

УДК 677.022:519.8

## СИНГУЛЯРНЫЙ СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НЕРАВНОМЕРНОСТИ СТРУКТУРЫ ТКАНЫХ ПОЛОТЕН

*П.А. СЕВОСТЬЯНОВ, Е.А. БАЛАНДИН, Т.С. БУТЕНКО*

(Московский государственный текстильный университет им. А.Н.Косыгина)  
E-mail: office@msta.ac.ru

*Предложена методика анализа структуры образцов однослойных тканых полотен по их цифровым изображениям с использованием сингулярного спектрального анализа (ССА), адаптированного к особенностям изучаемого двумерного поля данных.*

*The analysis technique of the structure of single-layer woven canvases samples by their digital images using the singular spectral analysis (SSA), adapted for the features of the studied two-dimensional data field, is offered.*

**Ключевые слова:** неравномерность расположения основных и уточных нитей, сингулярный спектральный анализ, структура образцов, цифровое изображение, методика анализа.

Проблема анализа причин и оценки неравномерности расположения основных и уточных нитей (НРН) в ткани актуальна при выработке как тканей технического назначения (например, для сит, фильтров, матриц композитов), так и бытового назначения: занавесей, сорочек и т.п. Специфика проблемы связана с необходимостью анализа двумерного поля неровноты, заведомо имеющего периодические составляющие (раппорт полотна и перекрытия двух систем нитей) и локальные отклонения от естественной декартовой системы

координат. Некоторые подходы, основанные на применении скользящих оценок и гармоническом анализе, рассмотрены в [1], [2]. Первый из них пока не получил распространения на двумерные поля НРН, второй предполагает однородность неровноты, что ограничивает его возможности. На рис.1 приведены цифровые изображения двух образцов (1 и 2) полотен, полученные с помощью цифрового микроскопа с увеличением 200× (768×1024 пикс. и 485×463 пикс. соответственно).

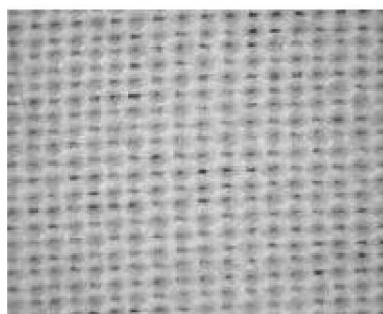
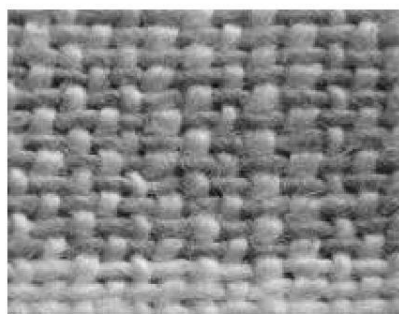


Рис. 1

Специфические особенности изображений: нити не прямолинейны; углы между нитями не прямые; толщина нитей и интервалы между нити варьируют случайным образом; окраска, деформация, ворсистость нитей неоднородны.

Для анализа нестационарных сигналов сложной структуры последние годы используется сингулярный спектральный анализ (ССА) [3...5]. Его применяют для исследования структуры одно- или многоканальных потоков одномерных данных. ССА включает следующие этапы: 1) преобразование вектора одномерных данных в матрицу многомерных данных с использованием специального скользящего преобразования ("гусеницы"); 2) использование метода главных компонент для выделения основных составляющих; 3) анализ структуры главных компонент и их вклада в

анализируемые данные; 4) полное или частичное восстановление исходных данных по выбранному подмножеству главных компонент.

В рассматриваемой задаче анализируется двумерный набор данных – матрица, описывающая структуру цифрового изображения прямоугольного фрагмента ткани. Например, при использовании RGB – кодировки – это матрица значений одного из базовых цветов изображения. Поэтому ССА дополнен начальным этапом: преобразованием матрицы в одномерный поток данных – путем последовательной конкатенации столбцов матрицы в один вектор. Поскольку получаемые в процессе ССА матрицы и векторы насчитывают десятки и сотни тысяч элементов, на приводимых ниже графиках отображены лишь фрагменты вычисляемых характеристик.

Таблица 1

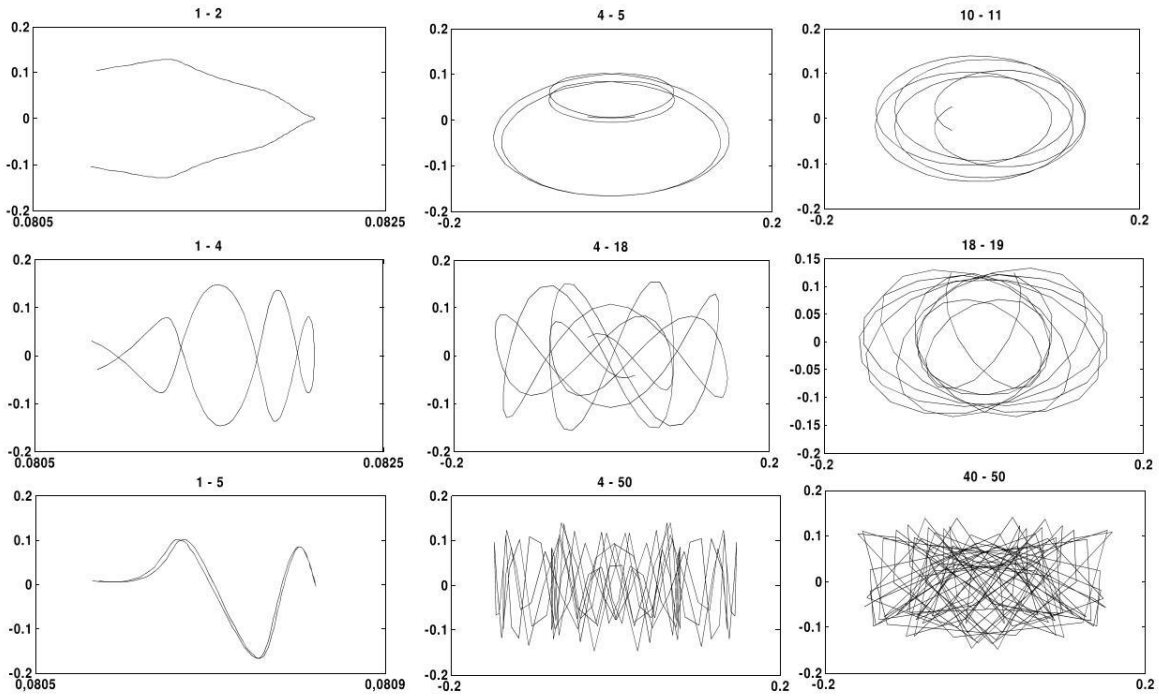
№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Тк,1	93,924	1,258	0,572	0,524	0,522	0,461	0,397	0,363	0,262	0,239
Тк,2	98,849	0,311	0,296	0,058	0,039	0,036	0,036	0,036	0,034	0,034

В табл. 1 приведены первые 10 собственных значений, полученные с помощью ССА для рассматриваемых образцов ткани. Они показывают, что большая часть вариабельности рассматриваемых наборов данных (свыше 90%) описывается 1-м главным компонентом, причем у второго образца эта доля заметно выше (98,8 против 94%).

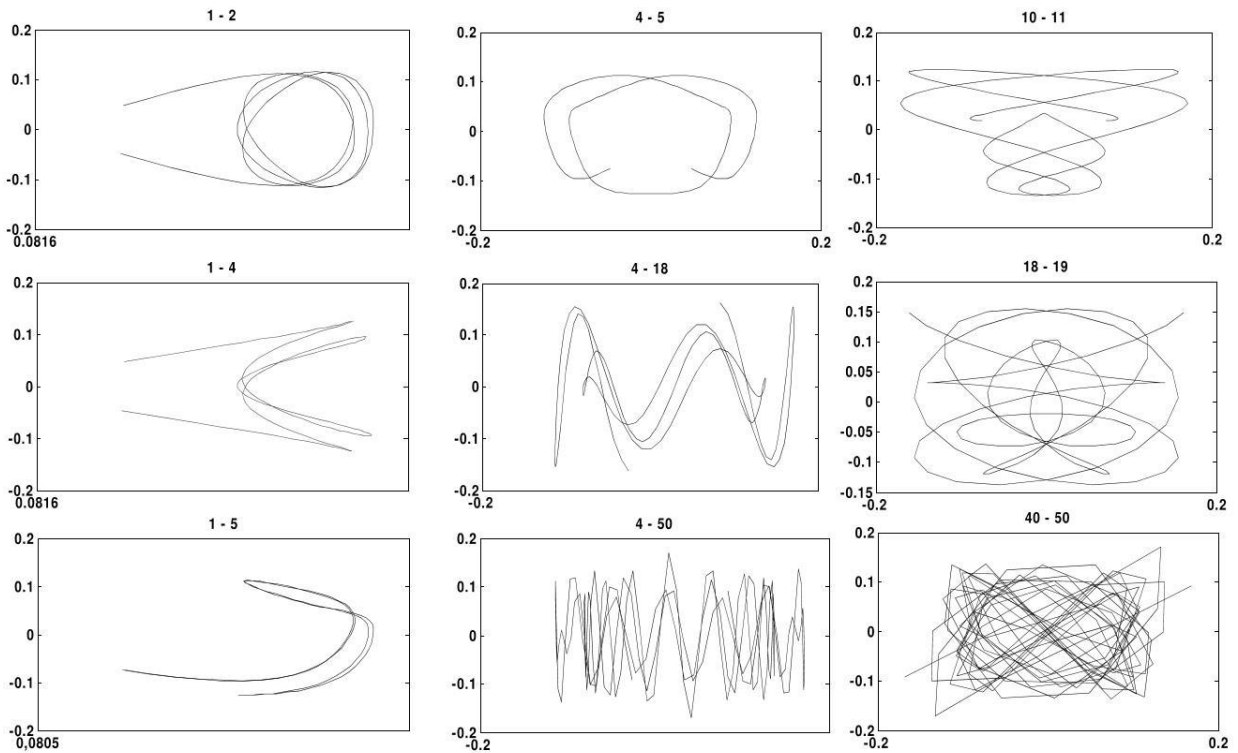
Присутствие в спектре практически одинаковых значений (например, четвертого и пятого компонентов первого образца) говорит о наличии среди главных компонент периодических составляющих. Это подтверждается фазовыми портретами пар компонентов. Примеры таких портре-

тов приведены на рис.2-а для первого и на рис. 2-б для второго образца ткани. Над портретами указаны номера пар компонентов, которым принадлежит соответствующий портрет. Интерпретация портретов аналогична той, которую дают известным из теории колебаний фигурам Лиссажу.

Как следует из приведенных примеров фазовых портретов, первые номера главных компонент содержат явно выраженные периодические составляющие, тогда как компоненты с большими номерами и малым долевым участием собственных значений варьируют хаотическим образом.



а)

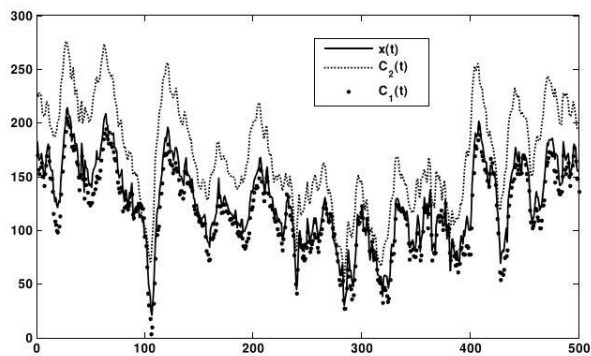


б)

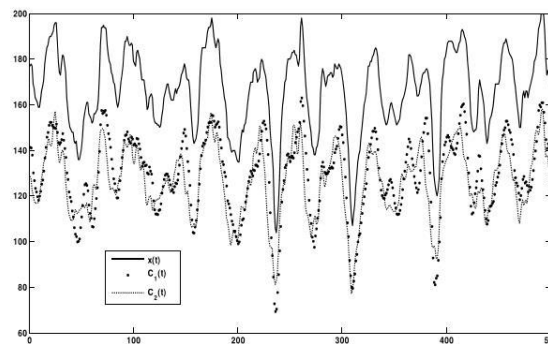
Рис. 2

На рис. 3-а и б приведены фрагменты реализаций  $x(t)$  исходных данных и их составляющие  $C_1(t)$  и  $C_2(t)$ , восстановленные

по первым двум главным компонентам ССА.



а)



б)

Рис. 3

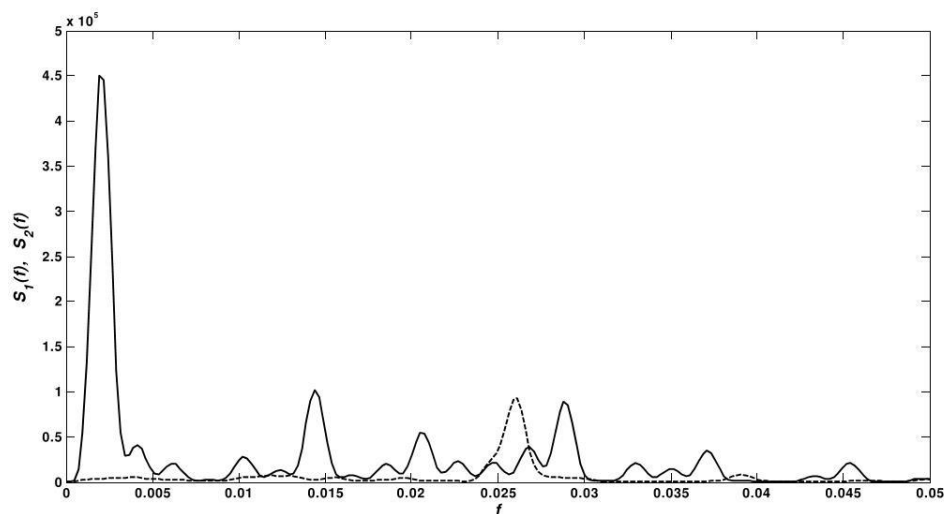


Рис. 4

Рисунки подтверждают, что значительная доля вариабельности данных совпадает с первыми главными компонентами, оставляя на остальные лишь случайные составляющие и постоянный средний уровень. Для сравнения информативности ССА и гармонического спектрального анализа на рис.4 приведены графики спектральной плотности дисперсии (СПД) потоков данных для рассматриваемых образцов. Видно, что СПД образцов существенно отличаются друг от друга, то есть СПД может быть использована как мера структурных особенностей образца ткани. Однако анализ ряда образцов показал, что устойчивость этой меры к изменениям в ее оценке вследствие перекосов и непрямолинейной направленности нитей в образцах сказывается заметно ниже, чем на оценках, получаемых с помощью ССА.

## ВЫВОДЫ

Предложена методика анализа структуры образцов однослойных тканых полотен по их цифровым изображениям с использованием сингулярного спектрального анализа, адаптированного к особенностям изучаемого двумерного поля данных. Показано, что использование ССА позволяет идентифицировать образцы, анализировать особенности структуры, диагностировать нарушения в этой структуре. Установлено, что ССА дает значительно больший объем информации о структуре исследуемого поля данных по сравнению с традиционной СПД при более высокой устойчивости к искажениям, вносимым несовершенством анализируемых образцов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Севостьянов П.А. Методы оценки и измерения неравномерности расположения нитей в ткани. Дис. ...канд. техн. наук. – М.: МТИ, 1973.
  2. Баландин Е.А., Севостьянов П.А. Спектральная плотность дисперсии расположения уточных нитей в ткани // Сб. научн. тр. аспирантов. Вып.14. – М.: МГТУ им. А.Н. Косыгина, 2008. С.89...95.
  3. Белонин М.Д., Голубева В.А., Скублов Г.Т. Факторный анализ в геологии. – М.: Недра, 1982.
  4. Голяндина Н.Э. Метод "Гусеница" - SSA: анализ временных рядов: Учеб. пособие. – СПб., 2004.
  5. Данилов Д.Л. Метод главных компонент для обработки многомерных полей // В сб.: Главные компоненты временных рядов: метод "Гусеница" / Под ред. Д.Л. Данилова и А.А. Жиглявского. – СПб.: СПбУ, 1997.
- Рекомендована кафедрой информационных технологий и систем автоматизированного проектирования. Поступила 09.04.10.
-