

УДК 681.3

Особенности компьютерного моделирования производства с переменной технологией

Е.О.ПОПОВА

1. Особенности реализации в имитационных моделях технологических операций в технологических процессах производства

Проблеме моделирования технологических процессов производства (ТПП) в настоящее время уделяется все возрастающее внимание [1, 2]. Однако существующие средства проектного моделирования ТПП не обладают необходимым уровнем автоматизации разработки и использования моделей ТПП. Существенные трудности возникают у исследователей при составлении имитационных моделей (ИМ) производства с меняющейся структурой реализации технологических операций (ТХО). Ниже рассматривается класс ТПП, обладающих следующими особенностями реализаций ТХО:

- наличие операций «расщепления» и «объединения» ветвей реализации ТПП;
- необходимость реализации параллельных ветвей ТХО на одном и том же составе ресурсов производства;
- ТХО представляют собой последовательности микротехнологических операций ($MTXO_{ij}$), каждая из которых характеризуется вектором параметров, компонентами которого являются запросы ресурсов ТПП.

Перечисленные особенности ТПП требуют наличия у средств автоматизации имитационного эксперимента (ИЭ) дополнительных возможностей. Такими возможностями должны быть:

- наличие средств программирования алгоритмов ветвей ТПП, учитывающих наличие операций «расщепления» и «объединения» ТХО_i;
- объединение в одном тексте ИМ декларативного и алгоритмических способов описания компонентов ИМ ТПП;
- параметрическое описание характеристик ТХО_i, $MTXO_{ij}$, и возможность размножения компонент ИМ;
- многоканальная обработка информации в $MTXO_{ij}$ с использованием различных механизмов обслуживания $MTXO_{ij}$.

Анализ технологических возможностей у существующих средств автоматизации ИЭ [3,4] позволил установить, что наиболее подходящим инструментальным средством является СИММАС [5]. Поэтому СИММАС и была выбрана в качестве базового компонента программно-технологического комплекса имитации (ПТКИ) динамики функционирования ТПП с меняющейся структурой имитации ТХО_i.

2. Принципы составления. Формальное описание компонентов ТПП

При описании ТПП необходимо отобразить следующие стороны его функционирования:

- существование взаимосвязи технологических различных цепочек реализации ТХО_i и различие в структурах вхождения в ТХО_i последовательностей $\{MTXO_{ij}\}$;
- состав и специализацию по группам $MTXO_{ij}$ узлов реализации ($УЗР_k$);
- требуемое ресурсное обеспечение каждого $УЗР_k$ для реализации k -ой группы $\{MTXO_{ij}\}$;

- состав и структуру расположения в $TПП_S$ операций «расщепления» ($OPAC$) и операций «сборки» ($OCBP$) изделий, обрабатываемых в $TПП_S$.

В качестве аппарата формализации $TПП_I$ используется иерархическое графовое представление TXO_i , транзактный способ передачи информации о составе TXO_i и описание алгоритмов реализации ветвей TXO_i с помощью процессов, последовательностью которых можно управлять сигналами «открыть», «закрыть» и «прервать» выполнение алгоритма процесса [5].

Алгоритм обработки l -го изделия (IZD_l) в $TПП_S$ определяется технологической картой ($TХК_l$), которая формируется до начала стадии имитации $TПП_S$ и записана в «теле» транзакта ($TRIZ_l$). Кроме того, в «теле» транзакта накапливается также статистика использования изделием IZD_l множества $\{VЗР_k\}$ за время нахождения транзакта в системе ($T_{зкл}$). Все «теле» транзактов $TRIZ_l$ располагаются в информационной базе данных ($ИБД$) программного-технологического комплекса имитации ($ИТКИ$) в областях с установленными адресами A_l . Поэтому по $ИМ$ $TПП$ движется только заголовок транзакта ($TRIZ_l$), состоящий из «триады» идентификатор транзакта (l), его приоритет ($П_l$) и адрес «тела» транзакта A_l . Эта «триада» ($l, П_l, A_l$) движется по $ИМ$ $TПП$ от одного $VЗР_k$ к другому $VЗР_{k+1}$. Маршрут движения этой «триады» заранее запрограммирован в $TХК_l$. Введем также понятия о следующих состояниях $TRIZ_l$: нахождение транзакта l -го типа в очереди к $VЗР_k$ (C_{1lk}); обслуживание с помощью $MTXO_{ij}$ k -го изделия на l -ом технологическом узле (C_{2lk}); выделение из $TRIZ_l$ на узле к параллельной ветви (C_{3lk}), отображая при этом операцию «расщепления» TXO_i ; объединение основного $TRIZ_l$ с дополнительным $TRIZ_m$ (C_{4lk}), отображая при этом операцию «объединения» ветвей $TПП$. Таким образом, с помощью $TХК_l$ отображаются различные состояния обработки изделия. Каждому состоянию $TRIZ_l$ соответствует свой $VЗР_k$. Граф (GRM_l) возможных маршрутов движения $TRIZ_l$ определяет алгоритм $TХК_l$, который может быть: детерминированным (порядок смены $VЗР_k$ неизменный); вероятностным (задаются вероятности использования $VЗР_{k+1}$ после выполнения $VЗР_k$) и смешанным.

Кроме описания технологии обработки l -го изделия в $TПП_S$, задаваемого с помощью $TХК_l$, в $ИМ$ необходимо отобразить динамику использования $VЗР_k$ при реализации последовательности $\{TXO_i\}$ с учетом появления в этой последовательности операций «расщепления» и «объединения» ветвей $TПП_S$. Для этой цели используется механизм формирования из $TRIZ_l$ копий управляющих транзактов ($UTRI_{lk}$). При появлении в GRM_l узлов перехода от $VЗР_k$ к $VЗР_{k+1}$ рождается новый $UTRI_{lk+1}$, который поступает в очередь к $VЗР_{k+1}$ и затем существует до завершения его обслуживания на $VЗР_{k+1}$. Любое завершение обслуживания $UTRI_{lk}$ формирует переход $TRIZ_l$ в новое состояние.

Собственно операции обработки изделий реализуются во время обслуживания $UTRI_{lk}$ соответственно алгоритмом процесса $VЗР_k$. Поскольку любой $VЗР_k$ является базовой компонентой $ИМ$, то он параметризован и специализируется на обслуживании определенных групп $MTXO_{ij}$. Особенности алгоритма $VЗР_k$ являются:

- выбор очередного $UTRI_{lk}$ из общей очереди;
- формирование списка требуемых ресурсов каждого типа для выполнения $MTXO_{ij}$ ($RES_h, h=1, H_k$);
- формирование списка требуемого состава оборудования каждого типа для выполнения $MTXO_{ij}$ ($OBO_m, m=1, M_k$);
- имитация затрат времени реализации $MTXO_{ij}$ ($\tau_{TXO_{ij}}$).

3. Особенности описания расхода ресурсов в $TПП_S$

Собственно реализация алгоритма $VЗР_k$ начинается только после захвата требуемого состава ресурсов $\{RES_h\}$ и оборудования $\{OBO_m\}$. Имитация выполнения $MTXO_{ij}$ на $VЗР_k$ сводится к временной задержке на $VЗР_k$ управляющего транзакта $UTRI_{lk}$ на время выполнения $MTXO_{ij}$ ($\tau_{TXO_{ij}}$). Затем в моменты времени $t_{ij}=t_0+\tau_{TXO_{ij}}$ (где t_0 – модельное время) в алгоритме $VЗР_k$ реализуется следующая последовательность действий:

- освобождение всего состава захваченных ресурсов $\{RES_h; h=1, H_k\}$ и оборудования $\{OBO_m; m=1, M_k\}$;
- уничтожение $UTRI_{ik}$ и формирование сигналов, управляющих работой процессов, которые имитируют алгоритм выполнения очередной ветви $GRMI_i$;
- осуществляется переход на обслуживание следующего $UTRI_{ik}$.

Различаем три типа RES_h : выделяемые в монопольное использование $VЗР_k$ на время выполнения $MTXO_{ij}$; одновременно используемые несколькими $VЗР_k$ и возвращаемые по окончании $MTXO_{ij}$; ресурсы, расходуемые безвозмездно на выполнении каждой $MTXO_{ij}$. К первому типу ресурсов относятся: исполнители ($ISPO$); технологическая оснастка ($OSNA$); стационарное оборудование, закрепленное за $VЗР_k$ ($STOB$). Второй тип ресурсов составляют: рабочие площади ($PLOC$); средства информационного обеспечения ($INFO$); подсобные помещения или средства общего пользования ($PODS$). К третьему типу ресурсов относятся: материалы ($MATE$); комплектующие изделия ($COMP$); энергетика ($ENER$); стоимость выполнения $MTXO_{ij}$ ($STOI$). Каждый ресурс в общем случае характеризуется вектором параметров, количество и тип которых может быть различным и задается при описании $TIII$. Любой из ресурсов опишем следующей группой параметров: количество элементов ресурса (r), список наименований элементов (SP_1, \dots, SP_r), характеристика типа распределения объема ресурса (π), нормативное значение объема ресурса V_r (при $\pi=0$) или функция распределения объема ресурса $F(V_r)$ при $\pi=1$. Каждому типу ресурсов соответствуют свой список элементов и своя характеристика объема ресурса.

Ниже рассматривается один из возможных вариантов описания ресурсов $TIII$. Для ресурса $ISPO_i$ в качестве списка элементов $\{SP_i\}$ задается квалификационный состав бригады исполнителей (CV_1, \dots, CV_r), а объемом ресурса является длительность использования бригады исполнителей (τ_{CV}). Элементами $\{SP_i\}$ для ресурса $OSNA_i$ являются составляющие списка средств оснастки (OS_1, \dots, OS_r), а в качестве объема ресурса задается длительность использования бригадой всего состава оснастки (τ_{OS}). Аналогичным образом для стационарного оборудования элементами $\{SP_i\}$ являются составляющие списка стационарного оборудования $STOB$, используемого на $VЗР_i$ (CO_1, \dots, CO_r), а в качестве объема ресурса выступает (τ_{OS}). Для совместно используемых ресурсов ($PLOC_i, INFO_i, PODS_i$) элементы $\{SP_i\}$ представляют собой списки этих ресурсов, а в качестве V_r выступают объемы соответственно производственных площадей, средств информационного обеспечения, подсобных помещений общего пользования.

У ресурсов третьего типа в качестве $\{SP_i\}$ выступают списки типов безвозвратно расходуемых ресурсов при выполнении $MTXO_{ij}$ на $VЗР_i$, а объемами этих ресурсов V_i являются соответственно либо объемы расходуемых материалов, либо количество комплектующих изделий, либо расход энергоносителей, либо стоимость выполнения $MTXO_{ij}$ на $VЗР_i$.

Состав типов ресурсов для каждой группы ресурсов можно было бы продолжить. Однако приведенного разнообразия типов ресурсов и характеристик, определяющих объем их потребления при выполнении $MTXO_{ij}$, достаточно для решения широкого спектра задач проектного моделирования вариантов организации $TIII$.

Abstract

Peculiarities of technological operations simulations are discussed. Principles of creation of simulation models of manufacture with changeable technology are given.

Литература

1. Ю.С.Харин, В.И.Малюгин, В.П.Кирилица и др., Основы имитационного и статистического моделирования, Учеб. пособие, Мн.: Дизайн ПРО, 1997.
2. Технология системного моделирования (Под общ. редакцией С.В. Емельянова, В.В. Калашникова, М. Франка, А. Явора), М.: Машиностроение; Берлин: Техник, 1983.

3. Е. Киндлер, Языки моделирования, М. Энергоатомиздат, 1985.
4. И. В. Максимей, Имитационное моделирование на ЭВМ, М.: Радио и связь, 1989.
5. И. В. Максимей, В. Д. Левчук, С. П. Жогаль и др., Задачи и модели исследования операций, Ч. 3. Технология имитации на ЭВМ и принятие решений: Учебное пособие, Гомель БелГУТ, 1999.

Поступило 22.05.20

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ имени Ф. СКОРИНЫ