

ВВЕДЕНИЕ

Тема моей дипломной работы: производственные системы с маршрутизацией, зависящей от состояния. В моей дипломной работе рассматривается сеть массового обслуживания с зависимой от состояния маршрутизацией как модель гибкой производственной системы.

Целью дипломной работы является исследование и анализ производственных систем с маршрутизацией, зависящей от состояния. Задачами являются: разработка алгоритма метода анализа данных производственных систем, программная реализация алгоритма и проведение численных экспериментов с разработанной программой.

Практическое значение этого направления определяется широким использованием сетей массового обслуживания в качестве математических моделей гибких производственных систем, необходимостью исследования производственных систем и их оптимизации.

1 Гибкие производственные системы с маршрутизацией, зависящей от состояния

1.1 Описание модели

Рассмотрим гибкую производственную систему, основные компоненты которой следующие.

1. Множество рабочих станций (систем) C_i с номерами из множества $I \equiv \{i \mid i = 1, \dots, L\}$. Каждая рабочая станция C_i производит обработку деталей и может выполнять один или несколько типов производственных операций t (например, сверление, фрезерование, и т.д.). На станции C_i есть κ_i параллельно работающих машин. Максимальное число деталей, которое допускается в любой момент времени (включая как обрабатываемые детали, так и детали, ожидающие в локальном хранилище), ограничены s_i (емкость рабочей станции), где $s_i \geq \kappa_i$, $i = 1, \dots, L$. Определим вектор числа приборов в рабочих станциях $\kappa = (\kappa_i)$ и вектор емкостей рабочих станций $s = (s_i)$, $i = 1, \dots, L$.

2. Система транспортировки материалов (MHS), обозначаемая как станция C_0 , которая состоит из κ_0 транспортеров (например, конвейеры), которые осуществляют транспортировку деталей между рабочими станциями, и центрального хранилища.

3. Палеты, на которых перемещаются детали. Для каждой детали выделяется одна палета. Общее количество палет, доступных в ГПС, постоянно и равно N .

Схема гибкой производственной системы представлена на рисунке.

Функционирование гибкой производственной системы происходит следующим образом.

Система должна обработать $t = 1, 2, \dots, T$ типов деталей. Общее число деталей в системе в любой момент времени постоянно и равно N . Всякий раз, когда обработанная деталь покидает систему, другая деталь того же типа сразу же поступает в систему. Число палет N_t , выделяемых для деталей типа t , постоянно и $\sum_t N_t = N$. Определим вектор начального числа деталей $N = (N_t)$, $t = 1, \dots, T$.

Рабочие станции или машины могут быть свободны (простаивать), но они никогда не блокируются. На практике это, как правило, обеспечивается за

счет *возвратного конвейера*, который постоянно забирает из рабочих станций детали, завершившие обработку, и доставляет их обратно в центральное хранилище (предполагается, что в центральном хранилище достаточно мест для размещения всех деталей в случае необходимости).

Деталь каждого типа t нуждается во множестве операций, которые будут выполняться на наборе рабочих станций с номерами $I_t \subseteq I$. Длительность обработки детали типа t на станции C_i , $i \in I_t$, имеет экспоненциальное распределение с параметром μ_{it} . s_{it} — емкость хранилища, выделенного для деталей типа t на станции C_i .

Дисциплина обработки на всех станциях C_i , $i = 0, \dots, L$, — *RANDOM* (то есть детали выбираются для обработки случайным образом).

Пусть $\Theta = (\theta_{it,jt})$ — маршрутная матрица, $t = 1, \dots, T$, $i, j = 0, \dots, L$, где $\theta_{it,jt}$ — вероятность того, что деталь типа t после обработки на станции C_i поступает на станцию C_j . Заметим, что допускаются переходы только из системы транспортировки на рабочие станции и из рабочих станций в систему транспортировки, т.е. $\theta_{it,jt} = 0$.

Данная гибкая производственная система с введенными выше предположениями описывается неоднородной замкнутой экспоненциальной сетью массового обслуживания $\Gamma = \langle L, T, \mathbf{N}, N, M, \Theta, \kappa, \mu, \text{RANDOM} \rangle$.

1.2 Решение уравнения равновесия

Определим состояние сети Γ , соответствующей рассмотренной выше гибкой производственной системе. $\{\bar{\eta}(\tau)\}$ определяет процесс Маркова со следующим конечным пространством состояний: (...).

Сформулируем PSQ-маршрутизацию следующим образом. Вероятности перехода требований класса t из системы C_0 в систему C_i , $i \in I_t$, зависят от n_{0t} и от n_{it} — числа требований класса t в двух системах, и принимают форму

Несложно заметить следующие особенности этой схемы маршрутизации:

- маршрутные вероятности выше для систем с бóльшим числом свободных приборов;
- требования класса t никогда (т.е. с вероятностью ноль) не направляются в систему, в которой все места в очереди для ожидания требованиями этого класса заняты.

Стационарное решение для сети Γ как модели гибкой производственной системы можно теперь обобщить следующим образом.

Теорема 1. Марковский процесс $\bar{\eta}(\tau)$, определенный в пространстве состояний S и управляемый PSQ–маршрутизацией, как определено в (??), является обратимым относительно времени и имеет следующую мультипликативную форму стационарного распределения вероятностей: (...).

2 Алгоритм метода анализа производственных систем с маршрутизацией, зависящей от состояния

2.1 Описание алгоритма

Рассмотрим неоднородную замкнутую экспоненциальную сеть массового обслуживания L системами (включая систему транспортировки материалов, которая теперь обозначается как любая C_i) и N требованиями.

Не теряя общности, предположим, что требуется получить предельное частное распределение вероятностей для системы C_L сети Γ' .

Определим векторы размерности T : (...). Пусть $G(m, N)$ — нормализующая константа. Кроме того, определим (...). Обозначим через $\pi_m(n, N)$ предельную вероятность того, что общее число требований в системе m будет равно n , когда общее число требований всей сети равно N . Тогда справедливо следующее следствие (...).

2.2 Структурная схема алгоритма

Алгоритм метода анализа сети массового обслуживания Γ с маршрутизацией, зависящей от состояния, имеет блочную структуру, представленную на рисунке (...).

Блок 1. Ввод исходных данных

На начальном этапе работы алгоритма вводятся параметры сети массового обслуживания Γ :

L — число СМО в СеМО;

$N = (N_t)$ — вектор начального числа требований в СеМО, $t = 1, \dots, T$;

$\kappa = (\kappa_i)$ — вектор числа приборов в системах обслуживания СеМО, $i = 0, \dots, L$;

$s = (s_{it})$ — матрица емкостей систем в СеМО, $i = 0, \dots, L$, $t = 1, \dots, T$;

$\mu = (\mu_{it})$ — матрица интенсивностей обслуживания требований системами СеМО, $i = 0, \dots, L$, $t = 1, \dots, T$.

Блок 2. Перестановка СМО C_i и C_L

Во втором блоке для вычисления стационарного распределения вероятностей состояний системы C_i , $i = 1, \dots, L$, происходит перестановка системы C_i с последней системой C_L . Это осуществляется путем перестановки соответствующих элементов векторов.

Блок 3. Вычисление стационарного распределения вероятностей состояний СМО C_i

Блок 5. Вычисление стационарных характеристик СеМО

На данном этапе происходит вычисление следующих стационарных характеристик СеМО:

- м. о. числа t -требоаний в СМО;
- м. о. числа занятых t -требованиями приборов в СМО;
- интенсивность входящего потока t -требоаний в СМО;
- коэффициенты использования обслуживающих приборов СМО t - требованиями.

Эти характеристики вычисляются по формулам (...).

Блок 6. Вывод результатов

В данном блоке происходит вывод (на экран или в файл) стационарного распределения и стационарных характеристик, полученных в блоке 4 и 5.

3 Описание и назначение программы

Была разработана программа на языке Java, предназначенная для анализа производственных систем с маршрутизацией, зависящей от состояния.

Программа позволяет вычислить стационарное распределение и основные характеристики производственных систем с маршрутизацией, зависящей от состояния. Вычисления могут производиться как для однородной, так и для неоднородной сети массового обслуживания.

Разработанная программа имеет графический интерфейс. Входные данные считываются с формы, проверяются на корректность, и в соответствии с проверкой либо производится анализ, либо выдается сообщение об ошибке. Для рассматриваемой сети входными данными являются: число систем, число классов требований, вектор числа требований определенного класса, вектор числа обслуживающих приборов, емкости систем и интенсивности обслуживания. Выходными данными являются стационарное распределение и основные стационарные характеристики систем, а именно: м. о. числа требований, интенсивности потока требований и коэффициенты использования обслуживающих приборов.

При запуске программы появляется окно, изображенное на рисунке (...). Для удобства существует возможность открыть файл с заданными в нем входными данными.

Для анализа при заданных входных данных служит кнопка «Получить результаты». При ее нажатии открывается окно с подсчитанными в ходе анализа основными характеристиками СМО и стационарным распределением (слайд ...).

4 Аспекты практического применения

Было проведено несколько серий экспериментов с использованием разработанной программы анализа производственных систем с маршрутизацией, зависящей от состояния.

Эксперимент 1

Рассмотрим производственную систему с 18 машинами, которые сгруппированы по 9 рабочим станциям. Число приборов, интенсивность обработки детали одним прибором и емкость локального хранилища на каждой станции соответственно равны: (...)

Математическое ожидание числа деталей (\bar{n}_i), пропускная способность (λ_i) и коэффициенты использования приборов (ψ_i) для каждой станции приведены в таблице (...).

Эксперимент 2

Возьмем гибкую производственную систему из примера 3 и посмотрим, как будут изменяться характеристики рабочих станций C_i , $i = 1, 2$, с изменением числа приборов, емкостей рабочих станций и интенсивностей обработки деталей (эти данные предполагаются одинаковыми для обеих рабочих станций). Результаты представлены на рисунках (...).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты дипломной работы следующие:

- рассмотрены производственные системы с маршрутизацией, зависящей от состояния;
- приведено доказательство того, что при PSQ-маршрутизации марковский процесс обратим относительно времени и имеет мультипликативную форму стационарного распределения;
- разработан алгоритм метода анализа производственных систем с маршрутизацией, зависящей от состояния;
- разработана программа, вычисляющая основные стационарные характеристики;
- проведены численные эксперименты с разработанной программой и приведены соответствующие результаты.

Эта модель может быть использована при решении задач анализа и оптимизации гибких производственных систем.