

Алгоритм формирования нечетких экспертных правил для выбора методов обработки поверхностей деталей

М. В. Лапа

Національний аерокосмічний університет "ХАИ" ім. Н. Е. Жуковського, Україна

Development and using of systems of flexible automated design of production processes with elements of an artificial intellect assumes creation of technological base of knowledge of the enterprise with use of fuzzy expert rules. In article the algorithm is considered, allowing forming fuzzy expert rules for a choice of surfaces processing methods with use of reference database of the enterprise.

Разработка и использование систем гибкого автоматизированного проектирования технологических процессов с элементами искусственного интеллекта предполагает создание конструкторско-технологической базы знаний предприятия с использованием нечетких экспертных правил. В предыдущих работах описан метод гибкого проектирования технологических процессов (ТП) изготовления деталей приборов, позволяющий производить многовариантное проектирование ТП с учетом особенностей мелкосерийного производства [1,2,3,4], способы представления конструкторско-технологических знаний с использованием нечетких множеств [4,5], методы оптимизации и принятия решений при гибком проектировании технологических процессов [6]. База знаний предприятия представляет собой набор модулей знаний, который пополняется в процессе эксплуатации системы. Одной из проблем является сложность использования баз конструкторско-технологических данных, хранилищ данных, накопленных на предприятии в результате использования различных диалоговых подсистем проектирования ТП при создании базы знаний. Решение этой проблемы возможно следующим образом: 1- использование различных справочников, хранящихся в базах данных предприятия, 2- использование архива техпроцессов для извлечения знаний. В [7] рассмотрен алгоритм формирования нечетких экспертных правил для выбора методов обработки поверхностей деталей с использованием имеющейся на предприятии справочной базы данных. Предложенный в [7] метод формирования исходного множества технологических альтернатив (ИМТА) для выбора методов обработки поверхностей позволяет использовать имеющуюся на предприятии справочную базу данных для генерирования нечетких экспертных правил базы знаний предприятия. Недостатком известных в data-mining методов является то, что при их использовании генерируется большое количество правил, предоставляемых эксперту в проблемной области для оценки их «интересности» с дальнейшим использованием алгоритмов фильтрации [8]. Сложность представляет также формулировка посылок правил ЕСЛИ-ТО с привлечением экспертов проблемной области.

Как правило, на предприятиях имеются справочные базы данных, используемые технологами при диалоговом проектировании технологических процессов, однако имеющиеся формализованные материалы недостаточны для решения всего многообразия задач автоматизированного технологического проектирования. В связи с отсутствием специалистов по знаниям создание базы знаний и ее заполнение представляет трудности для предприятия. Поэтому вопросы создания алгоритмов для автоматизированного извлечения конструкторско-технологических знаний и формирования нечетких экспертных правил с использованием справочников конструкторско-технологических баз данных, архива техпроцессов предприятия своевременны и актуальны.

Цель статьи

В данной статье рассматривается алгоритм Reference-Knowledge_module_discovery (RKMD), разработанный автором, позволяющий автоматизировать процесс генерации нечетких экспертных правил для выбора методов обработки поверхностей деталей базы конструкторско-технологических знаний с использованием справочной базы конструкторско-технологических данных предприятия.

Как было сказано выше, недостатком известных в data-mining методов является то, что при их использовании генерируется большое количество правил, предоставляемых эксперту в проблемной области для оценки их «интересности» с дальнейшим использованием алгоритмов фильтрации. Такие алгоритмы генерируют порядка 5 000 -250 000 правил при различных заданных пороговых значениях степени доверия при использовании базы данных, состоящей из 300-400 тысяч записей, 30-40 атрибутов. Большая часть из этих правил признается «неинтересными» экспертом и не используется. Сложность представляет также формулировка посылок правил ЕСЛИ-ТО с привлечением экспертов проблемной области. Такой подход требует значительных финансовых затрат (оплата труда высокооплачиваемых экспертов проблемной области). Существует два подхода при построении алгоритмов, генерирующих правила – использование логических и вероятностных методов [9]. Разработанный автором алгоритм Reference-Knowledge_module_discovery построен на основе логических методов. Преимуществами его является:

1. Возможность генерации предпосылок нечетких экспертных правил для модуля выбора методов обработки поверхностей без участия эксперта благодаря использованию справочной информации базы конструкторско-технологических данных.
2. Алгоритм Reference-Knowledge_module_discovery генерирует минимальное множество правил, предоставляемых эксперту в проблемной области (эксперту-технологу) благодаря использованию справочников базы данных предприятия.

Данный алгоритм позволяет генерировать минимальное множество нечетких экспертных правил (для выбора методов обработки поверхности) структуры, представленной в [7]. Предпосылка правила содержит два атомарных условия вида $value1 \leq attribute \leq value2$ (в данном случае для атрибутов - качества IT и шероховатости R_a поверхности). Однако возможна его доработка и использование для других конструкций правил.

Определение. Пусть U – конечное множество экспертных правил конструкторско-технологической базы знаний. Под модулем конструкторско-технологических знаний будем понимать подмножество $M \subset U$ экспертных правил базы знаний, используемых на определенном этапе проектирования технологического процесса.

Алгоритм `Reference-Knowledge_module_discovery` использует метод формирования нечеткого ИМТА, подробно описанный в [7]. На рис. 1 представлена схема алгоритма.

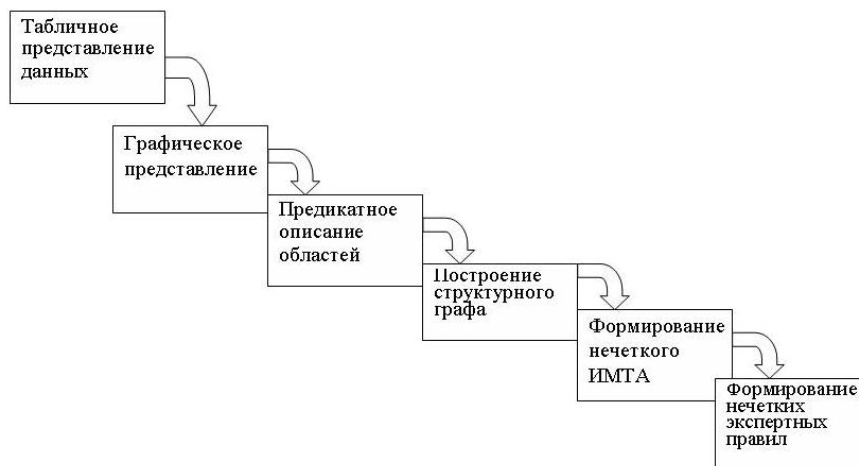


Рис.1. Формирование нечётких экспертных правил с использованием справочной базы предприятия

На рис.2 представлен фрагмент программной реализации алгоритма `Reference-Knowledge_module_discovery`.

```

[ ] P2BN2.PAS [ ]
program Reference_Knowledge_module_discovery;
uses crt,graph;
type method=record
  number:integer;
  name:string;
  IT1,IT2:byte;
  Ra1,Ra2:real;
  bkcolor,sh_color,sh_tip:integer
end;

obl=record
  name:string[31];
  dvo4n:string[9];
  rang:byte
end;
mas20_20b=array [1..20,1..20] of byte;
mas40r=array [1..40] of real;
mas20r=array [1..20] of real;
mas_zapis=array [1..20] of method;
var IQ:mas_zapis;
1:1
  
```

Рис.2. Фрагмент программной реализации алгоритма `Reference_Knowledge_mobule_discovery`

Исходными данными для работы программы является справочная таблица о применяемых методах обработки для достижения определенных значений

качества и шероховатости наружных цилиндрических поверхностей, представленная в таблице 1.

Таблица 1. Точность и качество поверхности при обработке наружных цилиндрических поверхностей.

№	Обработка	IT	IT	Ra	Ra
R ₁	обтачивание черновое	14	12	50	6,3
R ₂	обтачивание полукрист., однократ.	13	11	25	1,6
R ₃	обтачивание чистовое	10	8	6,3	0,4
R ₄	обтачивание тонкое	9	6	1,6	0,2
R ₅	шлифование предварительное	9	8	6,3	0,4
R ₆	шлифование чистовое	7	6	3,2	0,2
R ₇	шлифование тонкое	6	5	1,6	0,1
R ₈	притирка, суперфиниширование	5	4	0,8	0,1
R ₉	алмазное выглаживание	10	5	0,8	0,05

Каждый блок алгоритма, представленного на рис.1, реализуется отдельной процедурой. Проблема выбора альтернативных методов обработки сводится к задаче состояний и поиску на графе (рис.3). Вершины графа R₁ - R₉ соответствуют методам обработки из таблицы 1.

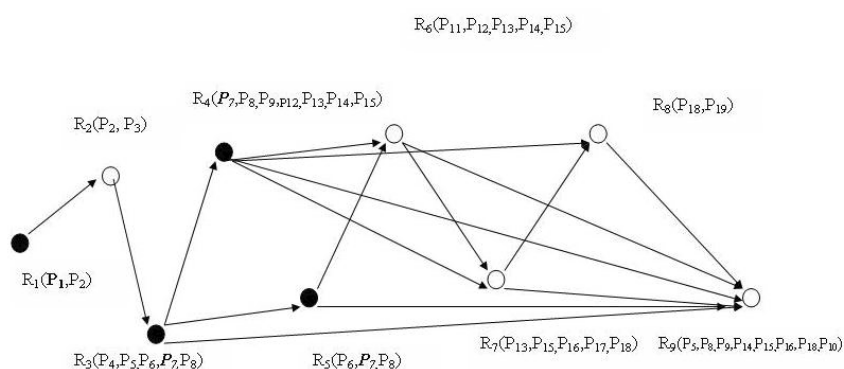


Рис.3. Структурный граф методов обработки наружных цилиндрических поверхностей

Для каждой пары значений исходных атрибутов (качества и шероховатости) для заготовки (NZ) и детали (ND) производится поиск всех альтернативных методов обработки поверхности. Например, если значения качества IT и шероховатости R_a заготовки (13, 6.3), что соответствует области P₁, требуемые значения IT, R_a детали (9,1.6) – область P₇, то существует три пути на графе G(R,E) (рис.3):

$$\Omega_1: R_1 \rightarrow R_2 \rightarrow R_3$$

$$\Omega_2: R_1 \rightarrow R_2 \rightarrow R_3 \rightarrow R_5$$

$$\Omega_3: R_1 \rightarrow R_2 \rightarrow R_3 \rightarrow R_4$$

Им соответствует три альтернативных метода обработки такой поверхности. Исходное множество технологических альтернатив Ω состоит из трех элементов. Генерируется нечеткое экспертное правило вида

ЕСЛИ поверхность = (основная, наружная, круглая в поперечном сечении, цилиндрическая)

И заготовка(ИТ, R_a) $\in P_1$

И требуемые(ИТ R_a) $\in P_7$

ТО методы обработки = $\{(\Omega_1, \mu_1), (\Omega_2, \mu_2), \dots (\Omega_n, \mu_n)\}$,

содержащее некоторое количество альтернативных методов обработки поверхности (количество методов обработки Ω_i вычисляется путем перемножения матрицы смежности графа и хранится в переменной PUT). Промежуточные результаты работы алгоритма представлены на рис.4.

Количество альтернативных методов обработки:		Построение структурного графа методов обработки:	
P1	10000000 1	R1 (P1, P2)	
P2	11000000 2	R2 (P2, P3)	
P3	01000000 1	R3 (P4, P5, P6, P7, P8)	
P4	00100000 1	R4 (P7, P8, P9, P12, P13, P14, P15)	
P5	00100001 1	R5 (P6, P7, P8)	
P6	00101000 2	R6 (P11, P12, P13, P14, P15)	
P7	00111000 3	R7 (P13, P15, P16, P17, P18)	
P8	00111001 4	R8 (P10, P19)	
P9	00010001 2	R9 (P5, P8, P9, P10, P14, P15, P16, P18)	
P10	00000001 1	Подобласть заготовки:	1
P11	00001000 1	Подобласть детали:	6
P12	00010100 2		
P13	00010100 3		
P14	00010101 3		
P15	00010101 4		
P16	00000101 2	Количество путей: 1	
P17	00000100 1	Put 1,2,3.	
P18	00000111 3	Количество путей: 2	
P19	00000110 1	Put 1,2,3,4,5.	
		Put 1,2,3,5.	

Рис.4. Результаты работы алгоритма *Reference_Knowledge_mobile_discovery*

Сгенерированные правила в диалоговом режиме выводятся на экран эксперту-технологу для задания функций принадлежности каждой альтернативе и удаления «неинтересных» и некорректных с точки зрения технолога правил путем задания значения $\mu_i=0$.

Количество правил, которые были бы сгенерированы путем полного перебора вариантов, вычисляется как $2^{nr}=2^9=512$, (nr – количество методов обработки в таблице 1), причем большинство из них окажется отвергнутым при дальнейшем анализе экспертом-технологом. Данный алгоритм позволяет генерировать минимальное количество правил N , которое вычисляется по формуле 1:

$$N = \sum_{i=1}^{mz} (nr - i) \quad (1)$$

где $nr=19$ – количество подобластей P_i (рис.5), mz - количество подобластей P_i значений ИТ, R_a для заготовки детали (указывает эксперт-технолог). Рис. 5 иллюстрирует результаты графического представления справочных данных о методах обработки наружных цилиндрических поверхностей с учетом точности и качества поверхности, хранящиеся в базе данных предприятия (этап 2 алгоритма, представленного на рис.1).

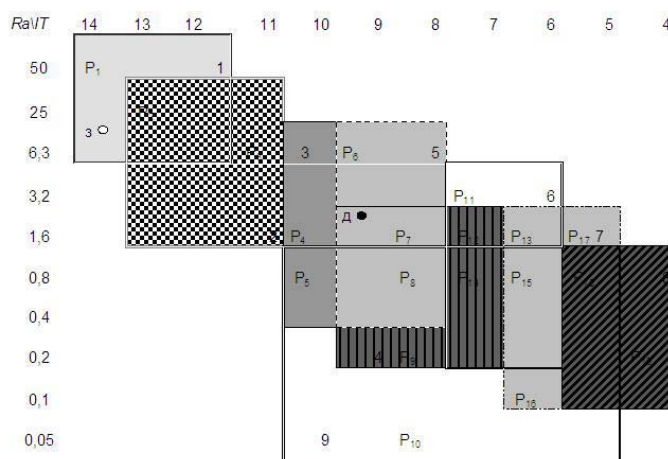


Рис.5. Графическое представление данных о методах обработки для наружных цилиндрических поверхностей с учетом точности и качества поверхности.

В таблице 2 приведен фрагмент предикатного описания областей пересечения P_i ($i=1,19$) – этап 3 алгоритма, представленного на рис.1. Подробно способ получения такого представления описан в [7].

Таблица 2. Определение количества альтернативных методов обработки для участков 1-19 (фрагмент)

Конъюнкции	Двоичное предст.	Ранг	Область
$R_1 \wedge R_2 \wedge R_3 \wedge R_4 \wedge R_5 \wedge R_6 \wedge R_7 \wedge R_8 \wedge R_9$	100000000	1	P_1 3 с кружком
$R_1 \wedge R_2 \wedge R_3 \wedge R_4 \wedge R_5 \wedge R_6 \wedge R_7 \wedge R_8 \wedge R_9$	110000000	2	P_2
$\neg R_1 \wedge R_2 \wedge R_3 \wedge R_4 \wedge R_5 \wedge R_6 \wedge R_7 \wedge R_8 \wedge R_9$	010000000	1	P_3
.....
$\neg R_1 \wedge \neg R_2 \wedge R_3 \wedge R_4 \wedge R_5 \wedge R_6 \wedge R_7 \wedge R_8 \wedge R_9$	000000111	3	P_{18}
$\neg R_1 \wedge \neg R_2 \wedge R_3 \wedge R_4 \wedge R_5 \wedge R_6 \wedge R_7 \wedge R_8 \wedge R_9$	000000010	1	P_{19}

Таким образом, программа сама генерирует конечное множество предпосылок ЕСЛИ без участия эксперта путем использования табличных справочных данных базы конструкторско-технологических данных (табл.1), причем их количество минимально, формирует нечеткие экспертные правила, предоставляет возможность их анализа и задания значений функции принадлежности экспертом-технологом в диалоговом режиме. Такой подход позволяет сократить затраты на создание базы знаний предприятия.

Данный алгоритм был апробирован на примере справочной информации о методах обработки наружных цилиндрических поверхностей. Программа сгенерировала 51 нечеткое экспертное правило для эксперта-технолога. В дальнейшем с помощью данного алгоритма можно сгенерировать модули знаний для выбора методов обработки других типов поверхностей из классификатора поверхностей предприятия.

Таким образом, научную новизну представляет разработанный метод и алгоритм на его основе автоматизированного извлечения знаний и формирования нечетких экспертных правил для выбора методов обработки поверхностей деталей при гибком проектировании технологических процессов с использованием конструкторско-технологических справочников предприятия.

Выводы:

Построение базы знаний предприятия в виде набора модулей знаний позволяет автоматизировать процесс заполнения базы знаний, использовать справочные базы данных предприятия для формирования правил, наращивать базу знаний в процессе ее эксплуатации.

Преимуществом предложенного алгоритма является возможность автоматизировать генерацию предпосылок нечетких экспертных правил благодаря использованию справочной информации баз конструкторско-технологических данных, что позволяет сократить сроки создания базы знаний предприятия.

Разработанный алгоритм Reference-Knowledge_module_discovery генерирует минимальное множество правил, предоставляемых эксперту в проблемной области (эксперту-технологу) благодаря использованию справочников базы данных предприятия, что позволяет сократить затраты на создание базы знаний.

В дальнейшем будут рассмотрены алгоритмы для извлечения конструкторско-технологических знаний с использованием архива техпроцессов предприятия.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лапа М.В. Интеллектуальный метод гибкого проектирования технологических процессов деталей приборов // Дис.канд.т.н. - Київ: НТУУ"КП", 2004.-198с.
2. Глоба Л.С., Лапа М.В., Попова І. Гнучке проектування технологічних процесів виготовлення деталей приладів// Наукові вісті НТУУ «КП», 2005. – № 6. С.93-100.
3. Лапа М.В., Глоба Л.С. Автоматизация гибкого проектирования технологических процессов изготовления деталей приборов на основе нечеткой логики // Тези доповідей наук.- техн. конф. „Приладобудування 2006: стан і перспективи”.- Київ: НТУУ"КП", 2006.-№32-С.95-96.
4. Лапа М.В. Использование аппарата нечеткой логики при проектировании объекта "технологический процесс" // Открытые информационные и компьютерные технологии: Сб. науч. тр. Вып. №11. - Харьков: Нац. аэрокосмич. ун-т, 2002. - С.49-53.
5. Лапа М.В. Методы формального представления технологических знаний с использованием нечетких множеств //Сборник научных трудов СНИЯЭиП. - Севастополь: СНИЯЭиП, 2003. - №7. – С.231-236.
6. Лапа М.В. Оптимизация и принятие решений при гибком проектировании технологических процессов. // Зб. наук. пр. наук.-техн. конф.

- „Приладобудування 2004: стан і перспективи”.- Київ: НТУУ”КПІ”, 2004.- С.76.
7. Лапа М.В. Формирование нечеткого исходного множества технологических альтернатив для выбора методов обработки поверхностей // Открытые информационные и компьютерные технологии: Сб. науч. тр. Вып. №31. - Харьков: Нац. аэрокосмич. ун-т, 2006. - С.149-153.
 8. V. Radmanabhan and A. Tuzhilin. On Characterization and Discovery of Minimal Unexpected Patterns in Rule Discovery//IEEE Transactions on knowledge and data engineering, № 2, February 2006.-Pp. 202-216.
 9. M.J. Druzdzel and L.C. van der Gaag. Building Probabilistic Networks: Where Do the Numbers Come From? //IEEE Trans. Knowledge and Data Eng., № 4, July/Aug. 2000.-Pp. 481-486.