$6\frac{1}{2} - 7\frac{1}{2}$	7	6	88	

$7\frac{1}{2} - 8\frac{1}{2}$	8	4	92	92-94
$8\frac{1}{2} - 9\frac{1}{2}$	9	3	95	95-96
$9\frac{1}{2} - 10\frac{1}{2}$	10	2	97	
$10\frac{1}{2} - 11\frac{1}{2}$	11	0	97	
$11\frac{1}{2} - 12\frac{1}{2}$	12	0	97	
$12\frac{1}{2} - 13\frac{1}{2}$	13	0	97	
$13\frac{1}{2} - 14\frac{1}{2}$	14	0	97	
$14\frac{1}{2} - 15\frac{1}{2}$	15	0	97	
$15\frac{1}{2} - 16\frac{1}{2}$	16	0	97	
$16\frac{1}{2} - 17\frac{1}{2}$	17	1	98	97
$17\frac{1}{2} - 18\frac{1}{2}$	18	0	98	
$18\frac{1}{2} - 19\frac{1}{2}$	19	2	100	98-99
$19\frac{1}{2} - 20\frac{1}{2}$	20	0	100	

Чтобы осуществить выборку из этого распределения, воспользуемся последовательностью двузначных случайных чисел (т.е. цифр, которые выбираются парами), принимающих значения от 00 до 99. Каждое из чисел может быть выбрано с равной вероятностью и появляется случайно. Выбранные числа при помощи разбиения, показанного в столбце 5 табл. 1, используются для образования последовательности времени консультации, имеющей требуемое распределение [4].

В табл. 2 представлена смоделированная последовательность событий за время двухчасового приема, когда пациенты появляются с интервалом в 5 минут. Врач принимает всех пациентов, которые еще ждут в приемной к концу этих двух часов.

Таблица 2. Моделирование врачебного приема в общей практике. Интервал между временем, указанным в талонах на прием, составляет 5 минут

Номер Пациента	Назначенное время	случайное число	Время осмотра, мин	Конец осмотра	Начало осмотра	Время, которое ждет врач, мин	Время, которое ждет пациент, мин
1	9.00	72	6	9.00	9.06		
2	9.05	16	2	9.06	9.08		1
3	9.10	61	5	9.10	9.15	2	
4	9.15	01	1	9.15	9.16		
5	9.20	82	7	9.20	9.27	4	
6	9.25	97	16	9.27	9.43		2
7	9.30	14	2	9.43	9.45		13
8	9.35	63	5	9.45	9.50		10
9	9.40	50	4	9.50	9.54		10
10	9.45	86	7	9.54	10.01		9
11	9.50	23	2	10.01	10.03		11
12	9.55	83	7	10.03	10.10		8
13	10	18	2	10.10	10.12		10
14	10.05	42	3	10.12	10.15		7
15	10.10	56	4	10.15	10.19		5
16	10.15	02	1	10.19	10.20		4

5	9.16	04	1	9.20	9.21		4
6	9.20	10	2	9.21	9.23		1
7	9.24	68	5	9.24	9.29	1	
8	9.28	96	10	9.29	9.39		1
9	9.32	77	6	9.39	9.45		7
10	9.36	51	4	9.45	9.49		9
11	9.40	23	3	9.49	9.52		9
12	9.44	88	8	9.52	10.00		8
13	9.48	60	5	10.00	10.05		12
14	9.52	19	2	10.05	10.07		13
15	9.56	45	4	10.07	10.11		11
16	10.00	82	7	10.11	10.18		11
17	10.04	65	5	10.18	10.23		14
18	10.08	07	1	10.23	10.24		15
19	10.12	36	3	10.24	10.27		12
20	10.16	51	4	10.27	10.31		11
21	10.20	40	3	10.31	10.34		11
22	10.24	99	19	10.34	10.53		10
23	10.28	44	3	10.53	10.56		25
24	10.32	01	1	10.56	10.57		24
25	10.36	49	4	10.57	11.01		21
26	10.40	77	6	11.01	11.07		21
27	10.44	31	3	11.07	11.10		23
28	10.48	81	7	11.10	11.17		22
29	10.52	04	1	11.17	11.18		25
30	10.56	68	5	11.18	11.23		22
						4	342

Продолжительность приема 143 минуты. Время, которое ждет врач, 4 минуты, или 2,8%. Среднее время, которое ждет пациент, 11,4 минуты.

Было бы интересно знать, сколько врачей в общей практике применяют систему назначений. Было подсчитано, что если бы каждый пациент в России во время каждого визита к врачу ждал в среднем по 15 минут, то в год терялось бы более 5 миллионов человеко-дней (без учета времени, потраченного на ожидание в больнице). Это больше, чем потери времени вследствие забастовок, в какой-нибудь не слишком «богатый» забастовками год.

Список литературы / References

1. Исследование операций в экономике / Под ред. Н.Ш. Кремера. М.: Банки и биржи. ЮНИТИ, 1997.
2. *Ивановский В.Б., Чернов В.П.* Теория массового обслуживания. М.: ИНФРА-М, 2000.
3. *Рыжиков Ю.И.* Теория очередей и управление запасами. СПб: 2001.
4. Автоматизированные информационные технологии в экономике. / Под общ. ред. И.Т. Трубилина. М.: Финансы и статистика, 2000.
5. Информатика. Базовый курс. Под ред. С.В.Симоновича. СПб., 2000.