

УДК 004.942

**МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ И РАЗМЕЩЕНИЯ РЕСУРСОВ
ОБОРУДОВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СИСТЕМАХ****Ким Е.Р., Шукбаев Д.Н., Ламашева Ж.Б.***Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева, Алматы, e-mail: zhanarlb@mail.ru*

В статье рассматриваются основные задачи управления гибкими производственными системами. Выделена задача распределения и размещения ресурсов оборудования и указаны особенности ее решения для системы параллельных однотипных агрегатов в условиях неточного задания параметров системы и возможности перераспределения транспортных средств и магазинов инструментов. Разработана укрупненная структурная схема блоков комплекса по управлению производственными системами, реализованные в них алгоритмы позволяют решить одну из важнейших производственных задач, а именно получение устойчивых оптимальных решений в условиях некорректности математической постановки задач, а также в условиях неточного задания параметров гибких производственных систем.

Ключевые слова: моделирование, распределение ресурсов, производственные системы**MODELING OF DISTRIBUTION AND ALLOCATION
OF HARDWARE RESOURCES IN PRODUCTION SYSTEMS****Kim E.R., Shukaev D.N., Lamasheva Zh.B.***Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev,
Almaty, e-mail: zhanarlb@mail.ru*

In the article the basic control problems of flexible manufacturing systems. A dedicated task distribution and resource allocation of equipment and provided its solution for the system of parallel identical units in terms of fuzzy set parameters of the system and possibilities of reallocation of vehicles and tools. Developed integrated structural scheme of the blocks of a complex on management of production systems, implemented them in the algorithms allow to solve one of the most important production tasks, namely, a robust optimal solution in terms of the incorrectness of the mathematical formulation of tasks and in terms of inaccurate parameters for a flexible production system.

Keywords: modeling, resource allocation, production systems

На данном этапе развития экономики во многих отраслях промышленности применяются гибкие производственные системы, которые позволяют переходить с одного вида продукции на другой с минимальными затратами времени и труда. Данные системы требуют значительных капиталовложений, поэтому важным моментом при их внедрении является правильная оценка их качества работы и эффективности функционирования. Риск получения отрицательного эффекта от инвестирования гибкой автоматизации предъявляет особые требования к качеству и эффективности работы гибких производственных систем (ГПС).

Качество производственных систем достигается единым комплексом решений при его проектировании, подборе номенклатуры продукции и разработке технологии ее изготовления, при диспетчеризации и управлении технологическими процессами. Поиск оптимальных решений возможен лишь с помощью компьютерного моделирования производственного процесса при различных значениях аргументов из интервалов их допустимых значений

и оценки получаемых вариантов решений по выбранному критерию.

Основными задачами, влияющими на эффективность функционирования производственной системы, являются задачи распределения и размещения ресурсов оборудования в условиях сложной структуры ГПС и нестационарности технологических процессов и параметров системы и возможности перераспределения транспортных средств и магазинов инструментов.

**Функциональная структура комплекса
для моделирования работы ГПС**

Структура комплекса для моделирования работы ГПС определяется характером и взаимосвязью задач, реализуемых в производственной системе, среди которых основными являются [3]:

– расчет интервалов рекомендуемых значений ряда параметров ГПС. Результаты решения этой задачи могут использоваться при укрупненном расчете на ранних стадиях проектирования или служить исходными данными при запуске блока моделирования работы ГПС;

- расчет количества оборудования на производственном участке;
- определение типа и количества транспортных средств;
- формирование вариантов сменного задания.

Таким образом, программный комплекс должен состоять из двух основных блоков (блок диспетчеризации и блок моделирования) и ряда вспомогательных (информационный блок, блок помощи, блок настройки параметров, сервисный блок и т.д.). Структура комплекса показана на рисунке.

Блок диспетчеризации реализует следующие задачи:

- расчет оптимальных значений параметров сменного задания;
- корректировка сменного задания;
- оптимизация исходного размещения инструмента и местоположения транспортных средств;
- выдача оперативной информации о ходе производства.

Блок моделирования производственных процессов описывает ход выполнения ГПС предписанного сменного задания. Результатами работы блока являются показатели эффективности работы оборудования, транспортных средств и использования инструмента. Моделирование осуществляется на уровне технологического перехода, т.е.

учитываются простои из-за автоматической доставки, смены инструмента и подготовки его к работе.

Моделирующий алгоритм строится на основе определения моментов изменений состояния в работе моделируемых устройств, регистрации изменений и их последующей статистической обработке. В основу алгоритма положены модели и методы распределения ресурсов, а также аппарат имитационного моделирования случайных параметров и процессов.

Информационный блок обеспечивает выдачу оперативной информации о ходе решения задач и предоставляет пользователю результаты решения. Блок помощи содержит подсказки по вводу данных и инструкции о работе с программным комплексом.

Математические модели и методы решения задач блока диспетчеризации

Для решения задач блока диспетчеризации предлагается использовать алгоритмы, обеспечивающие поиск устойчивых оптимальных решений в условиях возможной некорректности математической постановки задач [5].

Рассматривается задача распределения ресурсов S между параллельно работающими однотипными агрегатами, точные значения параметров которых неопределенны (стохастическая модель).



Структура комплекса

Математическая модель такой задачи имеет вид

$$F = \sum_{j=1}^n c_j x_j \rightarrow \max;$$

$$P \left\{ \sum_{j=1}^n a_{ij} x_j - b_i \leq 0 \right\} \leq 1 - \alpha_i, \quad i = \overline{1, m};$$

$$\sum_{j=1}^n x_j = S;$$

$$V_j \leq x_j \leq W_j, \quad j = \overline{1, n}.$$

Предполагается, что каждое ограничение выполняется с минимальной вероятностью $(1 - \alpha_i)$, $0 \leq \alpha_i \leq 1$, а все коэффициенты c_j, a_{ij}, b_i являются случайными величинами с различными законами распределения и известными значениями математического ожидания и дисперсии. Алгоритм решения задачи приведен в [2]. Для моделирования значений c_j, a_{ij}, b_i можно воспользоваться формулами, приведенными в таблице, или одним из методов генераций случайных величин, например методом обратной функции [4].

В данном блоке также реализован алгоритм решения сепарабельной задачи распределения ресурсов, математическая постановка которой имеет вид

$$F = \sum_{j=1}^n f_j(x_j) \rightarrow \max,$$

при ограничениях

$$\sum_{j=1}^n g_{ij}(x_j) \leq b_i, \quad i = \overline{1, m};$$

$$\sum_{j=1}^n x_j = S; \quad V_j \leq x_j \leq W_j, \quad j = \overline{1, n}.$$

Формулы моделирования основных теоретических распределений случайных величин

Распределение	Функции плотности	Формула для моделирования
Нормальное	$f(\tau) = \frac{1}{\sigma_\tau \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(\tau - m_\tau)^2}{2\sigma_\tau^2}}, \quad -\infty < \tau < \infty$	$\tau = m_\tau + \sigma_\tau \left(\sum_{i=1}^{12} u_i - 6 \right)$
Равномерное	$f(\tau) = \frac{1}{b-a}, \quad \tau \in [a, b]$	$\tau = a + u(b-a)$
Экспоненциальное	$f(\tau) = \lambda e^{-\lambda\tau}, \quad \tau \geq 0$	$\tau = -\frac{1}{\lambda} \ln u$
Линейное	$f(\tau) = \lambda \left(1 - \frac{\lambda}{2} \tau \right), \quad \tau \in \left[0, \frac{2}{\lambda} \right]$	$\tau = -\frac{2}{\lambda} (1 - \sqrt{u})$
Гамма	$f(\tau) = \frac{\alpha^k}{(k-1)!} \tau^{(k-1)} e^{-\alpha\tau}, \quad \alpha > 0, k > 0, \tau \geq 0$	$\tau = -\frac{1}{\alpha} \ln(u_1 \cdot u_2 \times \dots \times u_k)$

Здесь все функции $f_j(x_j), g_{ij}(x_j)$ являются сепарабельными.

Для определения оптимального размещения инструментов и транспортных средств используются две политики:

а) политика глобального оптимума, минимизирующая транспортные расходы за полное время выполнения сменного задания, и формируется следующим образом:

$$\min T = \sum_{k=1}^K t_k \int_{y \in M} \min_{1 \leq j \leq k} |y - y_{jk}| \rho_k(y) dy,$$

где y_k – местоположение k -го магазина инструментов или транспортного средства;

б) политика близорукого оптимизма, позволяющая получить размещение дополнительного транспортного средства или магазина инструментов таким образом, что результирующая конфигурация является оптимальной для текущего режима работы и формируется следующим образом:

$$\min T^k = t_k \int_{y \in M} \min_{1 \leq j \leq k} |y - y_{jk}| \rho_k(y) dy,$$

$$\forall k \in \overline{1, K};$$

здесь M – компакт, выпуклое множество.

Также для определения оптимального размещения инструментов и транспортных средств можно использовать метод расширения [5].

Математические модели, методы и алгоритмы решения задач блока моделирования

Типичной схемой распределения ресурсов в условиях неполной информированности органа распределения является распределение на основе заявок потребителей. Пусть z_i – заявка потребителя с номером

i на ресурс. На основе полученных заявок $z = (z_1, z_2, \dots, z_n)$ центральный орган системы распределяет ресурс S согласно некоторому принципу распределения

$$Q(z) = [Q_1(z_1), Q_2(z_2), \dots, Q_n(z_n)],$$

таким образом, что

$$\sum_{i \in I} Q_i(z_i) \leq S.$$

Тогда математическую модель задачи распределения ресурсов можно представить в виде

$$D(Q_i(z_i), M_i) \rightarrow \max,$$

$$\sum_{i \in I} Q_i(z_i) \leq S, \quad 0 \leq z_i \leq Z_i, \quad i \in I.$$

Здесь $D_i(\cdot)$ – функция максимального дохода i -го элемента системы, а M_i – количество ресурса, обеспечивающее максимальный эффект элементу i .

Блок моделирования предполагает использование следующих механизмов распределения ресурсов [1]:

а) механизм прямых приоритетов:

$$Q_i^{пр}(z_i) = \begin{cases} z_i, & \sum_{i \in I_n} z_i \leq S; \\ \frac{z_i S}{\sum_{i \in I_n} z_i}, & \sum_{i \in I_n} z_i > S. \end{cases}$$

Так как ресурс распределяется пропорционально поданной заявке, то при механизме прямых приоритетов возникает тенденция к завышению заявок на ресурс. Заметим, что эта тенденция не зависит от степени дефицита. Следовательно, механизм прямых приоритетов нельзя считать эффективным в условиях дефицита ресурса, хотя в условиях избытка ресурса данный механизм может быть достаточно полезным.

Алгоритм механизма прямых приоритетов состоит из шагов [1]:

Шаг 1. Вычисление суммарного количества заявленного ресурса

$$sum = \sum_{i=1}^n z_i.$$

Шаг 2. Если $sum \leq S$, то $Z_i = z_i, \quad i = \overline{1, n}$, иначе

$$Q_i = \left(\frac{z_i}{sum} \right) \cdot S, \quad i = \overline{1, n}.$$

Шаг 3. Вывод результатов решения;
б) механизм обратных приоритетов:

$$Q_i^{об}(z_i) = \begin{cases} z_i, & \sum_{i \in I_n} z_i \leq S; \\ \min \left(z_i, \frac{A_i / z_i}{\sum_{i \in I_n} A_i / z_i} \cdot S \right), & \sum_{i \in I_n} z_i > S, \end{cases}$$

где $A_i, i \in N$ – некоторые константы. Величина характеризует потери организационной системы, если i -й потребитель вообще не получит ресурса. Тогда отношение A_i/S_i определяет удельный эффект от использования ресурса.

Здесь приоритет потребителя при распределении тем выше, чем меньшее количество ресурса он заказывает. Механизм обратных приоритетов является эффективным и в условиях избытка, и в условиях дефицита ресурса. А в ряде случаев позволяет получить и оптимальное распределение ресурсов.

Алгоритм механизма обратных приоритетов включает следующие шаги:

Шаг 1. Вычисление суммарного количества заявленного ресурса

$$sum = \sum_{i=1}^n z_i.$$

Шаг 2. Если $sum \leq S$, то переход к шагу 3, иначе к шагу 4.

Шаг 3. Вычисление и вывод значений

$$Q_i = z_i, \quad i = \overline{1, n}.$$

Шаг 4. Если $z_i < \frac{A_i / z_i}{\sum_{i=1}^n A_i / z_i} \cdot S$, то $Q_i = z_i$,

иначе

$$Q_i = \frac{A_i / z_i}{\sum_{i=1}^n A_i / z_i} \cdot S, \quad i = \overline{1, n};$$

в) механизм открытого управления:

$$Q_i = z_i \left(1 - h \cdot \frac{z_i}{2A_i} \right), \quad i = \overline{1, n},$$

где $h = \frac{\sum_{i=1}^n (z_i - S)}{\sum_{i=1}^n z_i^2 / 2A_i}$.

Механизм открытого управления выражает идею согласования интересов органа распределения и потребителей. При

согласованном управлении заметна тенденция потребителей сообщать более достоверные оценки.

Укрупненный алгоритм решения задачи распределения с помощью механизма открытого управления состоит из шагов:

Шаг 1. Формирование цены за ресурс

$$h = \frac{\sum_{i=1}^n z_i - S}{\sum_{i=1}^n \frac{z_i^2}{2A_i}}.$$

Шаг 2. Вычисление значения ресурса, распределенного потребителю

$$Q_i = z_i \left(1 - h \cdot \frac{z_i}{2A_i} \right), \quad i = \overline{1, n}.$$

Заключение

Предложенная укрупненная структура блоков комплекса не охватывает всех задач ГПС, однако реализованные в них алгоритмы позволяют решить одну из важнейших производственных задач, а именно получение устойчивых оптимальных решений в условиях некорректности математической постановки задач, а также в условиях неточного задания параметров ГПС.

Список литературы

1. Бурков В.Н., Коргин Н.А., Новиков Д.А. Введение в теорию управления организационными системами. – М.: Либроком, 2009. – 264 с.
2. Кригер Е.В., Тажибаева А.К., Шукаев Д.Н. Метод расширения области допустимых решений для решения задач распределения ресурсов в параллельных системах. Стохастическая модель задачи // Модели и методы автоматизации управления производственными системами. – 2006. – № 2. – С. 4–11.
3. Сердюк А.И. Закономерности формирования производительности гибких производственных ячеек: монография / А.И. Сердюк, Р.Р. Рахматуллин, А.А. Корнипаева, Л.В. Галина. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2008. – 188 с.
4. Шукаев Д.Н. Компьютерное моделирование. – Алматы, КазНТУ, 2004. – 136 с.
5. Shukaev D.N., Kim E.R. Extension method in location problem with discrete objects // Proceedings of the 21st IASTED International Conference «Modelling and Simulation (MS 2010)». – Banff, Alberta, Canada, 2010. – P. 270–274.

References

1. Burkov V.N., Korgin N.A., Novikov D.A. Vvedenie v teoriyu upravlenija organizacionnymi sistemami. M.: Librokom, 2009. 264 p.
2. Kriger E.V., Tazhibaeva A.K., Shukaev D.N. Metod rasshirenija oblasti dopustimyh reshenij dlja reshenija zadach raspredelenija resursov v parallelnyh sistemah. Stohasticheska-ja model zadachi // Modeli i metody avtomatizacii upravlenija proizvodstvennymi sistemami. 2006. no. 2. pp. 4–11.
3. Serdjuk A.I. Zakonomernosti formirovanija proizvoditel'nosti gibkih proizvodstvennyh jacheek: monografija / A.I. Serdjuk, R.R. Rahmatullin, A.A. Kornipaeva, L.V. Galina. Orenburg: GOU OGU, 2008. 188 p.
4. Shukaev D.N. Kompjuternoe modelirovanie. Almaty, KazNTU, 2004. 136 p.
5. Shukaev D.N., Kim E.R. Extension method in location problem with discrete objects // Proceedings of the 21st IASTED International Conference “Modelling and Simulation (MS 2010)”. Banff, Alberta, Canada, 2010. pp. 270–274.