

УДК 004.89

И. Б. Спроджа, Г. А. Фролова

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ МЕЖЦЕХОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ НА ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

1. Введение

Эффективное функционирование украинских промышленных предприятий в условиях экономической нестабильности, колебаний спроса и ассортимента сопровождается ростом сложности процесса управления. Основопологающим фактором конкурентоспособности наукоемкой продукции и прибыльности мелкосерийного и единичного производства является внедрение автоматизированных систем управления производством (АСУП) [1–3]. На рынке специализированного программного обеспечения существует целый ряд АСУП, которые обеспечивают управление, контроль финансовых и материальных ресурсов предприятия («Omega Production», «Stalker», «Монолит», «Фобос», «Лопман» и другие) [4]. Однако на мелкосерийных приборостроительных предприятиях [5, 6] критическими являются потери из-за отсутствия контроля и управления в процессе технологической подготовки производства (ТПП), поскольку имеет место постоянное увеличение сложности проектных и конструкторских работ, связанных как с созданием изделия, так и с ТПП, что приводит к увеличению сроков разработки и дополнительным финансовым затратам. Технолог анализирует большой объем информации, а также учитывает многокритериальность задачи принятия технологических решений (при разработке межцеховых технологических маршрутов, проектировании оснастки и т. д.) на основании опыта работы и профессиональной интуиции [7, 8]. Следовательно, проблематична задача по формализации исходной информации на этапе ТПП. Исходя из этого, по-прежнему актуальна задача создания программных средств для поддержки принятия решений при ТПП с помощью использования информационных технологий, ориентированных на знания. Предлагается использовать методы инженерии квантов знаний [13, 14] для решения слабоструктурированных задач принятия решений в системах автоматизации разработки межцеховых технологических маршрутов.

Цель данной работы состоит в представлении слабоструктурированных задач, возникающих в процессе ТПП, и знаний технолога с помощью квантовых моделей для построения автоматизированной знаниеориентированной системы поддержки принятия производственных решений.

2. Формулирование проблемы

На основании обзора и анализа публикаций [1–10] сделан вывод, что в настоящее время одним

из перспективных направлений обеспечения конкурентоспособности предприятия является повышение эффективности ТПП выпускаемых изделий. Целью ТПП [2, 3] является оптимальное по срокам и ресурсам обеспечение технологической готовности производства к изготовлению изделий в соответствии с требованиями заказчика или рынка данного класса изделий.

Результаты работ [2–5, 6, 9] показывают, что существующие компьютерные системы технологической подготовки производства обеспечивают автоматизацию большей части рутинных действий технолога при ТПП. При этом за человеком остается творческая часть — принятие решений. Специальные знания, опыт и интуиция помогают технологу решать плохо формализованные (слабоструктурированные) задачи [11–14]. Ярким примером слабоструктурированной задачи процесса разработки ТПП является разработка межцеховых технологических маршрутов (расцеховка). Расцеховка устанавливает последовательность прохождения заготовок, деталей, сборочных единиц по подразделениям цехов. От решения этой задачи зависит оптимизация работ и, в конечном итоге, сокращение временных и финансовых затрат при производстве наукоемкой продукции.

Рассмотрим сложности, возникающие при разработке межцеховых технологических маршрутов. Они обусловлены многономенклатурностью заказов, требующей обработки большого количества исходных данных: комплекта чертежей на новое изделие; срока запуска изделия в производство; организационно-технических условий, предусматривающих различные способы получения заготовок и учитывающих возможности приобретения комплектующих изделий, а также оборудования и оснастки на других предприятиях.

Кроме того, технолог должен учитывать множество разнотипных параметров: конфигурацию, количество, стоимость материалов исходных заготовок; тип и время выполнения операций для изготовления деталей и сборочных единиц; наличие, исправность, изношенность соответствующего оборудования и др.

В настоящее время отсутствуют строго формализованные алгоритмы разработки межцеховых технологических маршрутов; четко не определены критерии и производственные характеристики, влияющие на принимаемое решение. В таких условиях не пригоден к использованию никакой из существующих

ющих формализованных методов автоматизации принятия решений.

В данной работе ставится задача разработки моделей и методов инженерии знаний для обеспечения интеллектуальной поддержки принятия технологических решений при разработке межцеховых технологических маршрутов.

3. Подход к решению проблемы

При нетрадиционном моделировании сложных объектов используют модели и методы инженерии знаний [11, 12], основанные на семантических сетях, фреймовых, продукционных, формальных логических моделях (исчисление высказываний и исчисление предикатов), квантовых моделях [13, 14].

Особенности рассматриваемого процесса ТПП требуют реализации в модели свойства активности знаний, возможности отражения в базе знаний структурных отношений объектов, оперирования нечеткими знаниями, возможность учитывать различные неопределенности, использование многоуровневых представлений (данные, модели, метамодели и т. д.). Метод разноуровневых алгоритмических квантов знаний (РАКЗ-метод), разработанный профессором И. Б. Сироджей, наиболее полно удовлетворяет этому набору требований. РАКЗ-метод обеспечивает строгую формализацию понятия «знание» на основе алгоритмических структур, допускающих алгебраические и логические операции в рамках заданной семантики (смысловой нагрузки).

Созданная общая методология квантового моделирования и алгоритмизации знаниеориентированного принятия решений в условиях неопределенности [13, 14] базируется на построении введенного обобщенного класса $M = \{M_t, M_\pi, M_v\}$ различных РАКЗ-моделей (*t*РАКЗ, *π*РАКЗ, *v*РАКЗ), удовлетворяющих специфическим ограничениям в подклассах: M_t — точных tk-знаний, M_π — приближенных πk -знаний и M_v — вероятностных vk-знаний.

Общность методики обусловлена общим принципом автоматического векторно-матричного квантования информации с доменным представлением характеристик объектов принятия решений, единой структурой пространства РАКЗ-моделей с возможностью их аналитического конечно-предикатного представления, а также общей индуктивно-дедуктивной логической схемой вывода искомых решений, опираясь на базу квантов знаний (БКЗ), иллюстрируемой рис. 1.

Квант знаний 1-го уровня представляет собой осмысленную, поименованную структуру данных об ОПР в виде конечного доменизированного вектора, домены которого разделены двоеточием «:» и отвечают признакам (разнотипным характеристикам) объекта, а компоненты доменов — значениям признаков; *i*-я компонента *j*-го домена должна содержать «1», если наблюдается *i*-е значение *j*-го признака объекта принятия решений (ОПР), в противном случае *i*-я компонента равна «0».

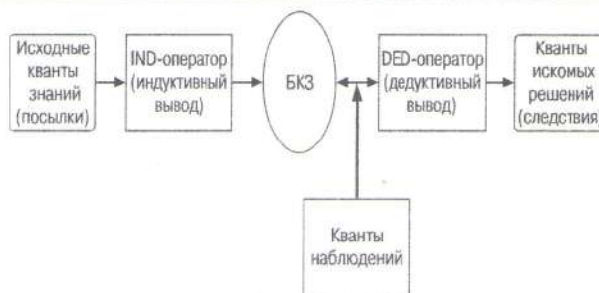


Рис. 1. Общая схема причинно-следственного вывода решений на основе РАКЗ-метода

В соответствии с семантикой (смысловой нагрузкой) данного кванта, его домены логически связаны конъюнкцией, а соответствующие компоненты в домене — дизъюнкцией. В семантику входят также указание шкал измерения значений всех признаков, их количество, семантический код (т. е. имя, тип и уровень), структура и назначение кванта. Если каждый домен кванта 1-го уровня содержит строго по одной «1» в каждом домене, то он называется элементарным, в противном случае — интервальным векторным квантом.

Пусть, например, некоторые сведения о факте или информация о функциональной связи между признаками ОПР $y \in \Omega_j$, который обладает *n* разнотипными признаками $x_j, j = \overline{1, n}$, значения которых $\alpha_{k_j}^j \in \tilde{X}^j, k_j = \overline{1, r_j}$ с соответствующими показателями достоверности (ПД) $p(\alpha_{k_j}^j) \in [0, 1]$, имеют вид:

$$x_1 - \tilde{X}^1 = \{ \alpha_1^1 | p(\alpha_1^1), \alpha_2^1 | p(\alpha_2^1), \emptyset \},$$

$$x_2 - \tilde{X}^2 = \{ \alpha_1^2 | p(\alpha_1^2), \alpha_2^2 | p(\alpha_2^2), \alpha_3^2 | p(\alpha_3^2), \alpha_4^2 | p(\alpha_4^2), \emptyset \},$$

$$x_3 - \tilde{X}^3 = \{ \alpha_1^3 | p(\alpha_1^3), \alpha_2^3 | p(\alpha_2^3), \alpha_3^3 | p(\alpha_3^3), \emptyset \},$$

где x_1 — материал {металл, резина}; x_2 — операция {сварка, слесарно-сборочная, грунтовочная, прессовочная}; x_3 — цех {цех 1, цех 2, цех 5}.

1) Если материал — металл И операция — сварка ИЛИ операция — слесарно-сборочная с соответствующими ПД p_1^1, p_1^2 и p_2^2 , ТО цех — цех 1 с вероятностью p_1^3 ;

2) Если материал — резина И операция — прессовочная с соответствующими ПД p_2^1, p_4^2 , ТО цех — цех 2 с вероятностью p_2^3 ;

3) Если операция — грунтовочная с соответствующим ПД p_3^2 , ТО цех — цех 5 с вероятностью p_3^3 .

При этом существует алгоритм $A(\rightarrow C)$, который обеспечивает вычисление вероятности $p(\rightarrow C)$, как правило, по формуле $p(\rightarrow C) = \max\{p(Y_1), p(Y_2), \dots, p(Y_m)\}$ [13, 14]. Алгоритм $A(\rightarrow C)$ для вычисления $p(\rightarrow C)$ синтезируют в данном случае по специальной методике, либо значение $p(\rightarrow C)$ указывает эксперт.

Решение частных задач по РАКЗ-методу осуществляют в такой последовательности [13, 14]:

1) провести анализ задачи, подготовить исходную информацию;

2) на основании найденных информативных признаков выбрать посыльные (входные) и заключительные (целевые) признаки;

3) сформировать таблицу эмпирических данных (ТЭД), содержащую примеры принятия технологических решений в конкретных производственных условиях относительно соответствующего целевого признака;

4) определить допустимый ранг искомых имплицитивных закономерностей;

5) с помощью экспертов сформировать соответствующие сценарные примеры обучающих знаний, на которых обучить логическую сеть вероятных рассуждений (ЛСВР);

6) выполнив автоматическое квантование и оптимизацию ЛСВР, получить квантовую сеть вывода решений, используемую одновременно в качестве базы квантов знаний и механизма вывода решений.

Сценарий интеллектуальной поддержки принятия решений технологом при разработке межцеховых технологических маршрутов в ТПП состоит из следующих этапов:

1. На основании данных, полученных от конструкторов, выполнить раскрытие состава изделия (детали сборочных единиц (ДСЕ), покупные комплектующие изделия, стандартные изделия) и внести операции по изготовлению ДСЕ с помощью заранее созданной базы знаний (БЗ).

2. Осуществить автоматический контроль за последовательностью выполнения операций посредством сформированного множества упорядоченных знаний для поддержки решений при проектировании межцеховых технологических маршрутов.

3. Для каждой операции технологического маршрута (ТМ) выбрать тип необходимого оборудования с помощью заранее созданной БЗ.

4. Предоставить технологу информацию из базы данных (БД) об оборудовании выбранного типа, технологические параметры которого удовлетворяют требуемым условиям.

5. Предоставить технологу информацию из БД мониторинга текущего состояния оборудования с прогнозом его работы без отказа и о наличии рабочих требуемой квалификации для выполнения задания.

6. Для каждой операции ТМ на основании БЗ осуществить автоматический выбор последовательности прохождения ДСЕ по подразделениям предприятия.

7. Автоматическая генерация технологической документации.

Очевидно, что в данном сценарии первый, второй, третий, шестой этапы интеллектуальной поддержки принятия решений являются плохо формализованными.

4. Заключение

В работе поставлена и решена задача представления процесса разработки межцеховых технологических маршрутов в ТПП, извлечения, формализации технологических знаний с помощью построения квантовых моделей для эффективного манипулирования имеющимися знаниями и логического вывода решений.

Использование интеллектуальной системы для разработки межцеховых технологических маршрутов повысит качество проектов и позволит сократить общее время разработки ТПП. Экономическая эффективность интеллектуализации ТПП определяется сокращением в несколько раз сроков проектирования, повышением качества решений, снижением себестоимости изготовления документации.

Список литературы: 1. *Шербаков П. П.* Автоматизация технологического проектирования: Учеб. пособ. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2002. – 434 с. 2. *Яблочников Е. И.* Автоматизация технологической подготовки производства в приборостроении: Учеб. пособ. — СПб: СПбГИТМО(ТУ), 2002. – 92 с. 3. *Падерин А. Н.* Автоматизация задач технологической подготовки производства // Информационный листок № 995-96. – Екатеринбург: ЦНТИ, 1996. – 4 с. 4. *Вальков В. М., Вершин В. Е.* АСУ технологическими процессами: 3-е изд., перераб. в доп. – Л.: Политехника, 1991. – 269 с. 5. *Милаев В. А., Фаткин А. А., Рулева Т. В.* Автоматизация процесса управления в условиях многономенклатурного мелкосерийного производства // Автоматизация и современные технологии. – 2002. – № 9. – С. 36–45. 6. *Милаев В. А., Фаткин А. А., Рулева Т. В.* Информационные технологии в условиях мелкосерийного производства // Автоматизация и современные технологии. – 2002. – № 2. – С. 16–21. 7. *Киричук Е. П.* Развитие v-РАКЗ метода принятия решений при выборе оборудования в ТПП в условиях неопределенности // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – 2004. – Вып. 25. – С. 100–104. 8. *Гордиенко Л. А.* Интеллектуальная технология поддержки принятия решений в технологической подготовке производства на основе квантового подхода в инженерии знаний // Открытые информационные компьютерные интегрированные технологии: Сб. науч. трудов. – Х.: ХАИ, 2004. – № 22. – С. 185–189. 9. *Милаев В. А., Фаткин А. А., Соколов А. Н.* Схематическое представление заказа в системе оперативного управления многономенклатурным мелкосерийным производством // Автоматизация и современные технологии. – 2003. – № 11. – С. 28–37. 10. *Норенко И. П., Кузьмик П. К.* Информационная поддержка наукоемких изделий. CALS-технологии. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. – 320 с. 11. *Десятков В. В.* Системы искусственного интеллекта: Учеб. пособ. для вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. – 352 с. 12. *Алиев Р. А., Абдикеев Н. М., Шарназаров М. М.* Производственные системы с искусственным интеллектом. – М.: Радио и связь, 1990. – 264 с. 13. *Сироджа И. Б., Петренко Т. Ю.* Метод разноуровневых алгоритмических квантов знаний для принятия производственных решений при недостатке или нечеткости данных. – Киев: Наук. думка, 2000. – 247 с. 14. *Сироджа И. Б.* Квантовые модели и методы искусственного интеллекта для принятия решений и управления. – Киев: Наук. думка, 2002. – 420 с.

Поступила в редколлегию 25.08.2006