

УДК 677.022:519.8:62.50

**ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВОЛОКОН
В ПОПЕРЕЧНЫХ СЕЧЕНИЯХ ПРЯЖИ**

**NUMERICAL METHODS OF THE ANALYSIS OF FIBERS DISTRIBUTION
IN YARN CROSS SECTIONS**

И.С. ГОРЯЧАЯ, П.А. СЕВОСТЬЯНОВ
I.S. GORJACHAJA, P.A. SEVOSTJANOV

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н. Косыгина)
(Moscow State Textile University 'A.N. Kosygin')
E-mail: office@msta.ac.ru

Предложен новый метод оценки распределения волокон компонентов в поперечных сечениях пряжи, основанный на кластерном анализе данных. Метод позволяет оценить группируемость волокон компонентов в поперечном сечении пряжи, а также расстояния между волокнами и группами волокон компонентов. Эффективность алгоритма была проверена на модельных множествах.

The new method of estimation of distribution of components fibers in yarn cross sections based on data cluster analysis has been offered, the method makes it possible to estimate the grouping of component fibers in yarn cross sections, as well as spaces between fibers and component fibers groups. The effectiveness of the algorithm has been proved with model sets.

Ключевые слова: разнородные волокна, поперечное сечение пряжи, группируемость волокон, кластерный анализ, центр "массы", алгоритм, модельные множества.

Keywords: heterogeneous fibers, a yarn cross section, fibers grouping, a cluster analysis, a "mass" center, an algorithm, model sets.

При переработке смесей разнородного состава актуальной задачей является обеспечение достаточной степени перемешивания волокон. Неравномерное распределение разнородных волокон в смеси становится причиной структурной неровноты

продукта и оказывает негативное влияние на физико-механические свойства и внешний вид пряжи.

В настоящее время существует целый ряд методов оценки распределения волокон компонентов в поперечных сечениях пряжи

[1, 2]. Одним из важнейших требований к этим методам являлась простота ручной обработки изображений поперечных сечений пряжи и вычисления соответствующих показателей. В основе практически всех методов оценки лежит разделение изображения сечения пряжи на некоторые области (секторы, кольца и т.п.). При этом границы таких областей определяются весьма условно, что может приводить к серьезным статистическим ошибкам при оценке показателей качества смешивания.

Использование современной компьютерной техники позволяет применить новый подход к проблеме оценки распределения компонентов пряжи в ее поперечном сечении. Изучение методов, применяемых в задачах классификации и дискриминации объектов, в экономической математике при исследовании взаимосвязей и классификации объектов по множеству показателей, а также при анализе срезов геологических образцов пород позволило предложить новый показатель, основанный на численных процедурах обработки данных.

Перспективным для решаемой задачи является использование метода иерархического кластерного анализа [3], который позволяет разделить множество волокон в сечении пряжи на близкие подмножества (кластеры). Исследуя содержание в кластерах компонентов, можно судить об их группируемости в сечении пряжи.

Показателем близости для волокон примерно одинаковых по размеру поперечных сечений может быть евклидово расстояние между центрами волокон:

$$R_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}.$$

Как правило, в кластерном анализе при определении расстояния между кластерами для их объединения в дальнейшем в один кластер используются принципы "ближайшего" или "наиболее удаленного" соседа. К сожалению, ни тот, ни другой принцип в нашем случае неприменимы. Например, принцип "ближайшего" соседа для двух множеств элементов, изображенных на рис. 1 (множества элементов, к которым при определении расстояния между кла-

стерами неприменимы принципы "ближайшего" или "наиболее удаленного" соседа), даст расстояние между этими множествами того же порядка, что и расстояние между элементами внутри каждого из множеств. Поэтому принцип "ближайшего" соседа не обнаружит существование двух компактов, хотя, как следует из рисунка, они объективно существуют.

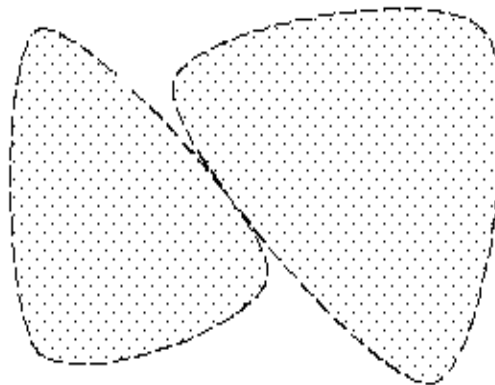


Рис. 1

Похожая ситуация возникает и при использовании принципа "наиболее удаленного" соседа.

Поэтому был разработан и предлагается другой способ определения расстояния между кластерами, основанный на вычислении центра "массы" каждого из кластеров и объединения в один кластер тех из них, которые на данном этапе классификации оказываются наиболее близкими в этой метрике.

Введем следующие обозначения:

N – число волокон одного компонента в сечении волокнистого продукта;

x_j, y_j, r_j – декартовы координаты центра и радиус поперечного сечения j -го волокна: $j = 1, \dots, n$;

NR_k – число кластеров на k -м шаге классификации сечений волокон, $k = 1, \dots, n$;

X_{c_i}, Y_{c_i} – декартовы координаты центра "массы" i -го кластера, $i = 1, \dots, NR_k$.

R_{ij} – расстояние между центрами "массы" i -го и j -го кластеров, $i, j = 1, \dots, NR_k$.

Алгоритм при этом выглядит следующим образом:

1. $k = 1, NR_k = N$ (Число кластеров равно числу волокон, и кластеры совпадают с отдельными волокнами).

2. $X_{c_i} = x_i, Y_{c_i} = y_i, i = 1, \dots, NR_k$ (Цен-
тры кластеров совпадают с центрами во-
локон).

$$R_{ij} = \sqrt{(X_{c_i} - X_{c_j})^2 + (Y_{c_i} - Y_{c_j})^2}, \quad i, j=1, \dots, NR_k.$$

4. Определение номеров im и jm двух
наиболее близких друг другу кластеров,
для которых R_{ij} минимально.

5. Сохранение значения найденного
минимального расстояния между класте-
рами и числа кластеров NR_k .

6. Объединение кластеров с номерами
 im и jm в один кластер с порядковым но-
мером im , если номер im меньше jm , или
 jm , если номер im больше jm , то есть
включение в кластер с меньшим номером
элементов кластера с большим номером.

7. Вычисление координат центра
"массы" вновь сформированного кластера.

8. Исключение кластера с большим
номером из множества кластеров.

9. Уменьшение номеров кластеров,
начиная со следующего после объединен-
ного на единицу. Уменьшение общего
числа кластеров: $NR_k = NR_k - 1$.

10. $k = k - 1$. Если $k > 1$ (количество
кластеров больше одного), то переход к
п.3.

Результатом работы данного алгоритма
является последовательность значений
минимальных расстояний между класте-
рами при различном их количестве, обра-
зуемом последовательно из множества ис-
ходных элементов.

Очевидно, что для множества сечений
волокон, состоящего из нескольких ком-
пактных подмножеств, последователь-
ность минимальных расстояний между
формируемыми кластерами должна обла-
дать следующими свойствами. На первых
этапах работы алгоритма в каждый из кла-
стеров будут входить элементы, принад-
лежащие одному и тому же компактному
подмножеству. Поэтому минимальное рас-
стояние между кластерами будет нарастать
монотонно и достаточно медленно. Это
будет продолжаться до тех пор, пока мно-
жество элементов не разделится на класте-
ры, равные компактным подмножествам
исходного множества элементов. Когда это

3. Вычисление расстояний между
центрами "массы" кластеров:

произойдет, минимальным будет уже рас-
стояние между центрами "масс" ближай-
ших компактных множеств, которое суще-
ственно больше расстояния между элемен-
тами внутри компактных подмножеств.
Поэтому в последовательности минималь-
ных расстояний произойдет скачкообраз-
ное увеличение минимальных расстояний.
Тем самым по числу кластеров на данном
шаге алгоритма может быть обнаружено
количество компактных множеств, их со-
став (входящие в него элементы) и откры-
вается возможность автоматизированного
разделения множества элементов на ком-
пактные подмножества с последующей
оценкой всех представляющих интерес ха-
рактеристик.

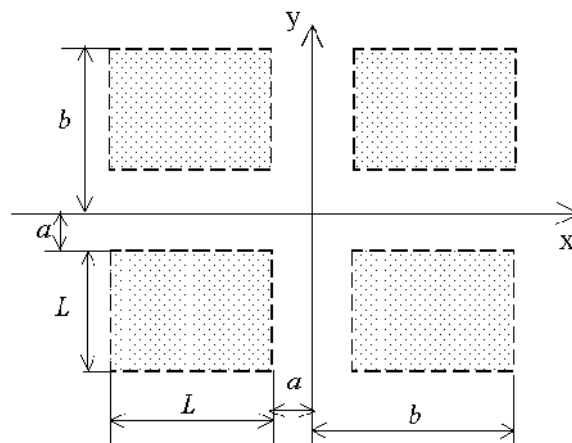


Рис. 2

Эффективность алгоритма была прове-
рена на модельных множествах (рис. 2 –
проверка эффективности алгоритма на мо-
дельных множествах). Заштрихованные
прямоугольники заполняются случайным
образом расположенными точками (эле-
ментами) и образуют компактные под-
множества множества точек. Число точек в
каждом из подмножеств одинаково, общее
число точек равно N . При отрицательных
значениях a прямоугольные подмножества

налагаются друг на друга. В этом случае компактные подмножества неразделимы и все множество элементов образует одно компактное подмножество. Для проверки работы алгоритма были получены последовательности расстояний между класте-

рами при различных значениях отношения $a = Lx / X$. Результаты моделирования отображены на графике (рис. 3 – зависимость расстояний R_{ij} между кластерами от числа кластеров NR_k).

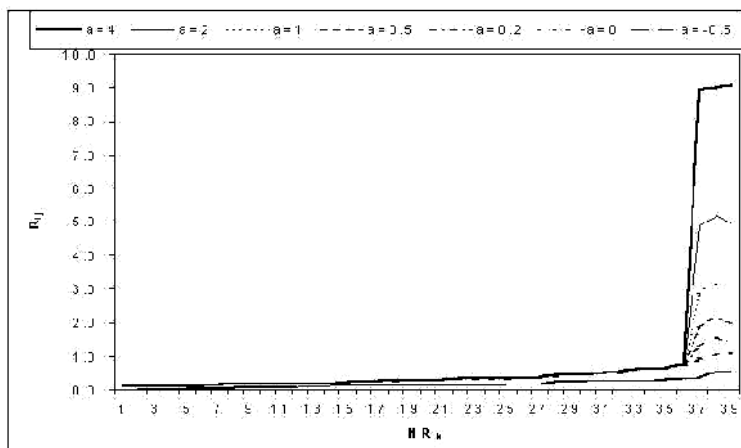


Рис. 3

Результаты моделирования показали, что пока число кластеров не снижается до четырех, минимальные расстояния между кластерами остаются практически одинаковыми, независимо от значений параметра a . Когда же точки объединяются в четыре кластера в соответствии с компактными подмножествами, то расстояние между кластерами скачкообразно увеличивается. Величина скачка зависит от параметра a : с его уменьшением минимальное расстояние также уменьшается. Для пересекающихся подмножеств, когда параметр a принимает отрицательные значения, скачкообразные изменения расстояния между кластерами отсутствуют, что является признаком слияния компактных подмножеств в одно множество элементов.

ВЫВОДЫ

1. Предложен новый критерий оценки эффективности смешивания разнородных волокон на основе кластерного анализа данных. Разработаны алгоритм и компью-

терная программа, позволяющие автоматизировать применение этого метода.

2. Разработанный кластер-критерий позволяет оценить группируемость волокон компонентов в поперечном сечении пряжи, расстояния между волокнами и группами волокон компонентов.

3. Анализ результатов пробного применения кластер-критерия показал адекватность его использования для автоматизированного контроля качества пряжи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Винтер Ю.М. Прогнозирование и оценка эффективности процессов смешивания в прядении. Дис. ... докт. техн. наук. – М.: ЦНИИЛВ, 1981.
2. Рашикован И.Г. Методы оценки распределения волокон по поперечным сечениям пряжи. – М.: Легкая индустрия, 1970.
4. Дюран Б., Оддел П. Кластерный анализ. – М.: Статистика, 1977.

Рекомендована кафедрой информационных технологий и систем автоматизированного проектирования. Поступила 09.03.11.