

АНАЛИЗ КРИТЕРИЕВ СВЯЗИ ТЕХНОЛОГИИ И СВОЙСТВ С УЧЕТОМ СТОИМОСТИ МЕТАЛЛОПРОДУКЦИИ

Корнеев А.М., Колесников С.В., Милуковский В.Г.
(Липецкий государственный технический университет, Липецк)

Введение

Технология производства задается указанием разрешенных диапазонов для контролируемых технологических факторов с помощью соотношений следующего типа: $x' \leq x \leq x''$.

В условиях отсутствия физических моделей, связывающих технологию (совокупность факторов) и конечные свойства, технология и диапазоны разрешенных значений этих факторов определяются на основе эксперимента.

Границы факторов технологий образуют технологическое подпространство T^+ , отвечающих требованиям технологии t

$$(1) T_j^+ = \{t_j \mid \bar{x}'_j \leq t_j \leq \bar{x}''_j\}.$$

Соответственно технологическое подпространство, не отвечающее требованиям – это $T^- = T / T^+$.

Т. о. два непересекающихся подпространства T^+ и T^- образуют полное технологическое пространство T . Аналогично можно выделить подпространство выходных свойств S^+ , отвечающее требованиям стандарта

$$(2) S_j^+ = \{s_j \mid \bar{y}'_j \leq s_j \leq \bar{y}''_j\}.$$

\bar{y}'_j и \bar{y}''_j – нижняя и верхняя граница показателей качества.

Входы образуют пространство T^+ , выходы – S^+ . Для учета категорий качества продукции пространство S^+ разбивается на диапазоны S_j^+ .

Рассмотрим пример.

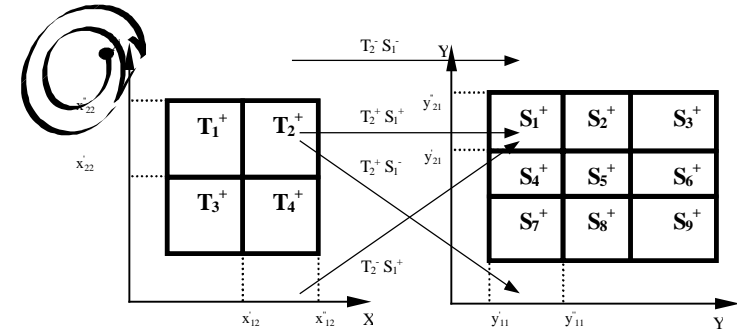


Рис.1. Пространство из двух входов и двух выходов.

Первоначально для оценки технологии использовались критерии, основанные на расчете количества информации (Больцман и Хартли). Но эти критерии не учитывают тот факт, что подпространство S^+ может делиться на части, каждая из которых может иметь свою стоимость (вес). Т.е. при соблюдении более узких границ каких-либо конечных свойств качество конечного продукта растет, что очень важно для производителя. Этот принцип учитывает следующий критерий, который основывается на делении пространства выходных свойств на области. Для каждой из этих областей определяется весовой коэффициент.

Рассмотрим двумерный (количество выходных свойств равно двум) случай.

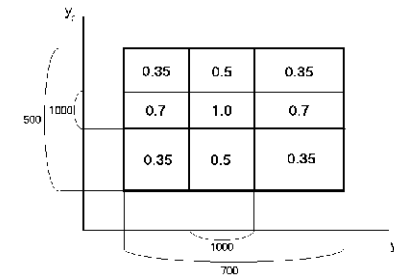


Рис.2. Разбиение пространства свойств по категориям

Здесь заданы стоимости выполнения технологии (1000, 700 – для y_1 и 1000, 500 – для y_2). Эти стоимости могут определять как стоимость единицы готовой продукции так и затраты на их реализацию.

Критерии оценки качества технологии

Рассмотрим критерии, основанные на делении пространства свойств на категории качества. Для каждого анализируемого технологического пространства $T+$ проанализируем 4 критерия:

$$(3) \frac{\ln \sum_i a_i n_i}{\sum_i n_i},$$

$$(4) \frac{\ln \sum_i a_i n_i}{\ln \sum_i n_i},$$

$$(5) \sum_i a_i \frac{\ln n_i}{\ln \sum_i n_i},$$

$$(6) f(T+) \sum_i a_i p_i,$$

$$(7) a_i = \begin{bmatrix} 0.64 & 0.8 & 0.64 \\ 0.8 & 1 & 0.8 \\ 0.64 & 0.8 & 0.64 \end{bmatrix} - \text{веса отдельных подпространств},$$

n_i - количество точек, попавших в i -е подпространство свойств.

Приведем величины рассматриваемых критериев для каждого из трех технологических подпространств с различной частотой попадания «хороших» точек в разбитое по категориям пространство свойств.

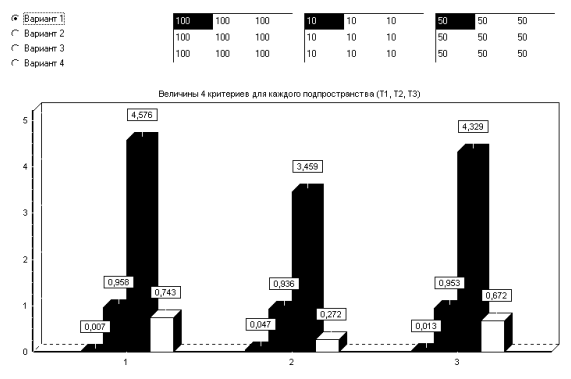


Рис.3. Гистограмма распределения величин критериев в каждом технологическом пространстве (вариант деления №1)

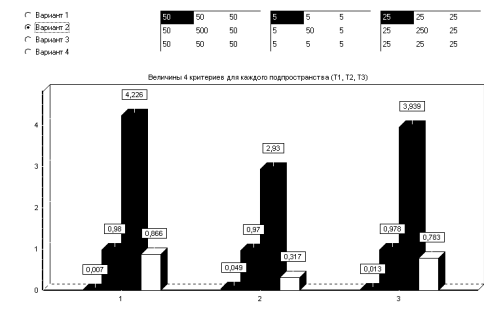


Рис.4. Гистограмма распределения величин критериев в каждом технологическом пространстве (вариант деления №2)

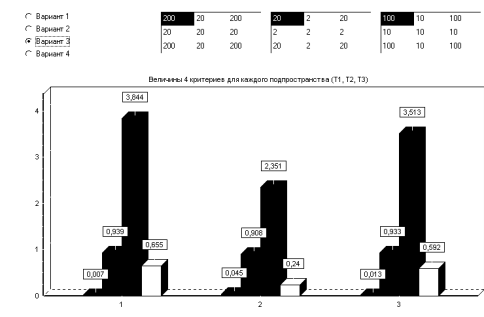


Рис.5. Гистограмма распределения величин критериев в каждом технологическом пространстве (вариант деления №3)

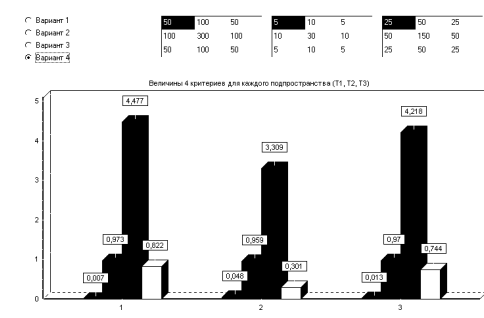


Рис.6. Гистограмма распределения величин критериев в каждом технологическом пространстве (вариант деления №4)

Правильность работы критерия характеризуется его увеличением не только в случае большого количества точек с максимальным коэффициентом a_i , но и общего числа попавших в данные границы экспериментальных значений, т.е. большая доля точек $T+S+$ относительно $T+$ должна давать большее значение критерия. Рассмотрим результирующую таблицу.

Табл. 1. Таблица распределения величин критериев в каждом технологическом пространстве

Разбиение	Величина критерия			
	$\frac{\ln \sum_i a_i n_i}{\sum_i n_i}$	$\frac{\ln \sum_i a_i n_i}{\ln \sum_i n_i}$	$\sum_i a_i \frac{\ln n_i}{\ln \sum_i n_i}$	$f(T+) * \sum_i a_i p_i$
<i>Вариант №1</i>				
1	0.007	0.958	4.576	0.743
2	0.047	0.936	3.459	0.272
3	0.013	0.953	4.329	0.672
<i>Вариант №2</i>				
1	0.007	0.980	4.226	0.866
2	0.049	0.970	2.930	0.317
3	0.013	0.978	3.939	0.783
<i>Вариант №3</i>				
1	0.007	0.939	3.844	0.665
2	0.045	0.908	2.351	0.240
3	0.013	0.933	3.513	0.592
<i>Вариант №4</i>				
1	0.007	0.973	4.477	0.822
2	0.048	0.959	3.309	0.301
3	0.013	0.970	4.218	0.744

Анализируя данную таблицу, можно сказать, что четвертый критерий, основанный на учете общего количества точек $T+$ наиболее правильно отражает все стороны оценки рассматриваемого технологического пространства с учетом разбиения пространства свойств по категориям качества.

Опишем расчет данного критерия более подробно. После определения весов рассчитывается количество точек T_{j+} , попавших в каждое из подпространств S_{j+} , т.е. T_j+S_{j+} . Это количество умножается на вес соответствующего подпространства k_i и прибавляется к общему значению аккумулятора. Таким образом, после перебора всего пространства $S+$ суммарное

значение аккумулятора будет показывать величину критерия. Далее производится нормирование критерия:

$$(8) Kr_j = \frac{1}{N(T_j^+)} \sum_i N(T_j^+ S_i^+) k_i f(T_j^+).$$

Для того, чтобы суммарных критерий учитывал число точек, удовлетворяющих технологии ($T+$), его необходимо также домножить на штрафной коэффициент, который понижает критерий при малом числе попавших точек и повышает – при большом. В качестве такого "штрафа" была использована функция

$$(9) f(x) = 1 - \exp\left(-\frac{x}{KM}\right).$$

Насыщение (значение стремится к единице) данной функции происходит примерно в точке $-KM$, где M – количество экспериментальных значений (объем выборки), K – доля объема выборки (например, $K = 0.1$), x – число точек технологии $T+$.

Таким образом, KM – пороговое число точек технологии, при уменьшении которого значение функции начинает резко падать. Т.е. при малом числе точек, попавших в технологические границы, критерий "штрафуется" сильнее, чем при большом.

Данное соотношение можно продемонстрировать на графике.

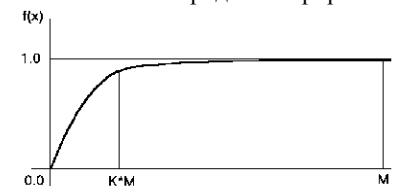


Рис.7. График штрафной функции

Таким образом, данный критерий является более универсальным, так как наиболее правильно учитывает все стороны анализируемого технологического пространства.

Точная настройка

Изменяя границы базового подпространства будем изменять степень соответствия технологии выходным свойствам, а, следовательно, критерий оценки технологии.

При этом, в каждом случае будет формироваться свое приращение технологического подпространства, обусловленное приращением одной из границ фактора технологии.

Приращение необходимо определить по всем границам факторов технологии. Они могут быть как положительными (раздвигающими границы T^+ подпространства), так и отрицательными (границы подпространства сжимают).

Заключение

Проведен анализ критериев связи технологии и свойств. Выбран критерий со штрафной функцией, который позволяет отслеживать высокий уровень свойств и учитывать стоимость готовой продукции.

Литература

1. КУЗНЕЦОВ Л.А. *Введение в САПР производства проката*. М.: Металлургия, 1991. – 112 с.
2. КУЗНЕЦОВ Л.А. *Идентификация технологии производства проката* // Известия вузов. Черная металлургия. 1989. №3. С. 82 – 84.
3. КУЗНЕЦОВ Л.А., КОРНЕЕВ А.М. *Автоматизированная система выбора оптимальной технологии производства проката* // Известия вузов. Черная металлургия. 1994. №5. С. 45 – 48.