Нарушения в расписании приёма пациентов

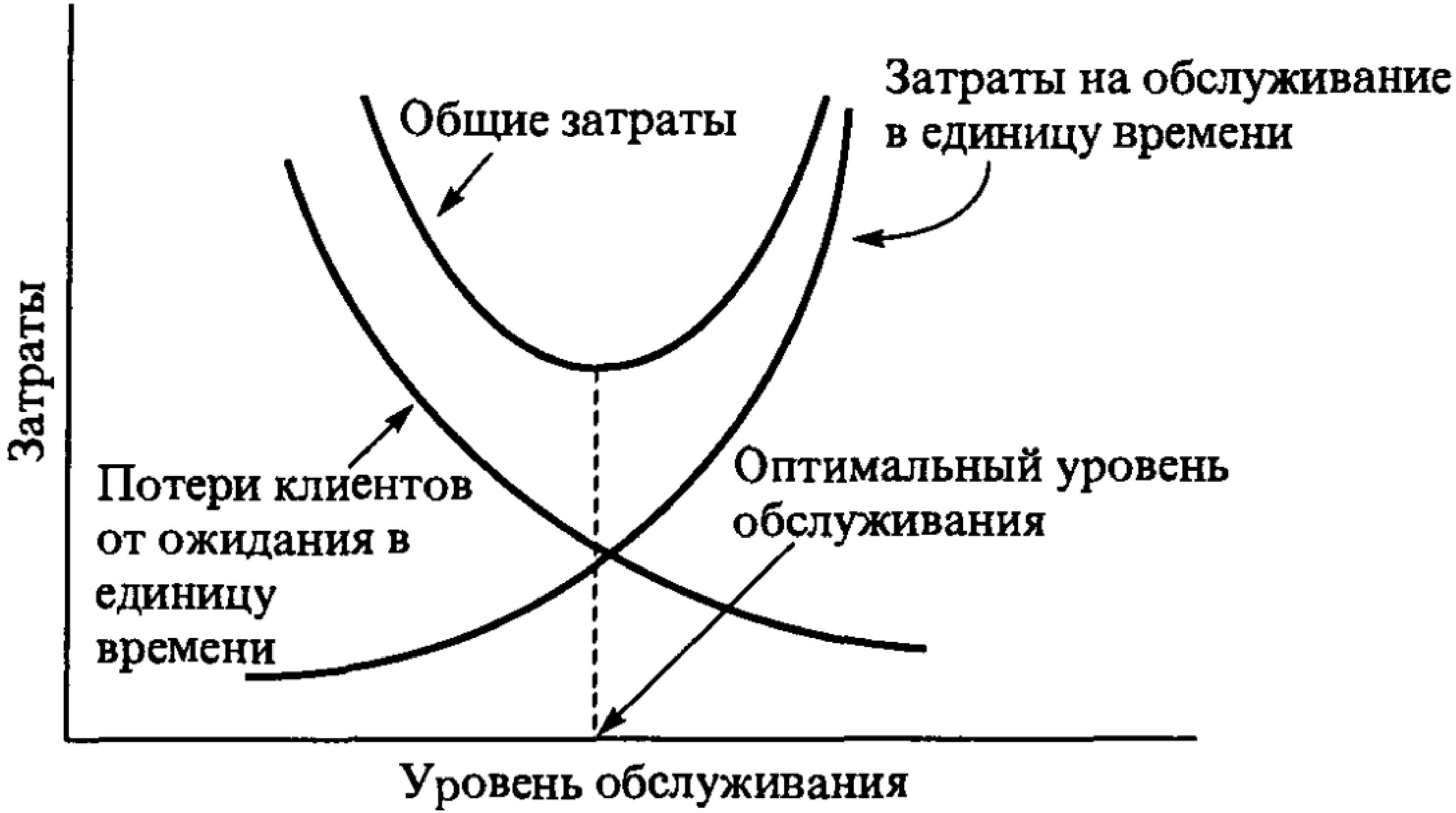
Малахов Кирилл Владимирович

Научный руководитель: Пьяных Олег Станиславович

Основные идеи

- Создать оптимальный и устойчивый алгоритм формирования очереди клиентов с учётом их прихода и существующего расписания
- **Объект исследования***:* очередь амбулаторных пациентов к врачу на приём.
- **Основная идея** заключается не в построении идеального расписания, а в постоянном изменении расписания после получения дополнительных данных о входящем потоке клиентов

Стоимостная модель системы обслуживания



Первые исследования

- N. Bailey «A Study of Queues and Appointment Systems in Hospital Outpatient Departments with Special Reference to Waiting Times»; Journal of the Royal Statistical Society 14, 1952, pp 185-190.
- N. Bailey «Queuing for Medical Care» Applied Statistics, Journal of the Royal Statistical Society 3, 1954, pp 137-145.
- D.V. Lindley «The Theory of Queues with a Single Server»; Proceeding Cambridge Philosophy Society, 48, 1952, pp 277-289.

Необходимо одновременно увеличивать удовлетворенность пациентов и повышать утилизацию медицинского учреждения.

Кто занимается этой проблемой?

Теория расписаний

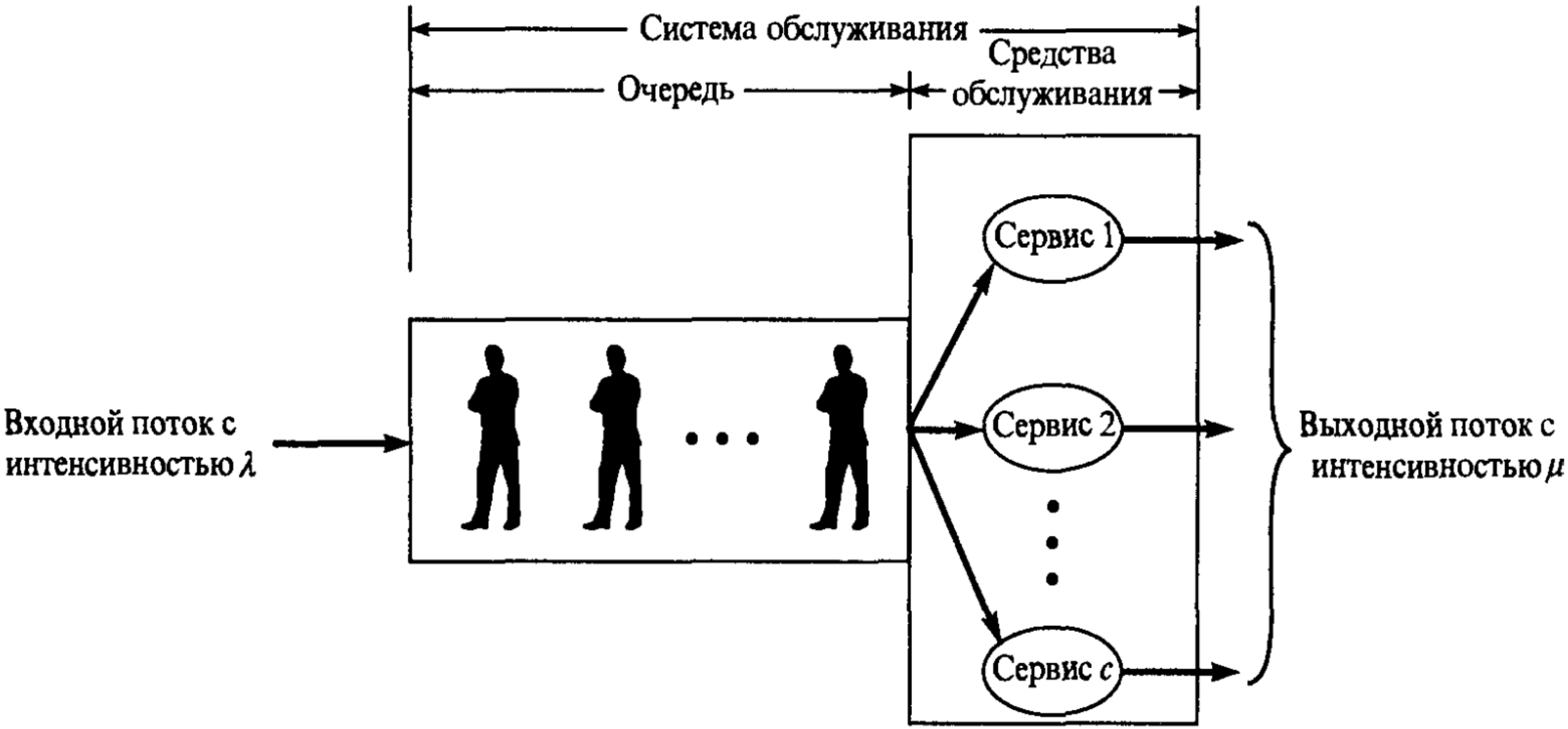
Множество задач $J = \{J_1, J_2, \dots, J_n\}$ с определённым набором весов

Множество серверов $M = \{M_1, M_2, \dots, M_n\}$.

<u>Задача дискретной оптимизации:</u> построить некоторое расписание,

минимизирующее время выполнения задач, их стоимость и т.д.

Теория очередей



Потоки Пуассона

Потоки Пуассона – однородный стационарный поток без последствий. Число событий *n*, выпадающих на интервал длины *i*, распределено по закону Паусcона: $P(n,x)=\frac{(\lambda x)^n e^{-\lambda x}}{n!}$.

НО: такие потоки редко можно встретить на практике, но они вполне допустимы для моделирования.

Время между последовательными поступлениями клиентов, а также время на их обслуживание описывается экспоненциальным распределением, плотность которого формулируется следующим образом:

$$f(t)=\lambda e^{-\lambda t}, t>0,$$

где $M\{t\}={}^{1}/_{\lambda}$ - математическое ожидание, λ – количество событий в единицу времени.

Классификация систем массового обслуживания

$$(a/b/c):(d/e/f),$$

где

a – тип распределения моментов времени поступления событий в систему (входной поток),
b – тип распределения времени обслуживания (выходной поток),
c – количество параллельных сервисов обслуживания,
d – тип очереди,
e – максимальная ёмкость системы обслуживания, учитывая обслуживаемых событий и находящихся в очереди,
f – ёмкость потока.

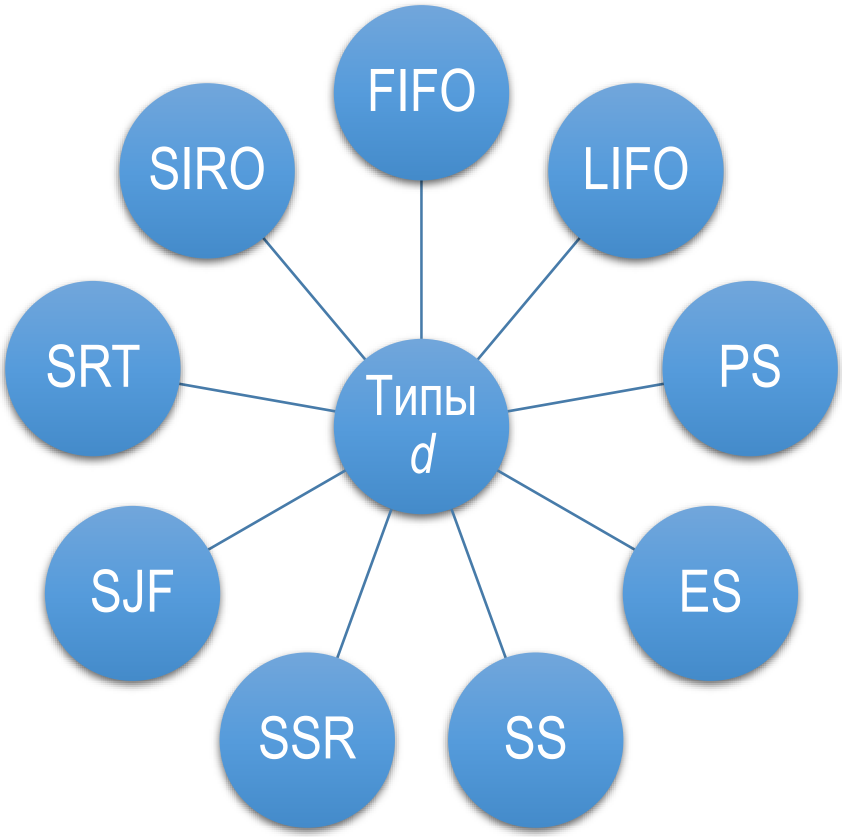
Классификация систем массового обслуживания (1/3)

Для *a* и *b* имеются следующие стандартные распределения:

M – пуассоновское распределение (или марковское) распределение,
D – фиксированные или детерминированные интервалы времени между моментами поступлений событий в систему или продолжительность обслуживания,
E_k – распределение Эрланга или гамма-распределение,
GI (G) – произвольное распределение моментов поступления событий в систему (продолжительность обслуживания клиентов).

Классификация систем массового обслуживания (2/3)

Для *d* существуют следующие типы:



Классификация систем массового обслуживания (3/3)

Для задачи расписания с последующим управлением этого расписания, мы получим:

$$(M, M, 1): (FIFO, N, \infty)$$

или

$$(M, M, 1): (FIFO, N, K).$$

Формализация задачи

$J = \{J_1, J_2, \dots, J_n\}$ – множество пациентов

M – отдельный врач, который имеет собственное расписание R

Всё время работы врача разделяется на несколько периодов, во время которых обслуживается один пациент. Назовём эти отрезки слотами: $S = \{S_1, S_2, \dots, S_m\}$.

$R = \{J_1, J_2, \dots, J_n, S_1, S_2, \dots, S_m\}$ – идеальное расписание

Формализация задачи

$K = K(M, R, J_n)$ – функция качества обслуживания.

$K(M, R, J_n) < K_{\text{огр}}, \forall n$

$S = S(M, R, J_n)$ – выручка, получаемая от каждого пациента.

$S_{total} = \sum_n S(M, R, J_n) \rightarrow max$ – получение максимальной выручка от врача.
$K_{total} = \sum_n K(M, R, J_n) \rightarrow min$ – минимизация времени ожидания пациента в очереди.

Формализация задачи

В итоге получаем:

$$
\begin{cases}
R = \{J_1, J_2, \dots, J_n, S_1, S_2, \dots, S_m\}, \\
K(M, R, J_n) < K_{\text{огр}}, \forall n, \\
S_{total} = \sum\limits_n S(M, R, J_n), \\
K_{total} = \sum\limits_n K(M, R, J_n), \\
S_{total} + \dfrac{Const}{K_{total}} \to max
\end{cases}
$$

Свойства модели и его решения

- Устойчивость
- Простота
- Удовлетворение критериям качества

Факторы, влияющие на расписание

1. Число этапов (число последовательных сервисов)
2. Число сервисов в этапе (число параллельных сервисов)
3. Число приёмов у врача
4. Процесс обслуживания пациента врачом
5. Перерывы в приёме и опоздания врача
6. Тип очереди
7. Прибытие пациентов

Прибытие пациентов

1. Непунктуальность пациента
2. Неявка пациента (no-show)
3. Срочные и с высоким приоритетом пациенты (emergency)
4. Пациенты без предварительной записи (walk-ins)
5. Компаньоны пациента

Очередь с буфером

T — размер слота (время обслуживания пациента);
T_1 — максимальное время опоздания пациентов, при котором он ещё остается в основной очереди;
T_2 — максимальное время ожидания в штрафной очереди, после чего пациент обслуживается первым приоритетом;
T_3 — время опоздание клиента, при котором мы его считаем потерянным для нас, в будущем его можно считать, как новоявленным клиентом, чтобы не усложнять модель

Запаздывание очереди – время, на которое смещается приём пациентов.

Очередь с буфером

Из определений можно вынести некоторый здравый смысл:

1. $T_1 < T_3$, иначе клиенты никогда не будут попадать в штрафную очередь;
2. $T < T_1$, т.к. нам незачем отправлять клиентов в штрафную очередь, т.к. если в очереди уже есть кто-нибудь, то оно пойдёт первым. Опять, если же основная очередь пуста и клиент опоздал, то пойдёт кто-нибудь из штрафной очереди, если он там есть.

Очередь с буфером

Утверждение 1. В штрафной очереди может находиться только один пациент.

Утверждение 2. Основная очередь может запаздывать не больше чем на максимальное время опоздания пациентов (T_3).

Утверждение 3. Максимальное время ожидание пациента *меньше* T_3.

Утверждение 4. Максимальное время простоя врача с приоритетной очередью меньше, чем T_3.

Утверждение 5. Максимальное время ожидание пациента с приоритетной очередью меньше, чем T_3.

Задачи

1. Изучить существующие методы построения расписаний в различных областях
2. Классифицировать нарушения расписания в очереди и объяснить их появления
3. Создать математическую модель, учитывающая фактор неустойчивости
4. Предложить алгоритм формирования очереди пациентов с минимальным временем ожидания и максимальной загрузкой медицинского учреждения
5. Доказать оптимальность и устойчивость построенного алгоритма
6. Вывести критерии качества работы алгоритма и по ним оценить его на реальных данных
7. Внедрить и апробировать алгоритм в действующем медицинском учреждении

Литература

1. Хемди А. Таха «Введение в исследование операций»; 7-е издание, ИД «Вильямс», 2005 год.
2. А.Я. Хинчин «Работы по теории массового обслуживания»; ГИФМЛ, 1963 год.
3. Tugba Cayirli, Emre Veral «Outpatient scheduling in health care: a review of literature»; Production and Operations Management, Winter 2003, 12, 4, pp 519-549.
4. N. Bailey «A Study of Queues and Appointment Systems in Hospital Outpatient Departments with Special Reference to Waiting Times»; Journal of the Royal Statistical Society 14, 1952, pp 185-190.
5. N. Bailey «Queuing for Medical Care» Applied Statistics, Journal of the Royal Statistical Society 3, 1954, pp 137-145.

Литература

6. D.V. Lindley «The Theory of Queues with a Single Server»; Proceeding Cambridge Philosophy Society, 48, 1952, pp 277-289.
7. C. Liao, C.D. Pegden, M. Rosenshine «Planning Timely Arrivals to a Stochastic Production or Service System»; IIE Transactions, 25, 5, 1993, pp 63-73.
8. J. Wang, R.Y.K. Fung «Dynamic appointment scheduling with patient preferences and choices»; Industrial Management and Data Systems, 115, 4, 2015, pp 700-717.

Спасибо!