

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕСУРСОЕМКОСТИ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ПОЛУМАРКОВСКИХ МОДЕЛЕЙ

А.С. Калугин

Исследуется некоторый случайный технологический процесс производства (ТПП) с последовательным характером выполнения технологических операций (ТХО). ТХО_{*i*} имеют дискретный характер и ограниченное число типов ($1 \leq i \leq n$).

Объект исследования обладает следующими особенностями:

- ТХО_{*i*} имеют дискретный характер;
- последовательность выполнения операций (одновременно выполняется не более одной ТХО_{*i*});
- число ТХО_{*i*} и порядок их выполнения определяется структурой графа ($GRTХО$);
- каждая из ТХО_{*i*} требует своего объема и типов ресурсов $\{RES_k\}$ производства, суммарное количество которых ограничено;
- множество $\{RES_k\}$ включает в себя следующие типы ресурсов: время выполнения ТХО_{*i*}, τ_{ij} ; стоимость выполнения ТХО_{*i*}, C_{ij} ; объем возобновляемых ресурсов R -го типа V^R_{ij} , по-

требляемый при выполнении TXO_i (рабочие площади, множество исполнителей, оборудование);

- структура графа $GRTXO_i$ имеет случайный характер.

Ввиду последовательного дискретного характера выполнения и ограниченного количества типов TXO_i данный случайный ТПП можно представить в виде полумарковской модели (ПММ) первого уровня, в котором каждая TXO_i представляет собой i -ое состояние случайного процесса.

Для задания режима функционирования ПММ достаточно в качестве исходной информации задания следующих параметров:

1. матрицы переходов $P = \begin{pmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nn} \end{pmatrix}$, элементами ко-

торой являются вероятности перехода из i -го состояния в j -ое за один шаг процесса.

2. вектора начальных вероятностей $P_{нач} = \{P_{нач_1}, P_{нач_2}, \dots, P_{нач_n}\}$ выбора TXO_i в качестве начала технологического процесса;

3. вектора конечных вероятностей $P_{кон} = \{P_{кон_1}, P_{кон_2}, \dots, P_{кон_n}\}$ выбора TXO_i в качестве завершающей операции;

4 матрицы $\begin{pmatrix} \psi_{11}^R(V) & \psi_{12}^R(V) & \dots & \psi_{1n}^R(V) \\ \psi_{21}^R(V) & \psi_{22}^R(V) & \dots & \psi_{2n}^R(V) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \psi_{n1}^R(V) & \psi_{n2}^R(V) & \dots & \psi_{nn}^R(V) \end{pmatrix}$, элементами

которой являются функции условного распределения расхода R -го типа возобновляемых ресурсов предприятия при выполнении TXO_i при условии, что перед этим выполнялась TXO_j ;

5. матриц функций условных распределений времени выполнения и стоимости реализации TXO_i ,

$$F(\tau) = \begin{pmatrix} F_{11}(\tau) & F_{12}(\tau) & \dots & F_{1n}(\tau) \\ F_{21}(\tau) & F_{22}(\tau) & \dots & F_{2n}(\tau) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ F_{n1}(\tau) & F_{n2}(\tau) & \dots & F_{nn}(\tau) \end{pmatrix} \text{ и } \Phi(C) = \begin{pmatrix} \Phi_{11}(C) & \Phi_{12}(C) & \dots & \Phi_{1n}(C) \\ \Phi_{21}(C) & \Phi_{22}(C) & \dots & \Phi_{2n}(C) \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \Phi_{n1}(C) & \Phi_{n2}(C) & \dots & \Phi_{nn}(C) \end{pmatrix}$$

6. для того, чтобы процесс перехода из одного состояния в другое завершился за конечное время выполнения ТПП, необхо-

димо дополнительно задать функцию распределения $F(v)$ числа переходов из состояния в состояние.

Причем функции распределения могут иметь как табличный, так и аналитический вид.

Таким образом, данный объект исследования представляет собой непредсказуемую, динамическую, в значительной мере сложную систему (СС). В связи с отсутствием методов, средств и методик исследования технологических производственных процессов с вероятностной природой в настоящее время, решение данной задачи возможно с помощью имитационного моделирования (ИМ) реализации технологического производственного процесса. Кроме того, вероятностный характер входных параметров системы обуславливает необходимость проведения серий имитационных экспериментов (ИЭ) и использования метода Монте-Карло. В данном случае результат ИЭ также будет вероятностным.

Основным требованием к построению ИМ ТПП является необходимость отображения динамики реализации $\{NOI_i\}$ в тех случаях, когда на одних и тех же площадях предприятия и при одном и том же объеме ресурсов $\{RES_k\}$ каждый NDD_i имеет свою траекторию выполнения технологических операций и свой объем израсходованных ресурсов. При этом необходим двойной контроль момента завершения имитации: проверяется достижение конечного состояния процесса TXO_n с вероятностью $P_{\text{кон}}$, а также проверяется, когда число выполненных технологических операций l достигнет своего предела ($l \geq v$).