INFORMATION TECHNOLOGY USED IN TEMPORARY STORAGE WAREHOUSES OF JSC "ALMATY INTERNATIONAL AIRPORT" USING THE MOBILE APPLICATION "BIGLIT"

Abstract

The key to the successful operation of the warehouse is the automation of the warehouse, the economical use of human resources and the optimal organization of cargo flow. The main tasks in this case are: increasing the speed of cargo acceptance; optimizing storage in order to reduce the number of personnel working in the warehouse. The solution of the above tasks is impossible without automation of the warehouse.
Keywords: *service, warehouse, scanner, airport, terminal.*

УДК 656.25

ШИНЫКУЛОВА А.Б. – докторант PhD (г. Алматы, Казахский университет путей сообщения)

УМБЕТОВ У. – д.т.н., профессор (г. Туркестан, Международный казахско-турецкий университет им. Ходжи Ахмеда Ясави)

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Аннотация

Рассматриваются проблемы, связанные с массовым обслуживанием в туризме. Показано, что для решения таких проблем необходима разработка эффективных систем обслуживания. Рассмотрены задачи одноканального и многоканального обслуживания при заданном законе распределения входных потоков элементов и потоков элементов на обслуживание. Для произвольного закона распределения предлагается использование метода имитационного моделирования.

Важной особенностью оптимизационных задач массового обслуживания является их многокритериальность, наличие как количественных, так и качественных критериев. В работе приведены возможные критерии оптимизации и предложено их математическое описание.

Имитационное моделирование предполагает синтез методов статистического моделирования и участие человека в процессе моделирования. Имитационные методы основаны на моделировании процессов обслуживания элементов на компьютере. Цель имитационного моделирования состоит в воспроизведении поведения исследуемой системы на основе результатов анализа наиболее существенных связей между элементами.

Ключевые слова: *имитационное моделирование, метод Монте-Карло, закон Пуассона, закон Эрланга, стохастические задачи.*

Введение. В основе данных методов лежит построение модели процесса или объекта, на вход которого подается реализация случайных чисел с заданными статистическими характеристиками, которые могут быть получены экспериментально. На выходе получают результат решения задачи также в виде некоторой характеристики случайного процесса.

Имитационное моделирование систем обслуживания клиентов является очень сложной задачей. Моделирование поведения людей, которые являются элементами системы, связано с большими трудностями, так как в ряде случаев оно может быть непредсказуемым. Эти методы применяются тогда, когда построить аналитическую модель системы практически невозможно, так как поступающие на обслуживание элементы не подчиняются законам распределения Пуассона, Эрланга или Пальма. В таких более сложных случаях проводят моделирование СМО с использованием реализации случайных величин, то есть статистического моделирования.

Получить такую реализацию позволяет применение методов Монте-Карло, которые используются для решения как детерминированных, так и стохастических задач. При использовании методов Монте-Карло всегда необходимо получить выборку случайных чисел. Такую выборку дает, например, рулетка. Отсюда и название методов, как места, где процветает игорный бизнес.

Основные результаты исследований.

Рассмотрим модель СМО с одним каналом обслуживания (рисунок 1).

Рисунок 1 – Модель СМО с одним каналом обслуживания

Пусть λ интенсивность входного потока, а μ - интенсивность выходного потока. Эти характеристики определяют скорость обслуживания элементов. Найдем среднюю длину очереди и вероятность появления очереди заданной длины при случайных потоках элементов на входе (поступления) и выходе (обслуживание).

Предположим, что скорость обслуживания не зависит от числа элементов, т.е. μ не зависит от длины очереди, и элементы обслуживаются в порядке их поступления.

Введем следующие обозначения:

$n(t)$ - число элементов в очереди к моменту времени t;

$P_n(t)$- вероятность образования очереди из n элементов к моменту времени t;

λh - вероятность появления в очереди нового элемента в промежуток времени от t до $t+h$;

μh - вероятность того, что в промежутке времени от t до $t+h$ завершится обслуживание элемента, находящегося на обслуживании;

n_{cp} - средняя длина очереди (среднее число элементов в очереди).

В этой ситуации необходимо получить выражение для вероятности нахождения в очереди n элементов в момент времени t.

На рисунке 2 показан граф состояний рассматриваемой СМО.

Используя основные положения теории вероятностей, составим систему дифференциальных уравнений для $P_n(t)$ и затем определим величину n_{cp}.

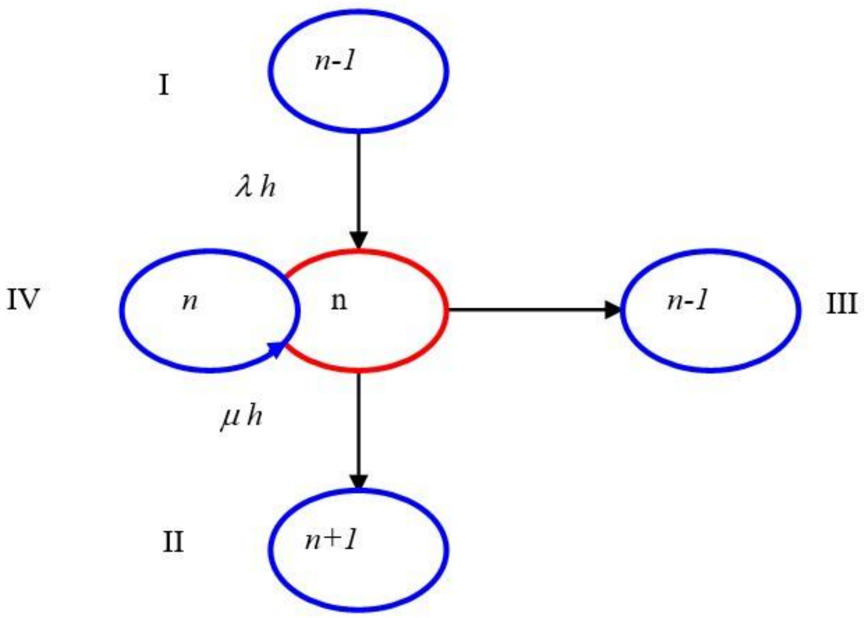

Рисунок 2 – Граф состояний СМО

Вероятность того, что к моменту времени $t+h$ в очереди будет находиться n элементов ($n>0$) может быть записана в виде суммы вероятностей четырех сложных независимых событий.

Первое событие состоит в том, что к моменту времени t в очереди имеется n элементов. Вероятность этого события определяется формулой:

$$P_I = P_n(t) \cdot (1-\lambda h) \cdot (1-\mu h) = P_n(t) \cdot (1-\lambda h-\mu h) - O_1(h).$$

Здесь $P_n(t)$ - вероятность того, что система имела n элементов в очереди в момент времени t;

$(1-\lambda h)$ - вероятность того, что ни один из элементов не поступил на обслуживание;

$(1-\mu h)$ - вероятность того, что ни один элемент не обслужен;

$O_1(h)$ - величина более высокого порядка малости по сравнению с h.

Второе событие определяется условной вероятностью того, что к моменту времени t в очереди имеется $n-1$ элемент, в течение h поступает новый элемент и обслуживание элемента не заканчивается в течение времени h. Вероятность этого события определяется формулой:

$$P_{II} = P_{n-1}(t) \cdot (1-\mu h) \cdot \lambda h = P_{n-1}(t) \cdot \lambda h - O_2(h).$$

Здесь $P_{n-1}(t)$ - вероятность того, что к моменту времени t система имела $n-1$ элементов в очереди;

λh - вероятность того, что в течение h поступает новый элемент;

$(1-\mu h)$ - вероятность того, что ни один элемент не обслужен;

$O_2(h)$ – величина более высокого порядка малости по сравнению с h.

Третье событие определяется тем, что к моменту времени t в очереди имеется $n+1$ элемент, в течение времени h завершается обслуживание элемента и в течение времени h нет новых поступлений. Вероятность этого события определим следующей формулой:

$$P_{III} = P_{n+1}(t) \cdot (1-\lambda h) \cdot \mu h = P_{n+1}(t) \cdot \mu h - O_3(h) .$$

Полагая $h \to 0$, получаем дифференциальное уравнение

$$\frac{dP_n(t)}{dt} = \lambda P_{n-1}(t) + \mu P_{n+1}(t) - (\lambda + \mu) P_n(t)$$

Это уравнение называется уравнением Эрланга.

Рассмотрим систему с несколькими каналами обслуживания. Сделаем следующие предположения:

- скорость обслуживания каждого канала не зависит от номера канала;

- рассматривается система с одной очередью, т.е. на обслуживание в освободившийся канал поступает первый элемент из очереди (в очереди нет приоритета);

- входной и выходной потоки характеризуются параметрами λ и μ (λ - средняя скорость поступления элемента на обслуживание, μ - средняя скорость обслуживания).

СМО с несколькими каналами обслуживания приведена на рисунке 3.

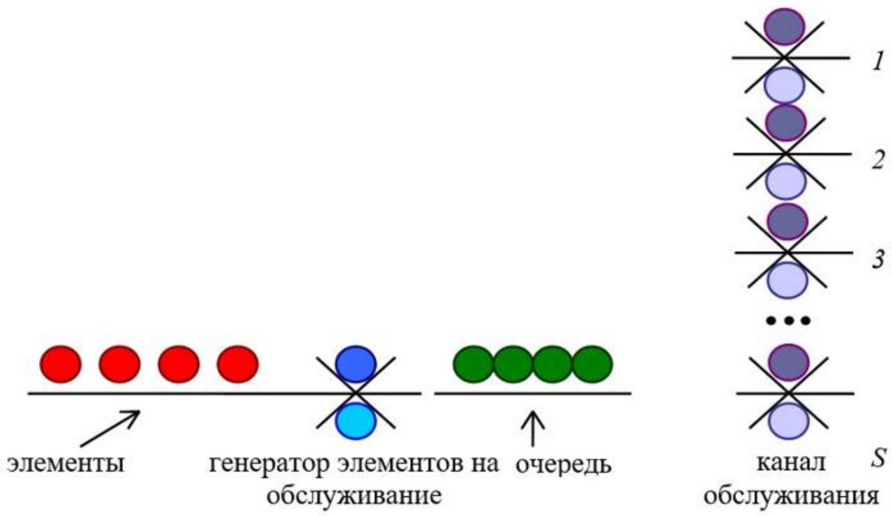

Рисунок 3 – Система массового обслуживания с несколькими каналами

Пусть S - число каналов обслуживания,

n - число элементов в системе обслуживания,

ν - число элементов в очереди,

j - число занятых каналов.

Если $n \le S$, тогда $\nu = 0$, т.е. очереди нет. Тогда величина $r = S - n$ определяет число незанятых каналов.

Если $n > S$, $\nu > 0$, возникает очередь, при этом $0 \le j \le S$, число элементов в очереди $\nu = n - S$.

Уравнения для определения вероятности образования очереди из n элементов в момент времени t получим аналогичным образом, как для СМО с одним каналом обслуживания.

Сформулируем задачу оптимизации СМО. Необходимо определить число каналов обслуживания S^0, при котором суммарные издержки, связанные с простаиванием элементов в очереди и простаиванием каналов, были минимальными.

На рисунке 4 представлен график зависимости издержек от числа каналов обслуживания. Здесь S^* - это оптимальное число каналов СМО, при котором издержки $K(S)$ имеют минимальное значение.

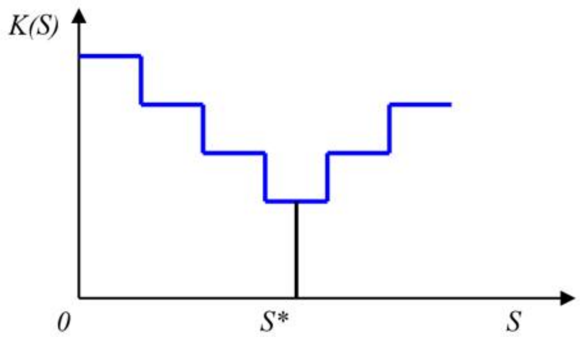

Рисунок 4 – График зависимости издержек от числа каналов обслуживания

Запишем систему неравенств, которые можно использовать для нахождения оптимального числа каналов:

$$P(n < S^{*}-1) \leq C1/(C1 + C2) < P(n \leq S^{*}),$$

здесь S^{*} - оптимальное число каналов,

$$P(n ¿¿ ,$$

$$P(n \leq S^{¿}) = \sum_{n=0}^{S^{¿}} P_n .$$

Рассмотренная модель была получена при выполнении целого ряда упрощающих предположений. В частности, мы предположили экспоненциальное распределение входных и выходных потоков, наличие одной входной очереди в системе, простейшую дисциплину очереди и т.д. Во многих реальных ситуациях эти предположения могут не выполняться. Тогда можно использовать имитационное моделирование.

Рассмотрим простейшую систему массового обслуживания с одним каналом и с одним входным потоком элементов. Хотя методика моделирования, которая будет изложена ниже, пригодна и для многоканальной системы. Предположим, что известен закон распределения интервалов времени между двумя соседними поступлениями элементов и известен закон распределения времени обслуживания данного канала.

Введем следующие обозначения:

τ_r – интервал времени между *r* и *(r+1)* элементами, поступающими на обслуживание;

v_r – время обслуживания *r*- го элемента в канале;

w_r – время простаивания *r*-го элемента в очереди на обслуживание.

Временная диаграмма представлена на рисунке 5.

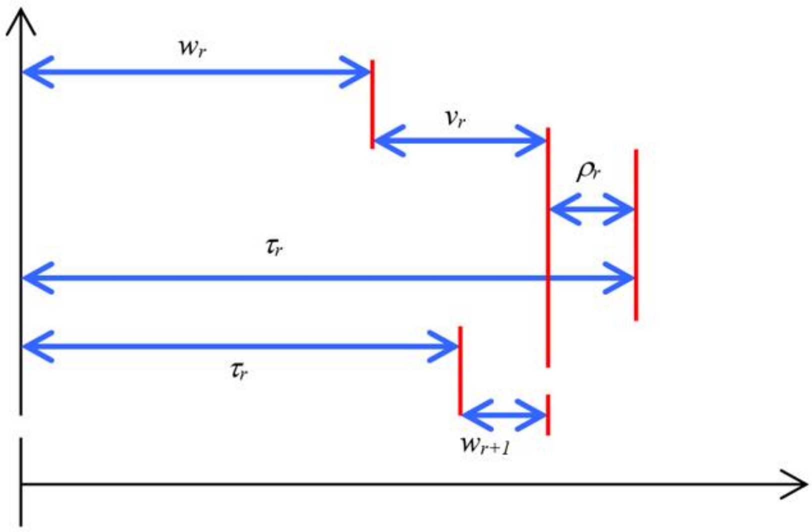

Рисунок 5 – Временная диаграмма

Обозначим через ρ_r – время простаивания канала обслуживания. Тогда ρ_r определится следующим образом

$$\rho_r = ¿ \{ 0,\ если\ w_r + v_r \leq \tau_r ¿¿¿$$

Время простаивания *(r+1)* элемента в очереди на обслуживание запишем так

$$w_{r+1} = ¿ \{ 0,\ если\ w_r + v_r \leq \tau_r ¿¿¿$$

При использовании метода Монте-Карло необходимо получить две последовательности случайных величин с заданными законами распределения:

1. последовательность τ_i;
2. последовательность v_i.

Первая последовательность соответствует входному потоку, а вторая последовательность соответствует выходному потоку. При этом необходимо учесть, что первая последовательность обычно не зависит от системы обслуживания. Реализация такой модели приведена на рисунке 6.

Обозначим через *K* – потери времени при обслуживании элемента

$$K = (C_1 w' + C_2\, \rho') T$$

здесь C_1 - стоимость простаивания одного элемента в очереди в единицу времени;

C_2 - стоимость простаивания канала обслуживания (потери, возникающие при простаивании);

T – время обслуживания потока, то есть время работы СМО.

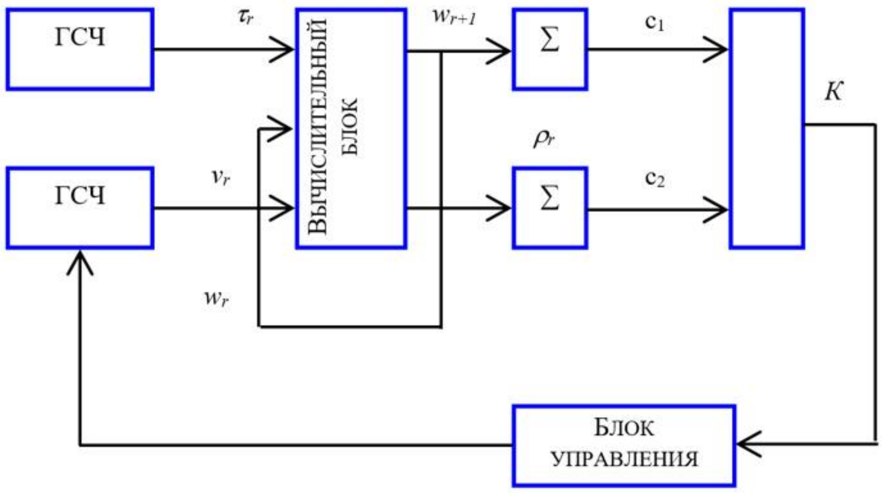

Рисунок 6 – Блок-схема имитационного моделирования системы обслуживания при произвольных законах распределения входного и выходного потоков (ГСЧ – генератор случайных чисел)

Для любой системы массового обслуживания необходимо K минимизировать. При имитационном моделировании для решения задач оптимизации можно уменьшить v_r или увеличением числа каналов или увеличением интенсивности обслуживания в одном канале. Оптимальное число каналов обслуживания или наилучшее значение интенсивности обслуживания может быть получено в результате численного эксперимента.

Выводы. В качестве сопутствующей научной задачи рассмотрена и решена задача исследования многоэлементных потоков, которая также достаточно распространена не только в организационных, но и технологических системах. Использованные при этом методы теории массового обслуживания ориентированы на использование в объектах повышенной сложности, для которых характерны большая размерность математических моделей, сложность структурной организации и многообразие функциональных связей между переменными. Все это свойственно для крупномасштабных производственных объектов, в связи с чем предлагаемые научные решения имеют важное значение с позиций организации автоматизированных систем управления для крупномасштабных производств и производственных объединений.

Литература

1. Лабскер Л.Г., Бабешко Л.О. Теория массового обслуживания в экономической сфере. – М.: ЮНИТИ, 1998. – 319 с.
2. Лэсдон Л.С. Оптимизация больших систем. – М.: Наука, 1975. – 352 с.
3. Умбетов У., Шиныкулова А.Б. Методы исследования многоэлементных потоков. // Промышленный транспорт Казахстана. – 2020. – №4(69). – С. 143-148.
4. Фомин Г.П. Системы и модели массового обслуживания в коммерческой деятельности. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 144 с.
5. Шиныкулова А.Б., Исайкин Д.В., Косяков И.О., Умбетов У. Оптимизация транспортных перевозок туристов // Журнал теоретических и прикладных информационных технологий, Пакистан. – 2020. – Volume 98. – № 19. – С. 3032-3042.
6. Анфилатов В.С., Емельянов А.А., Кукушкин А.А. Системный анализ в управлении. Учебное пособие. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 367 с.
7. Умбетов У., Шиныкулова А.Б., Математическая задача планирования деятельности предприятий туристской отрасли. / Материалы XVмеждународной научно-