

УДК 65.011.56

АДАПТИВНАЯ ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ОРГАНИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ Скаткова Н.А.

Рассматриваются принципы разработки и реализации адаптивной имитационной модели информационных процессов организации транспортных потоков. Отмечаются особенности построения концептуальной модели. Приводится пример моделирования производственного участка, обслуживаемого транспортным роботом.

Особенности построения концептуальной модели. В настоящее время существует необходимость в новых подходах к проблемам разработки организационных структур имитационных моделей, которые наряду с материальными потоками должны также отображать и информационные связи между элементами и компонентами системы. Осуществить функциональную интеграцию таких процессов можно на уровне задач, формируемых на основе имеющейся априорной информации о технологиях, применяемых в моделируемой системе. Совокупность связей удобно представлять в виде взаимодействия технологий производства, управления и переработки информации. При моделировании необходимо соотнести друг с другом в смысле их пересечения по входам и выходам материальные, энергетические, управляющие и информационные компоненты на основе, например, структуризации по типу GRISP [1]. Реализация этого требования приводит к необходимости использования непуассоновских моделей.

Метод реализации непуассоновских моделей, описываемых кусочными функциями. Будем использовать подход Кендалла [2], позволяющий получить характеристики моделируемых систем в стационарном режиме. Их можно найти, зная вероятности K_r того, что за время между двумя соседними точками регенерации произойдет ровно r событий потока с экспоненциальным распределением.

В общем случае

$$K_r = \int_0^{\infty} \frac{(\alpha t)^r}{r!} e^{-\alpha t} dF(t) = \frac{(-1)^r}{r!} \alpha^r \left[\frac{d^r \Phi(s)}{ds^r} \right]_{s=\alpha},$$

где $F(t)$ – функция распределения потока с кусочным распределением времени между событиями; $\Phi(s)$ – ее преобразование Лапласа – Стильтьеса; α – параметр потока с экспоненциальным распределением промежутков между соседними событиями, или

$$K_r = \sum_{i=0}^n \sum_{k=0}^m \frac{b_{ik} k!}{\alpha^k} \sum_{j=0}^r \frac{(k+j-1)! (a_i \alpha)^{r-j}}{j! (k-1)! (r-j)!} e^{-a_i \alpha}.$$

При задании $F(t)$ кусочно-ступенчатой функцией имеем

$$K_r = \sum_{i=0}^n \frac{b_i (a_i \alpha)^r}{r!} e^{-a_i \alpha}, \quad r \geq 0.$$

Для кусочно-линейного вида $F(t)$

$$K_r = \sum_{i=0}^n \frac{b_i}{\alpha} \sum_{j=0}^r \frac{(a_i \alpha)^j}{j!} e^{-a_i \alpha}, \quad r \geq 0.$$

Математические модели функционирования устройств, рассмотренные выше, ориентированы на возможность получения в той или иной форме аналитических решений для определяемых характеристик моделируемой системы. Возможность получения подобных решений существенно определяется видом информационных потоков, законом распределения времени наступления событий, структурой имитационной модели.

Пример реализации адаптивной имитационной модели. Постановка задачи моделирования. Необходимо промоделировать производственную систему, которая представляет собой технологический участок, состоящий из четырех станков, обрабатывающих детали, склада заготовок, склада готовых изделий и транспортного робота, который доставляет заготовки к станкам и транспортирует обработанные детали на склад готовых изделий. У каждого станка есть входная и выходная очереди для заготовок и обработанных деталей.

Дисциплина обслуживания для обеих очередей - FIFO. Время обработки деталей дискретное. После обработки деталь должна сразу поступить в выходную очередь, если это невозможно (по причине отсутствия мест в очереди), то деталь считается потерянной и выбывает из системы. Тележка (транспортный робот) может перемещать в любой момент времени не более одной детали. Необходимо разработать имитационную модель системы. Соотношение времени обработки детали и единичного перемещения тележки (между соседними станками) задано. Порядок загрузки станков и доставки обработанных деталей на склад задается дисциплиной обслуживания станков.

Структура адаптивной имитационной модели организации информационных процессов. С целью реализации предлагаемого подхода структура имитационной модели выбрана с включением в нее двух контуров адаптации (рисунок 1). Первый контур адаптации служит для реализации при моделировании нештатных ситуаций, помех и сбоев, которые пользователь может по своему усмотрению вводить в модель при ее прогонах. Второй контур адаптации также реализован в диалоговом режиме и служит для дополнительной настройки генератора вариантов. Назначение остальных блоков моделей показано на рисунке 1.

На рисунке приняты следующие обозначения:

БАУТР – библиотека алгоритмов управления транспортным роботом;

БОТТ – блок операционных транспортных технологий;

БООЭР – блок оценки областей эффективной работы транспортного робота;

БХРР – блок характеристик работ и потребных ресурсов;

I, II – первый и второй контуры адаптации.

Описание объекта моделирования. Целью моделирования является получение имитационной модели описанной выше системы и проведение с ней ряда экспериментов. Управляемой переменной моделирования является время обработки станком поступившей детали. По условию оно является дискретным и задано.

Для упрощения модели предположим, что тележка-робот получает информацию о состоянии системы в двух местах: когда она находится на складе готовой продукции или на складе заготовок. Транзактами (динамическими объектами модели) в модели являются сами детали. Поскольку тележка-робот перемещается по конвейеру и имеет свойство «задержки перемещения», то в модели предусмотрен еще один тип транзактов – тележка-робот. Для создания имитационной модели будем использовать систему GPSS/PC, предназначенную для моделирования сложных дискретных систем. После построения алгоритма программы, имитирующей работу системы, и его реализации на ПЭВМ были исследованы свойства имитационной модели. Для исследования свойств модели проведены следующие процедуры:

- 1) оценка погрешности имитационной модели, обусловленной наличием в ней неидеальных генераторов случайных чисел;
- 2) определение длительности переходного режима в работе модели;
- 3) оценка устойчивости результатов имитации исследуемых про-

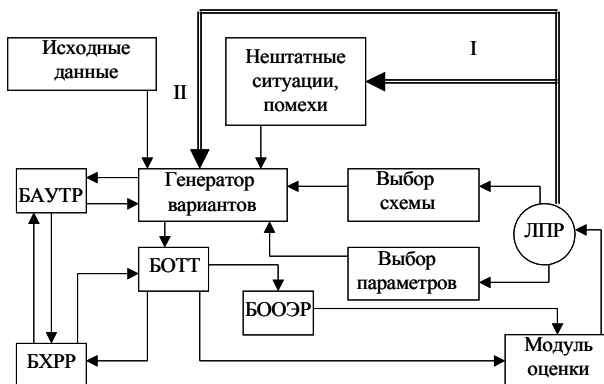


Рисунок 1 – Структура адаптивной имитационной модели транспортными потоками

цессов;

4) исследование чувствительности имитационной модели.

Выяснилось, что в данной модели практически отсутствует погрешность, связанная с неидеальностью генераторов случайных чисел. Определено, что с достаточно большой долей уверенности можно считать, что за время моделирования 30000 ед. времени система входит в стационарный режим. В силу особенностей данной модели можно считать результаты моделирования устойчивыми. При исследовании чувствительности модели было определено, что данная модель является чувствительной к изменениям рассмотренных параметров (изменялось время обработки заявок, а в качестве отклика модели рассматривались загрузки устройств). Данные параметры должны представляться в модели с высокой точностью.

Проведение экспериментов и анализ их результатов. После исследования свойств модели был проведен ряд экспериментов. Ниже приведены результаты одного из них.

Условия эксперимента: время моделирования 100000 временных единиц, время обработки заявки прибором – дискретное (100 временных единиц), емкость входной и выходной очереди каждого прибора – 3 заявки, дисциплина загрузки приборов – начиная от самого дальнего от начального пункта, приоритетная выборка заявок, обслуженных приборами.

Результаты эксперимента приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты эксперимента

FACIL	ENTR	UTIL	AVE	STOR	MAX	ENTR	AVE.C	UTIL
1	1000	0,999	100	1/3	3	1003	2,62	0,873
2	1000	0,999	99,99	2/3	3	1003	2,62	0,873
3	1000	0,999	99,98	3/3	3	1003	2,62	0,873
4	1000	0,999	99,98	4/3	3	1003	2,62	0,873

В первой части таблицы приводятся результаты моделирования для приборов, во второй – для многоканальных устройств, которыми моделируются очереди к приборам. В столбце FACIL указаны номера приборов, в столбце STOR– номера устройств и их емкость, в столбце ENTR - число вхождений в соответствующий прибор (устройство), в столбце UTIL - часть периода моделирования, в течение которого прибор был занят (или многоканальное устройство использовалось), в столбце AVE - среднее время занятости устройства одним сообщением в течение периода моделирования, в столбце MAX - максимальное количество используемой емкости многоканального устройства за период моделирования, в столбце AVE.C - среднее значение занятой емкости за период моделирования.

Как видно из результатов эксперимента, максимальное заполнение

выходной очереди каждого прибора не превысило 1 заявки, следовательно, при данной стратегии функционирования системы можно без опасения потери производительности уменьшить выходную очередь каждого прибора до 1 заявки. Загрузки выходных очередей возрастают с увеличением расстояния от соответствующего прибора до конечного пункта маршрута заявки. Это связано с тем, что при данной стратегии загрузки приборов, чем ближе находится прибор к конечному пункту маршрута заявки, тем меньше заявка находится в выходной очереди соответствующего прибора (чем раньше в него поступит заявка, тем раньше он ее обработает, следовательно, с этого прибора и начнется выборка обработанных заявок). Для загрузки входных очередей приборов характерна иная картина – они равны. Это объясняется тем, что при данных условиях эксперимента первая (в самом начале) загрузка приборов и очередей к ним влияет только на стартовое время начала работы приборов и очередей, далее же они функционируют непрерывно (о чем говорит загрузка приборов), поэтому входные очереди приборов имеют равную загрузку.

Предлагаемая модель позволила исследовать различные стратегии загрузки станков, их влияние на производительность, а также выработать рекомендации по установке входных и выходных накопителей заданной емкости.

Библиография

1 Киндлер Е. Языки моделирования / Е.Киндлер: Пер. с англ. — М.: Энергоатомиздат, 1985. — 288 с.

2 Вопросы разработки имитационных систем / В.В. Калашников, В.И. Лутков, Б.В. Немчинов и др. // Экономика и системы управления. — 1980. - Вып.1 (34). — С. 81 – 87.

Поступила в редакцию 25.09.2000 г