
ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 658.511.4:621.7; 621.9:658.511.4

Е. И. ЯБЛОЧНИКОВ, Ю. Н. ФОМИНА, А. А. САЛОМАТИНА

ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА В РАСПРЕДЕЛЕННОЙ СРЕДЕ

Рассматривается метод оптимизации технологической подготовки производства (ТПП) приборостроительных предприятий, основанный на применении многоагентных технологий при распределении заказов ТПП в среде виртуального предприятия.

Ключевые слова: технологическая подготовка производства, виртуальные предприятия, многоагентные технологии, генетический алгоритм.

Как известно, одной из главных причин недостаточно высокой эффективности отечественной промышленности являются устаревшие организационные структуры в сфере проектирования и технологической подготовки производства (ТПП). Этап ТПП является наиболее длительным в процессе создания новых видов изделий. Для совершенствования организационных структур предприятий требуется рассмотрение их деятельности не с точки зрения функционирования структурных подразделений, а с точки зрения организации и протекания бизнес-процессов [1]. Новая организационная структура компании базируется на управлении бизнес-процессами и производственными ресурсами.

Применительно к ТПП под ресурсом следует понимать не только производственные мощности, но и некоторые услуги, предоставляемые участниками ТПП. Для эффективного использования механизма предоставления услуг необходимо наличие некоторой распределенной конкурентной среды. Критериями эффективности при этом служат сроки выполнения работ, их стоимость и качество. Предоставление и использование услуг осуществляется в едином информационном пространстве ТПП.

Предоставление услуг в распределенной конкурентной среде предполагает наличие определенной юридической или организационно-хозяйственной самостоятельности исполнителя. Таким образом, традиционную иерархическую структуру служб ТПП можно рассматривать как структуру, основанную на принципах построения виртуального предприятия [1]. Участниками виртуального предприятия (ВП) могут быть любые организации, предоставляющие на конкурентной основе требуемые виды услуг.

Применение многоагентных технологий [2] позволяет наилучшим образом поддерживать взаимосвязь между заказчиком и исполнителем. Данные технологии могут использоваться при решении задач ТПП в среде ВП, когда в открытой информационной среде (ОИС) существуют общедоступные описания рынка заказов и рынка услуг. Прежде всего для построения схемы функционирования агентов необходимо определить структуру и содержание ОИС. Эта среда образована компьютерной сетью, распределенной по предприятиям — по-

тенциальным участникам кооперации. Итак, анализ ресурсов будет происходить с помощью многоагентных технологий в базе знаний, построение модели данных которой требует соблюдения определенных правил. Разработанная модель должна содержать множество типовых операций (видов операций или видов работ, вне зависимости от способа их выполнения); множество отношений, ставящих в соответствие типовым операциям технологические ресурсы предприятий-участников ВП; множество отношений, ставящих в соответствие типовым операциям операции, необходимые для выполнения заказа [3].

Нами предлагается следующая схема функционирования многоагентной системы (МАС) на основе использования четырех классов программных агентов A , B , C и D .

1. После того как на предприятии, осуществляющем в кооперации управляющую деятельность, сформировался план ТПП и определился пакет заказов $\{Z_j; j = 1, 2, \dots, M\}$ для субподрядчиков, этот факт фиксируется в PDM-системе как некоторое событие S_1 , переводящее агентов класса A в активное состояние.

2. Событие S_1 приводит к инициализации работы группы агентов $\{A_j; j = 1, 2, \dots, M\}$, т.е. каждый заказ Z_j обрабатывается своим агентом A_j . Каждый агент на основании анализа видов выполняемых предприятиями работ определяет множество возможных предприятий-субподрядчиков $\{P_k; k = 1, 2, \dots, L\}$. Завершение работы агента A_j фиксируется в PDM-системе как некоторое событие S_2 , переводящее в активное состояние агентов класса B .

3. Событие S_2 приводит к инициализации работы группы агентов $\{B_{kj}; k = 1, 2, \dots, L; j = 1, 2, \dots, M\}$, т.е. каждый агент B_{kj} обрабатывает информацию по одному из возможных предприятий-субподрядчиков P_k для выполнения заказа Z_j . Обработка заключается в анализе производственных ресурсов данного предприятия и степени их загрузки. В результате проведенного анализа предприятию P_k присваивается некоторый рейтинг R_{kj} .

4. После того как все агенты $\{B_{kj}; k = 1, 2, \dots, L; j = 1, 2, \dots, M\}$ завершили работу по анализу возможностей предприятий-субподрядчиков $\{P_k\}$ для выполнения заказа Z_j , в PDM-системе фиксируется событие S_3 , переводящее в активное состояние агентов класса C . В результате иницируется работа агента C_j , который осуществляет анализ рейтингов $\{R_{kj}\}$ и выбор исполнителя $\{P_{kj}\}$ для заказа Z_j на основании некоторого критерия оптимизации.

5. По завершении работы всех агентов класса C в PDM-системе фиксируется событие S_4 , иницирующее работу агента класса D . Этот агент формирует для предприятия-заказчика „сводную ведомость“, содержащую информацию по всем субподрядчикам, выбранным для выполнения работ по ТПП данного изделия.

В рассмотренной МАС не конкретизируются методы решения агентами класса B основной задачи — анализа ресурсов и загрузки мощностей предприятия с точки зрения эффективности выполнения заказа. Также не раскрываются методы уточнения стоимости и сроков выполнения заказов. Указанные задачи не имеют универсальных способов решения, тогда как для частных способов следует учитывать специфику рассматриваемой предметной области. Кроме того, зачастую качественные характеристики невозможно „свести“ к количественным. По своей сути эти методы не допускают „жесткой“ формализации предметной области. Если исполнитель занимается проектированием и изготовлением пресс-форм, то в описании соответствующей услуги (ресурса) крайне сложно указать ее количественные ограничения. Для разработки алгоритмов оптимизации в этих условиях следует пользоваться методами теории нечетких множеств и нечеткой логики [4].

Эффективное функционирование ТПП подразумевает также поиск наилучшего варианта составления пакетов заказов. Для сложных изделий число возможных вариантов комплектования заказов ТПП может быть достаточно велико и при этом оптимальное распределение заказов зависит от выбора как варианта комплектования, так и исполнителей заказа.

Очевидно, что заказчику работ по ТПП удобнее иметь дело с меньшим числом исполнителей, т.е. формировать крупные пакеты заказов. Однако далеко не все исполнители могут

выполнить крупные заказы, в частности, исполнитель может не решить некоторые задачи или может не выполнить крупный заказ в намеченные сроки из-за ограниченных производственных мощностей. Это резко сужает круг возможных исполнителей, в результате стоимость выполнения работ по ТПП может оказаться существенно выше той, которая имела бы место при формировании меньших пакетов заказов.

Для сложных изделий число задач ТПП может составлять несколько тысяч. Однако даже в случае нескольких сотен задач очевидно, что число возможных вариантов пакетов заказов настолько велико, что задача оптимизации не может быть решена путем простого перебора всех этих вариантов. Для решения подобных задач используются различные формы так называемого направленного перебора. В нашем случае целью перебора является минимизация стоимости E выполнения ТПП:

$$E = \min(E_1, E_2, \dots, E_N),$$

где E_1, E_2, \dots, E_N — стоимость ТПП при различных вариантах (1, 2, ..., N) составления пакетов заказов.

Рассмотрим решение данной задачи на небольшом примере. Пусть заказы на выполнение работ по ТПП разбиты на три группы: заказы на проектирование и изготовление средств технологического оснащения (СТО), заказы на разработку технологических процессов (ТП) и заказы на проектирование и изготовление нестандартного оборудования (НСО). В рамках каждой группы имеется некоторый набор единичных заказов, к которым, например, можно отнести разработку одного ТП или проектирование и изготовление одной пресс-формы. Эти единичные заказы будем обозначать кружочками, как показано на рис. 1.



Рис. 1

В рамках указанных трех групп сформируем некоторое количество различных вариантов (1—3) комплектования пакетов (рис. 2). Каждый пакет изображен в виде овала, обводящего несколько единичных заказов. Для каждого варианта определим исполнителей и рассчитаем стоимость, используя предложенную МАС.

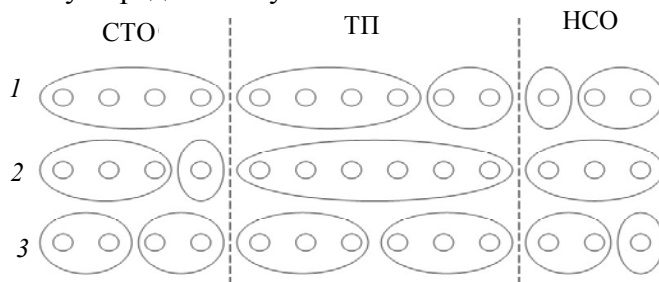


Рис. 2

Упорядочим различные варианты по возрастанию стоимости выполнения работ ТПП, т.е. первый вариант соответствует наименьшей стоимости, стоимость второго варианта выше стоимости первого и т.д. Так как первые несколько вариантов являются наиболее удачными, то логично предположить, что комбинации этих вариантов могут быть еще более удачными. Составим несколько таких комбинаций (одна из них показана на рис. 3) и рассчитаем стоимость этих новых вариантов. После этого вновь упорядочим все варианты по стоимости. Если новые варианты оказались более удачными, они попадут в начало списка. После этого опять повторим процедуру составления новых вариантов и т.д.

Очевидно, что каждый повторный цикл шагов описанной процедуры будет улучшать предыдущее решение. Остановка алгоритма целесообразна только в двух случаях:

— допустимое время на принятие решения исчерпано;

— каждое последующее решение не улучшает существенно значения целевой функции, т.е. алгоритм работает в области ее экстремума. Для правила остановки алгоритма необходимо установить значение такого „несущественного“ приращения, а также задать максимальное количество последовательно выполненных циклов процедуры, в которых получаемое приращение может оказаться меньше установленного.

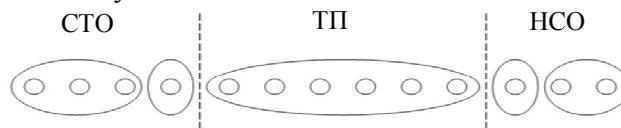


Рис. 3

Теоретически существует еще один критерий остановки — это ситуация, когда выполнен полный перебор возможных решений. Однако в практических случаях такой вариант крайне маловероятен. Тем не менее формально в алгоритме должна быть учтена возможность проверки этой ситуации во избежание заикливания.

Рассмотренная схема направленного перебора представляет собой реализацию так называемого генетического алгоритма [5]. Генетический алгоритм (ГА) представляет собой метод оптимизации, основанный на концепциях естественного отбора и генетики. В этом подходе переменные, характеризующие решение, представлены в виде генов в хромосоме. ГА оперирует конечным множеством решений (популяцией) — генерирует новые решения как различные комбинации частей решений популяции, используя такие операторы, как отбор, рекомбинация (кроссинговер) и мутация. Новые решения позиционируются в популяции в соответствии с их положением на поверхности оптимизируемой функции.

Необходимо отметить один важный момент. Работа ГА в нашем случае неявным образом предполагает, что задача подбора исполнителей, решаемая на основе применения описанного выше многоагентного алгоритма, выполняется автоматически, т.е. не содержит элементов диалога. В противном случае каждый цикл ГА будет занимать такое время, при котором выполнение большого числа итераций ГА станет неприемлемым.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зильбербург Л. И., Молочник В. И., Яблочников Е. И. Реинжиниринг и автоматизация технологической подготовки производства в машиностроении. СПб: Политехника, 2004. 152 с.
2. Евгеньев Г. Б. Системология инженерных знаний. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2001. 376 с.
3. Яблочников Е. И., Шилов Н. Г. Организация процесса технологической подготовки производства на основе модели предприятия // Изв. вузов. Приборостроение. 2007. Т. 50, № 8. С. 69—73.
4. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб: БХВ-Петербург, 2005. 736 с.
5. Романовский И. В. Алгоритмы решения экстремальных задач. М.: Наука, 1977. 352 с.

Сведения об авторах

- Евгений Иванович Яблочников** — канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра технологии приборостроения; E-mail: ejj@mail.ifmo.ru
- Юлия Николаевна Фомина** — канд. техн. наук; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра технологии приборостроения; ассистент; E-mail: yuli-fomina@yandex.ru
- Анна Алексеевна Саломатина** — аспирант; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра технологии приборостроения; E-mail: Salomatina.Anna@gmail.com

Рекомендована кафедрой
технологии приборостроения

Поступила в редакцию
14.12.09 г.