ИЗВЕСТИЯ
ТОМСКОГО ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА имени С. М. КИРОВА

Том 211 1970

АЛГОРИТМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ОДНОГО КЛАССА СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Л. В. ПЕРФИЛЬЕВ

(Представлена научно-техническим семинаром НИИ АЭМ при ТПИ)

Статья посвящена вопросам качественного и количественного исследования систем управления лифтами.

Такие системы можно классифицировать как однофазные многолинейные неупорядоченные системы массового обслуживания с ожиданием с ограниченным числом облуживающих аппаратов, случайным входящим потоком и произвольным временем обслуживания.

При этом входящий поток (поток вызовов с этажных площадок) рассматривается как Пуассоновский при условии, что каждое требование характеризуется не только моментом появления, но и маршрутом движения. Маршрут движения требования характеризуется некоторой начальной точкой (номер этажа) поступления требования и конечной точкой, в которой требование покидает систему. Начальные и конечные точки принадлежат конечному множеству натуральных чисел. Закон распределения длины маршрутов, а также распределение маршрутов в пространстве в общем случае могут быть произвольными.

Специфика дисциплины обслуживания — способа организации групповой работы лифтов — позволяет отнести такие системы к неупорядоченным.

Требования, находящиеся в очереди, могут обслуживаться группами, не более некоторого заданного числа, ограниченного объемом обслуживающего аппарата.

Моменты начала и конца обслуживания требований одного и того же аппарата в общем случае могут не совпадать. Обслуживание какого-либо требования аппаратом может прерываться на время, зависящее от количества требований, покидающих аппарат и поступающих в него.

Аппарат (лифт), который должен приступить к обслуживанию требования или группы требований, а также сами требования определяются в каждой конкретной ситуации на основании технологических требований системы управления лифтами (способа организации работы лифтов).

Время обслуживания зависит от длины маршрута движения и количества остановок обслуживающего аппарата и связано, таким образом, с характеристиками дисциплины обслуживания и входящего потока требований.

Закон распределения времени обслуживания в системах управления лифтами неизвестен. Возникают большие трудности при попытке сделать какие-либо предположения и допущения относительно вида закона.

Метод Монте-Карло позволяет моделировать процесс работы лифтов в группе на основании формализованного представления технологических требований системы, сформулированных в ходе проектирования и эксплуатации таких систем. При этом закон распределения времени обслуживания и его параметры, так же как и показатели качества обслуживания системы, могут быть определены в результате расчета моделирующего алгоритма.

Структура моделирующего алгоритма зависит от тех предположений, которые сделаны относительно потока требований, дисциплины очереди требований и порядка выбора аппаратов для обслуживания.

Как указывалось выше, пассажиропоток систем управления лифтами характеризуется не только моментом поступления t_j ($j = 1, 2, \ldots$), но и значением параметров $a_j^{(k)}(t)$, где

$a_j^{(1)}(t)$ — этаж, на котором появился j-й вызов (требование);

$a_j^{(2)}(t)$ — этаж, на котором закончится обслуживание j-го вызова;

$a_j^{(3)}(t)$ — направление j-го вызова.

Параметры $a_j^{(k)}(t)$ являются реализациями случайных функций $A_j^{(k)}(t)$ с заданными законами распределения.

Обслуживающие аппараты в каждый дискретный момент времени характеризуются значениями параметров $\beta_i^{(r)}(t)$ ($i = 1, 2, \ldots n$):

$\beta_i^{(1)}(t)$ — этаж, на котором находится i-й лифт;

$\beta_i^{(2)}(t)$ — направление движения i-го лифта;

$\beta_i^{(3)}(t)$ — степень готовности i-го лифта (лифт стоит с открытыми или закрытыми дверями; разгоняется или тормозится и пр);

$\beta_i^{(4)}(t)$ — количество требований в i-м лифте.

Значения параметров $\beta_i^{(r)}(t)$ определяются в функции параметров $a_j^{(k)}(t)$ в соответствии с технологическими требованиями системы.

Технологические требования системы определяют структуру функционала *Д*, по результату решения которого производится выбор требования из очереди и аппарата для обслуживания. При этом выбор требований и аппаратов производится в дискретные моменты времени в зависимости от конкретных значений параметров $a_j^{(k)}(t)$ и $\beta_i^{(r)}(t)$. Множество комбинаций значений параметров $a_j^{(k)}(t)$ и $\beta_i^{(r)}(t)$ относительно велико, и практически не представляется возможным проанализировать все возможные состояния, которые характеризуются значениями этих параметров. Поэтому выделяют классы (подмножества) состояний системы, для которых формулируются технологические требования и строится функционал *Д*.

Значения параметров $a_j^{(k)}(t)$, $\beta_i^{(r)}(t)$, а также значение выходного сигнала функционала *Д* вычисляются в дискретные моменты времени особых состояний системы. Множество моментов времени особых состояний системы t_π состоит из элементов t_j, t_h^i, t_x^i, t_{ls},

где

t_j— момент времени поступления требования;

t_h^i — момент времени начала обслуживания требования или группы требований i-м аппаратом;

t_x^i — момент времени окончания обслуживания требования или группы требований i-м аппаратом.

В моменты времени t_{ls}($s = 1, 2, \ldots$) фиксируются такие изменения системы, без которых трудно или невозможно построить моделирующий алгоритм.

Физический смысл этих моментов и их количество определяется конкретной системой управления группой лифтов. В частности, это может быть момент попадания лифта на крайние этажи, момент попадания лифтов на границы зон, если здание разделено на зоны обслуживания и пр. Практика моделирования систем управления лифтами показывает, что наличие моментов времени t_{ls} намного облегчает алгоритмизацию таких систем.

Функционирование системы массового обслуживаия происходит следующим образом.

В системе, находящейся в одном из возможных состояний, фиксируются текущие (либо задаются начальные) значения параметров $a_j^{(k)}(t)$ и $\beta_i^{(r)}(t)$.

С помощью функционала $Д$ в функции $a_j^{(k)}(t)$ и $\beta_i^{(r)}(t)$ определяется, есть ли группы требований, которые могут быть претендентами на обслуживание. В группу требований входят требования с равными параметрами $a_j^{(1)}(t)$ и $a_j^{(3)}(t)$. Максимально возможное число таких групп равно числу аппаратов обслуживания.

Если такие претендентные группы существуют, они запоминаются. С помощью функционала $Д$ в функции $a_j^{(k)}(t)$ и $\beta_i^{(r)}(t)$ определяются аппараты для обслуживания претендентных групп.

Затем определяется t_h^i — момент начала обслуживания претендентных групп в функции $a_j^{(1)}(t)$, $\beta_i^{(1)}(t)$ и $\beta_i^{(3)}(t)$; разыгрывается значение t_j — момента поступления требования, а также определяются моменты времени $t_{b_з}$. Если каким-либо аппаратом обслуживается требование или группа требований, то определяется t_x^i — момент окончания обслуживания требований в функции $a_j^{(2)}(t)$, $\beta_i^{(1)}(t)$ и $\beta_i^{(3)}(t)$.
Таким образом, $t_\pi = f\,[a_j^{(k)}(t), \beta_i^{(r)}(t)]$.
Вычисленные значения t_j, t_h^i, t_x^i, t_{ls} сравниваются и определяется минимальное из них.

При $t_j = \min$ разыгрывается t_{j+1} — момент поступления следующего требования и значения параметров $a_{j+1}^{k}(t)$ этого требования, а также вычисляются текущие значения параметров $\beta_i^{(r)}(t)$ в соответствии с результатом решения функционала Д.

В случае, если минимальным окажется любой другой элемент множества $t_\pi \neq t_j$, вычисляются только текущие значения параметров $\beta_i^{(r)}(t)$. При этом равенство $t_h^i = \min$ означает, что i-й аппарат приступил к обслуживанию требования или группы требований; равенство $t_x^i = \min$ означает, что i-й аппарат закончил обслуживание одного из требований или группы требований.

Вновь определяются претендентные группы, вычисляются значения элементов множества t_π и т. д.

Количество циклов определяется точностью, с которой необходимо вычислить значения показателей качества обслуживания (математическое ожидание времени ожидания начала исполнения требований и коэффициентов холостых пробегов и простоев аппаратов).

В ячейках памяти ЭЦВМ в каждый цикл фиксируется информация, необходимая для вычисления значений показателей качества обслуживания. В частности, такой информацией является момент поступления и момент начала обслуживания требования; время движения пустого аппарата и пр.

Ниже приводится операторная схема описанного алгоритма

$$^{12}\Phi_1 A_2 A_3\,^{3,14,15,16}A_4 A_5 P_6 {\uparrow^{7}_{\downarrow 9}} A_7 A_8\,^{6,8}P_9 {\uparrow^{10}_{\downarrow 11}} A_{10}\,^{9,10}A_{11} P_{12} {\uparrow^{1}_{\downarrow 13}} P_{13} {\uparrow^{15}_{\downarrow 14}} P_{14} {\uparrow^{16}_{\downarrow 4}}$$
$$^{13}A^{4}_{15}\;^{14}A^{4}_{16}$$

Φ_1 — обращение к датчику случайных чисел;
A_2 — вычисляет моменты времени t_j;
A_3 — вычисляет значения параметров $a_j^{(k)}(t)$;
A_4 — вычисляет значения параметров $\beta_i^{(r)}(t)$;
A_5 — заносит в ячейки памяти информацию, необходимую для вычисления значений показателей качества обслуживания;
P_6 — с помощью функционала Д в функции $a_j^{(k)}(t)$ и $\beta_i^{(r)}(t)$ проверяет, существуют ли группы требований, которые могут быть претендентами на обслуживание;

A_7 — с помощью функционала Д в функции $a_j^{(k)}(t)$ и $\beta_i^{(r)}(t)$ определяет аппарат для обслуживания претендентных групп;

A_8 — вычисляет моменты времени t_h^i;

P_9 — проверяет наличие аппарата, обслуживающего требование или группу требований;

A_{10} — вычисляет моменты времени t_x^i;

A_{11} — вычисляет моменты времени t_{ls};

P_{12} — проверяет выполнение неравенств

$t_j < t_h^i$; $t_j < t_x^i$; $t_j < t_{ls}$;

P_{13} — проверяет выполнение неравенств

$$t_h^i < t_j;\ t_h^i < t_x^i;\ t_h^i < t_{ls};$$

P_{14} — проверяет выполнение неравенств

$$t_x^i < t_j;\ t_x^i < t_h^i;\ t_x^i < t_{ls};$$

A_{15} — затирает значения $a_j^{(1)}(t)$ и $a_j^{(3)}(t)$ того требования, обслуживание которого началось;

A_{16} — затирает $a_j^{(2)}(t)$ того требования, обслуживание которого закончилось.

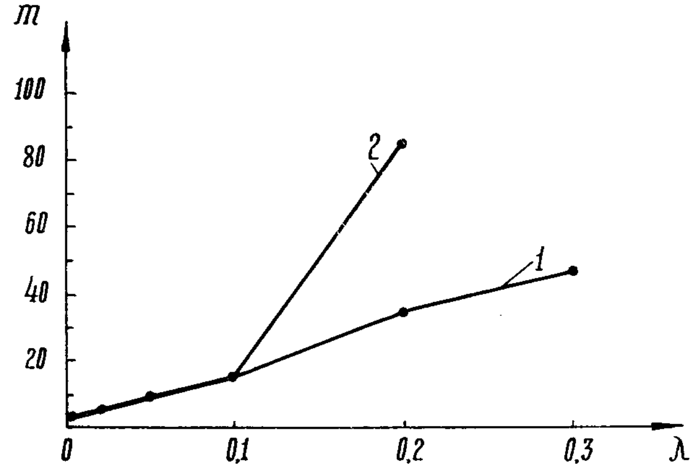

Рис. 1.

Основные трудности при моделировании систем управления лифтами возникают при формализации технологических требований системы. Структуру функционала Д удобно (а иногда необходимо) разбивать на подструктуры. Так, например, процесс определения того, какое требование должно обслуживаться аппаратом i, можно разбить на два этапа:

1) определение направления движения аппарата в зависимости от конкретной технологической ситуации;

2) определение того, какие требования могут быть обслужены этим аппаратом и какое требование в данной ситуации может быть обслужено первым.

В соответствии с этим функционал Д строится из двух подструктур, выполняющих функции описанных этапов.

Кроме того, особенностью функционала Д является его относительно сложная логическая структура.

В соответствии с описанным алгоритмом разработаны операторные схемы и программы для расчета на ЭЦВМ М-20 систем управления лифтами, работа которых организована по различным способам.

На рис. 1. приведены зависимости m — математического ожидания времени ожидания начала исполнения требования в функции λ — интенсивности пассажиропотока для известных систем управления лифтами с зонным способом организации групповой работы лифтов с жестким закреплением лифтов по зонам и зонным способом с использованием принципа скользящей зоны.

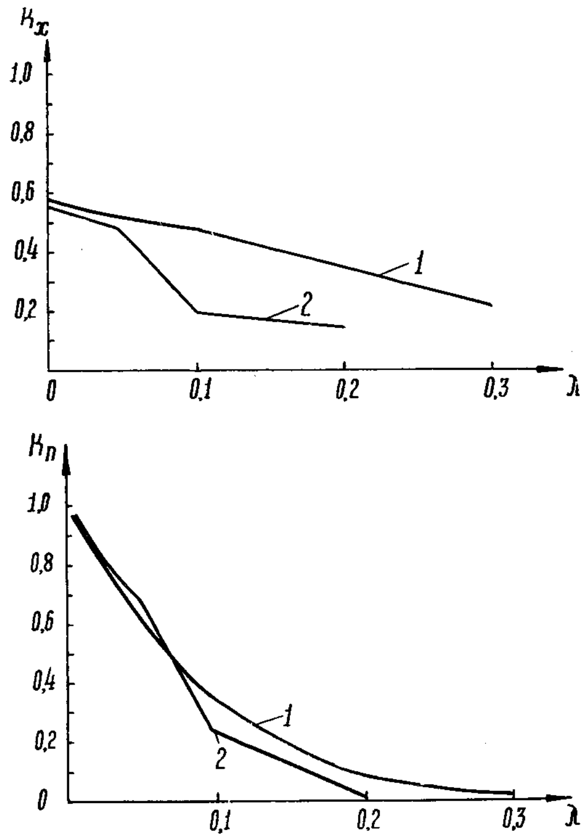

Рис. 2.

На рис. 2 приведены зависимости k_x — коэффициентов холостых пробегов и k_n — коэффициентов простоев аппаратов в функции λ.

На рис. 3 для примера приведен полигон относительных частот времени ожидания начала исполнения требований при $\lambda = 0{,}125$.

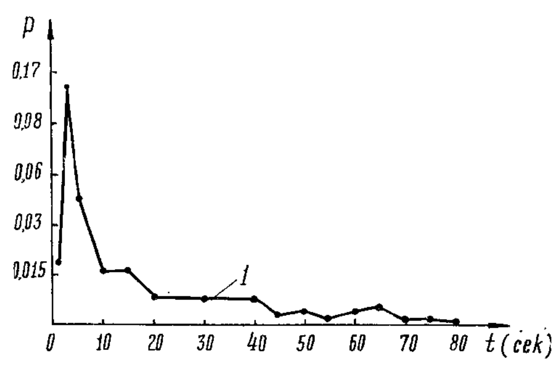

Рис. 3.

На всех рисунках кривые зонного способа с жестким закреплением лифтов по зонам обозначены цифрой 1, а кривые зонного способа с использованием принципа скользящей зоны — цифрой 2.

Все результаты расчетов моделирующих алгоритмов получены при допущениях:

1) появление требований на любом из этажей здания равновероятно,

2) длина маршрута требования может быть равна любому количеству этажей с равной вероятностью.

ЛИТЕРАТУРА

1. Н. П. Бусоенко. Моделирование сложных систем. «Наука», Москва, 1968.

2. Н. П. Бусленко, Д. И. Голенко, И. М. Соболь, В. Г. Сраговнч, Ю. А. Шрейдр. Метод статистических испытаний. Физматгиз, 1962.

3. В. Я. Розенберг, А. И. Прохоров. Что такое теория массового обслуживания. «Советское радио». Москва, 1965.

4. Разработка системы организации групповой работы лифтов высотных зданий. Отчет по научно-исследовательской теме. Этапы I, II, III. Томский политехнический институт, 1967.

5. Исследование способов построения и методов проектирования систем организации групповой работы лифтов. Отчет по научно-исследовательской теме. Томский политехнический институт, 1968.