

УДК 621.9.06

Е.С. Пуховский, д-р техн.наук, проф.

НТУ України «Київський політехнічний інститут», г. Киев, Украина

## ПРОБЛЕМЫ ГРУППИРОВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИ СОЗДАНИИ ГПС

---

*Розглянуто питання групування деталей в умовах проектування ГПС та їх оброблення на будь-якій стадії. Запропоновано метод нечіткого ітераційного групування в умовах неповноти вихідних даних по мірі накопичення інформації про об'єкти. Це дає можливість варіації критеріїв групування шляхом корекції групування вагомих коефіцієнтів ознак. Такий підхід дозволяє забезпечити можливість мобільного корегування отриманих груп деталей виходячи з вимог виробництва.*

*The question of grouping of details in the conditions of grouping FPS (flexible projecting system) of their processing at any stage is considered. The method of indistinct iterative grouping in the conditions of incompleteness of initial data in process of accumulation of the information on objects is offered. It gives the chance variations of criteria of grouping by a correcting of weight factors of signs. Such approach allows to provide possibility of a mobile correcting of the received groups of details from manufacture requirements.*

---

Системный характер проектирования ГПС, глубина проработки технологических решений, а также общность проблем, как на стадии проектирования, так и производства технологических объектов требует применения единого метода группирования на всех стадиях производства от проектирования до эксплуатации.

Анализ существующих методик группирования [1, 2] показывает, что все они отличаются одним общим недостатком – отсутствием системного подхода к задаче выбора и группирования деталей. Особенно это сказывается на этапе проектирования ГПС в условиях неполноты информации об объектах группирования и неопределенности критериев группирования.

Для решения задач группирования технологических объектов при проектировании ГПС необходимо применение итерационных процедур, основанных на применении теорий распознавания образов, нечетких множеств и экспертных систем.

В общем виде задача выбора и разбиения номенклатуры деталей  $d_i \in \{D\}$  на группы  $\{d_i\}$  заключается в разделении множества исходных данных на однородные по каким-то признакам подмножества. Так как при проектировании участков ГПС ни количество групп, ни алгоритм разбиения деталей на группы заранее неизвестны, то задача группирования решается как одна из известных задач теории распознавания образов, так называемая задача обучения распознавания «обучение без учителя». При этом требуется решение ряда подзадач: определение количества групп деталей  $K$ , признаковового пространства  $\chi_n$ , весов признаков  $W_n$ , качества группировки состава групп  $\{d_i\}$ .

Эти задачи могут быть решены при помощи известного быстросходящего алгоритма, получившего название «метод динамических ядер» (рис.1), который основан на определении подмножеств деталей с высокой плотностью расположения в  $n$ -мерном пространстве признаков классификации.

Нижче розглядаються окремі етапи алгоритму. Термином «ядро» називають символічне представлення одної і той же групи технологічних об'єктів  $\{d_i\}$ . Внаслідок відшукуються найкращі ядра, т.е. такі, які найкращим образом представляють свої класи.

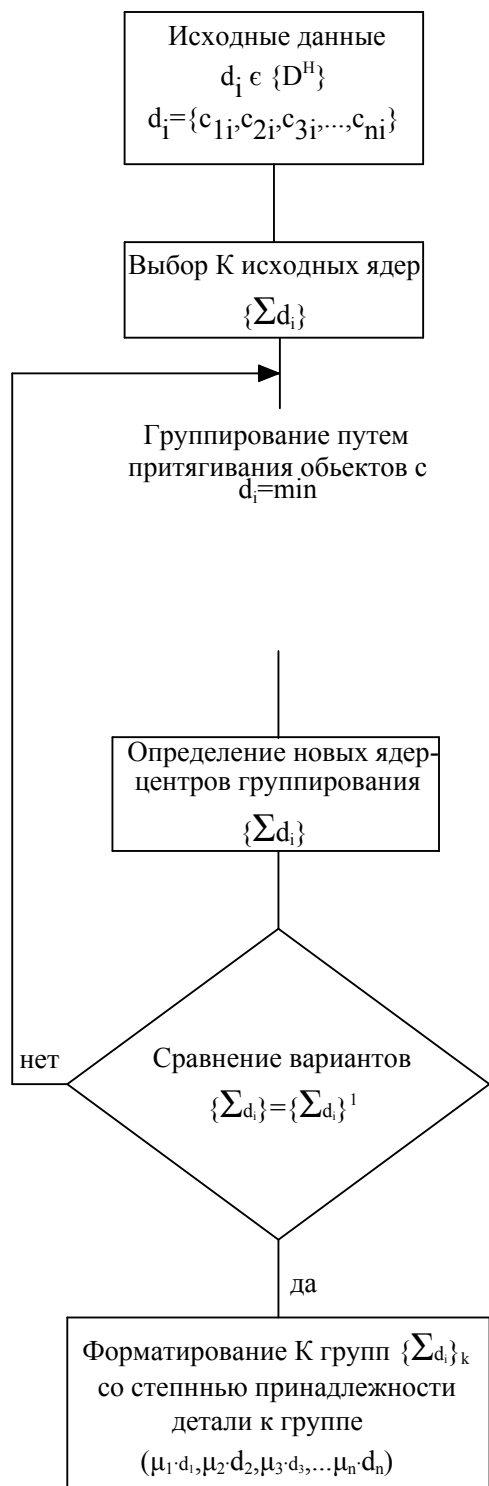


Схема алгоритма классификации и группирования технологических объектов методом динамических ядер

Символическое представление ядер может быть любым, в том числе и в виде древовидной структуры. Список таких представлений неограничен, в состав ядра может входить группа из  $n$  технологических объектов, где  $n < 1$ .

Наиболее удобным, с технологической точки зрения, является представление ядра в виде привычного понятия комплексной детали. При этом необходимо оговорить специфику применения этого понятия, к условиям автоматизированного группирования технологических объектов. Один из возможных путей нахождения ядер или комплексных деталей состоит в определении центра тяжести каждого класса. При этом предполагается, что все технологические объекты имеют одинаковую значимость, т.е. массу. В данном случае необходимо оценивать эту величину.

При этом характеристикой значимости технологического объекта может служить относительная величина годовой программы его выпуска, учитываемая как один из признаков детали. Если в состав ядра входит больше одной детали, то характеристики комплексной детали определяются по следующим правилам, вытекающим из определения комплексной детали:

1. Если  $\{R_d\}$  - множество геометрических размеров деталей ( $L$  - длина,  $B$  - ширина,  $H$  - высота), входящих в ядро, то геометрические характеристики комплексной детали определяются как средние

значения габаритных размеров, входящих в ядро  $\{d_i\}$ :

$$\tilde{L} = \sum_{di=1}^N Li / N, \quad (1)$$

$$\tilde{B} = \sum_{di=1}^N Bi / N, \quad (2)$$

$$\tilde{H} = \sum_{di=1}^N Hi / N, \quad (3)$$

где  $N$  – количество деталей в группе,

$$\{di\} \rightarrow \{L, B, H\}, \quad (4)$$

Аналогично вычисляются значения признаков, имеющих количественное измерение:

$$\tilde{X} = \sum_{di=1}^N Xi / N, \quad (5)$$

$$\{di\} \rightarrow \{\tilde{X}_1, \tilde{X}_2, \tilde{X}_3\}, \quad (6)$$

2. Если  $\{d_i\}$  - множество элементарных обрабатываемых поверхностей деталей, входящих в ядро, то комплексная деталь характеризуется логической суммой всех элементарных поверхностей деталей группы:

$$\{di\} \rightarrow \{p1 \wedge p2 \wedge p3 \wedge \dots \wedge p2\}. \quad (7)$$

Аналогично вычисляются значения признаков, имеющих качественное измерение:

$$\chi \rightarrow \{c1 \wedge c2 \wedge c3 \wedge \dots \wedge c2\}. \quad (8)$$

$$\{di\} \rightarrow \{x1 \wedge x2 \wedge x3 \wedge \dots \wedge xk\}. \quad (9)$$

В самом общем виде алгоритм группирования с помощью динамических ядер сводится к следующему. Каким-либо способом выбирают  $k$  исходных ядер. Этот первоначальный набор характеризует начальный набор признаков классификации. Затем каждый из них присоединяют к наиболее близко расположенному ядру.

В полученных группах вычисляют новые ядра и сравнивают новое разделение с предыдущим. Когда разделение и ядра остаются неизменными, то процесс прекращается, а получившееся азделение на классы считается окончательным. При этом элементы, которые не изменяют своей принадлежности к классу в процессе работы алгоритма, называют сильными образами, а элементы, которые хотя бы один раз переходят из группы в группу - слабыми образами.

Для работы алгоритма "динамических ядер", а именно, для вычисления расстояний между ядрами технологических объектов вводится понятие весовых характеристик

различных признаков детали. Первоначально значения этих признаков планируется вычислять экспертным путем.

Если технологический объект классифицируется в пространстве признаков

$$\chi \rightarrow \{\chi_1, \chi_2, \chi_3, \chi_4, \dots, \chi_m\}, \quad (10)$$

то для вычисления евклидова расстояния между объектами в  $n$ -мерном пространстве с учетом различного "масштаба" по координатам необходимо задать набор весовых или масштабных коэффициентов, определяющих значимость каждого признака,

$$W \rightarrow \{W_1, W_2, W_3, W_4, \dots, W_m\}. \quad (11)$$

При этом формула определения расстояний примет вид:

$$\bar{d}(di, dj) = \sqrt{\sum_{i=1}^n [(C_{i1} - C_{ij})W_1]^2}. \quad (12)$$

Для простых признаков, например для массы, габаритов и т.д., измеряющихся в абсолютных величинах, знак минус в формуле - знак арифметического вычитания. Для тех признаков, значения которых принимают конкретные дискретные значения, например наименования применяемого инструмента, коды элементарных поверхностей, знак минус обозначает логическую операцию. При этом

$$(Ci - Cj) = m, \quad (13)$$

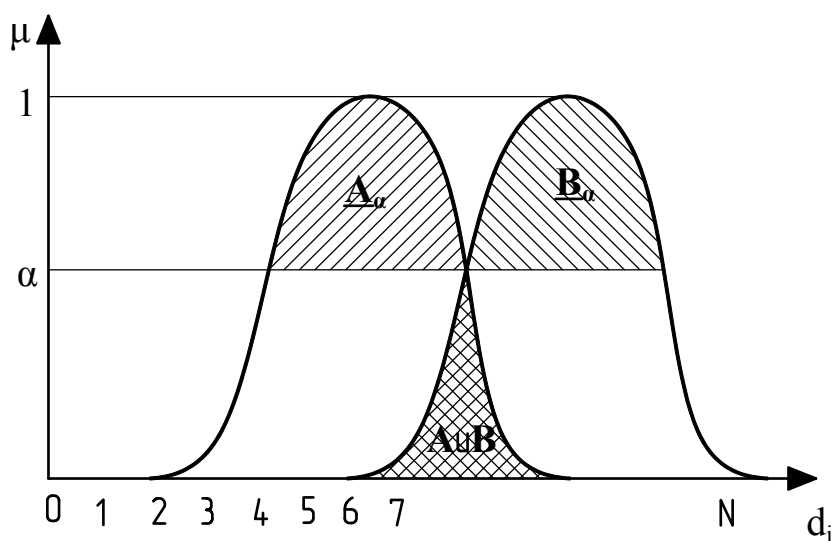
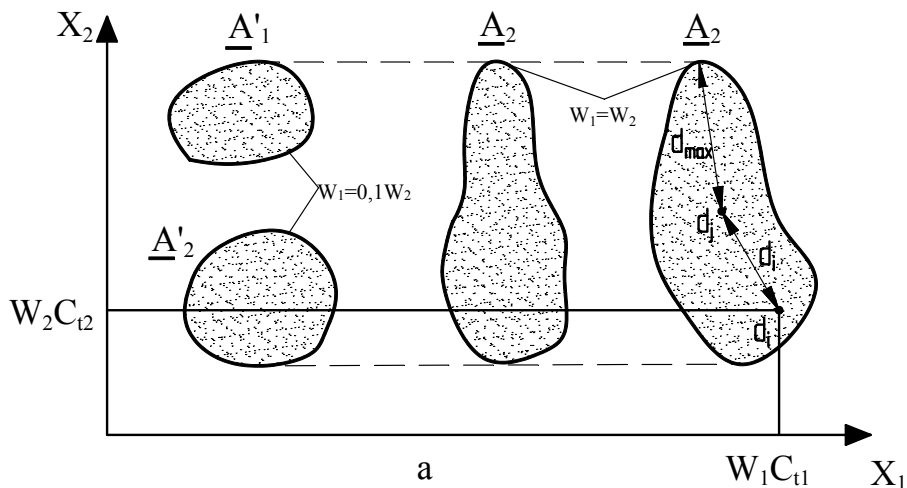
где  $m$  – число одинаковых значений в описании этого признака.

Определение истинных значений весовых коэффициентов для конкретной номенклатуры деталей и составляет задачу "обучения".

На рис.2,а приведен пример классификации объектов в двухмерном пространстве признаков. Как видно из рисунка, при равенстве значимости признаков детали группируются в две четкие группы  $A_1$  и  $A_2$ . Изменение масштабов по оси  $\chi_1$  с изменением  $W_1 = 0.1W_2$  приводит к совершенно другим результатам группирования – образованию групп  $A'_1, A'_2$ .

Системный подход при проектировании участков ГПС, нечеткость критериев эффективности ункционирования производственной системы приводит к необходимости решения задачи проектирования итерационным путем, т.е. путем последовательного приближения к оптимальным значениям весовых коэффициентов  $W_{оп}$ . При этом каждая итерация при проектировании требует значительного времени.

Поэтому необходимо предусмотреть возможность проводить оптимизацию принимаемых решений в каждой подсистеме, не прибегая к общесистемным итерациям. В предлагаемой методике группирования, использующего основные понятия теории нечетких множеств. Ниже рассматриваются основные понятия этой теории, применяемые в САПР ГПС.



б

Рис.2. Пример классификации технологических объектов в двухмерном пространстве координат

Пусть  $E$  – есть множество, а  $A$  – подмножество  $E$ ,  $d$ - элемент множества  $A$ , т.е.  $A \in E, d \in A$ .

Для выражения этой принадлежности можно использовать и другое понятие – характеристическую функцию  $\mu_A(d)$ , значения которой указывают, является ли (да или нет)  $d$  элементом  $A$ , т.е.

$$\mu_A(d) = 1, \text{ если } d \in A \text{ и } \mu_A(d) = 0, \text{ если } d \notin A.$$

Такое представление привычно для существующих методик группирования, предполагающих четкое отнесение детали к какойлибо группе. Представим теперь, что характеристическая функция может принимать любое значение в интервале  $[0,1]$ . В соответствии с этим элемент  $d_i$  множества  $E$  может не принадлежать  $A$  ( $\mu_A(d) = 0$ ), может быть элементом  $A$  в небольшой степени  $A$  ( $\mu_A(d)$  близко к 0), может более или

менее принадлежат  $A$  ( $\mu_A(d)$  не слишком близко к 0, ни слишком близко к 1), может в значительной степени быть элементом  $A$  ( $\mu_A(d)$  близко к 1) или, наконец, может быть элементом  $A$  ( $\mu_A(d) = 1$ ). Таким образом, математический объект, определяемый выражением

$$A = \{(d1|0.2), (d2|0.3), (d3|0.35), \dots, (d4|0.95)\}, \quad (14)$$

где  $di$  - элемент универсального подмножества  $E$ . Такое число называется нечетким подмножеством  $E$  и обозначается  $A \in E$  или  $A \notin E$ . Число после вертикальной черты дает значение характеристической функции на этом элементе.

Функция  $\mu_A$  также называется функцией принадлежности, в данном случае технологического объекта к группе.

Подмножество  $\alpha$ - уровня (рис.2,б) нечеткого подмножества  $A$  называется обычное подмножество

$$A_\alpha = \{d / \mu_A(d) \geq \alpha\}. \quad (15)$$

Пересечением нечетких множеств  $A$  и  $B$  называют

$$A \cap B = \forall x \in X : \mu_{A \cap B}(x) = \min[\mu_A(x), \mu_B(x)].$$

Используя вышеприведенные понятия, нечеткие группы будут иметь следующий вид:

$$A = \mu_1 d_1 + \mu_2 d_2 + \mu_3 d_3 + \dots + \mu_n d_n + \dots \quad (16)$$

где  $d1 - dn$  - детали, входящие в нечеткую группу;  $\mu$  - степень принадлежности детали к группе, которая определяется выражением

$$\mu_i d_i = \bar{d}_1 / \bar{d}_{\max} = [0,1].$$

Таким образом, в рамках каждой подсистемы САПР, варьируя значением  $\alpha$ -уровня, можно оптимизировать, изменять состав деталей в группе для оптимизации показателей параметров работы соответствующей подсистемы. При этом качественный состав нечеткой группы не изменяется. Он меняется только при изменении весовых коэффициентов признаков после анализа предложенного варианта ГПС должен выделять "узкие места" проекта и предлагать пути корректировки исходных данных. Это необходимо делать путем увеличения значения весовых коэффициентов тех признаков, которые влияют на появление "узких мест".

Например, ограничение по вместимости инструментального магазина требует повышения значимости весового коэффициента по соответствующей координате пространства признаков. Причем на каждой итерации система переходит к более качественному и детальному группированию:

от определения номенклатуры деталей, обрабатываемых на данном производственном участке, к выделению групп деталей, групповых инструментальных наладок, групповых приспособлений, технологических процессов и т.д.;

от определения годовой номенклатуры деталей к оперативнокалендарному планированию, к определению оптимальной очередности обработки деталей в группе.

Предложенный метод нечеткого итерационного группирования применяется на любой стадии, как проектирования, так и производства деталей на гибких участках. Метод позволяет проводить группирование в условиях неполноты исходных данных итерационно по мере накопления информации об объектах. Он дает возможность варьировать критерии группирования путем корректировки весовых коэффициентов признаков. Нечеткость группирования позволяет обеспечить возможность мобильного корректирования полученных групп в зависимости от ситуативных факторов и требований производства.

#### Список литературы

1. Митрофанов С.П. Групповая технология машиностроительного производства в 2 т.–3-е изд.- Л.:Машиностроение.– Ленинград отд-ние, 1983. т1.-407с.
2. Технологическая подготовка гибких производственных систем /С.П.Митрофанов,
3. Д.Д.Куликов, О.Н.Миляев и др.: Под общ. Ред. С.П.Митрофанова. Л.:Машиностроение. Ленинград. Отд., 1987 -235с.

**УДК 621.91.02**

**В.И.Солодкий доц., А.П.Долгов студ**

**НТУ Украины "Киевский политехнический институт" г.Киев, Украина**

### **РОТАЦИОННО ДЕФОРМИРУЮЩАЯ ОБРАБОТКА СТАЛЬНЫХ ВАЛОВ**

---

*Виконано порівняльний аналіз методів зміцнення поверхневого шару сталевих деталей із застосуванням механічного деформування при обкатці валів сталевими роликками. Експериментально підтверджено вплив втомлюючих процесів на розривлення поверхні деталей.*

*The comparative analysis of different methods of solidifying of a surface stratum of steel detailses with application of mechanical deformation is carried out at a rolling of shaft by steel rollers. Influence of processes of a fatigue to creation of a friable surface of detailses experimentally is confirmed.*

---

В данный момент на предприятиях, занимающихся производством барабанов для сборки автопокрышек, существует технологическая проблема недостаточной твердости и износостойкости несущего вал монтажного барабана, который воспринимает значительные нагрузки, а также подвергается активному абразивному износу. Следует отметить, что наряду с абразивным износом рабочая поверхность барабана подвергается значительным механическим деформациям. Поэтому задача упрочнения поверхностного слоя вала является актуальной.

#### **Цели и задачи исследования**

Целью исследования является проведение анализа методов повышения прочности и износостойкости деталей машин обкатыванием роликом, а так же определение влияния режимов обработки на характеристики упрочнения поверхностного слоя