

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ СИСТЕМА АППРОКСИМАТИВНОГО КОРРЕЛЯЦИОННО- СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Прохоров С.А., Шевченко Д.В.

Автоматизированная система аппроксимативного корреляционно-спектрального анализа позволяет решать задачи генерации эквидистантных и неэквидистантных векторных случайных процессов (ВСП), аппроксимации КФ ВСП, а также оценку спектральной плотности мощности ВСП.

Общая структура системы

Структурная схема автоматизированной учебно-исследовательской системы представлена на рисунке 1 и содержит следующие подсистемы:

- задания входных воздействий;
- генерирования НВР;
- первичной и вторичной статистической обработки;
- аппроксимативного анализа;
- спектрального анализа.

Подсистема задания входных воздействий состоит из двух частей: генерирование псевдослучайной последовательности (ПСП) по определенному алгоритму и ввод данных из файла.

Генерирование ПСП осуществляется по алгоритму, который работает следующим образом:

- 1) с использованием датчика случайных чисел генерируется ПСП с равномерным законом распределения в интервале $[0, 1]$;
- 2) полученные данные фильтруются с учетом параметров, задаваемых пользователем.

Таким образом, данные могут генерироваться в самой программе, а также могут быть введены извне как результат эксперимента или сгенерированы в другой программе и переданы в систему через файл.

Данные, получаемые в первой подсистеме, поступают на вход подсистемы генерирования НВР, а также на вход подсистемы первичной статистической обработки. В обоих случаях передается объем выборки N , интервал дискретизации Δt_0 и массив отсчетов ВСП.

Подсистема генерирования НВР включает в себя следующие способы получения НВР: метод p -преобразования, дискретизация с “дрожанием”, дискретизация с “дрожанием” и пропусками наблюдений, аддитивная случайная дискретизация (АДС), АДС с пропусками наблюдений, АДС с

“дрожанием” и пропусками наблюдений, адаптивно-временная дискретизация.

Данные в эту подсистему попадают из подсистемы задания входных воздействий. А на выход поступают два массива: массив времен (меток времени) и массив соответствующих им отсчетов ВСП, а также объем выборки N и интервал дискретизации Δt_0 .

Подсистема первичной статистической обработки включает в себя оценку числовых характеристик, центрирование и нормирование ВСП и оценку КФ. В данную подсистему передаются массивы меток времени и соответствующих им отсчетов ВСП, объем выборки N и интервал дискретизации Δt_0 . В ходе работы данной подсистемы производится оценка компонентов вектора среднего переноса (вектора математического ожидания), инвариантов тензора (J_1, χ, Y), далее входной ВСП центрируется и нормируется, а затем производится оценка автокорреляционной функции. Выходными данными данной подсистемы являются количество отсчетов КФ, интервал дискретизации Δt_0 и массив отсчетов КФ. Эти данные поступают на вход подсистемы аппроксимации КФ.

Подсистема аппроксимативного анализа позволяет аппроксимировать КФ ортогональными функциями Лагерра.

На вход подсистемы аппроксимативного анализа поступают отсчеты КФ и количество членов разложения ряда. Используя переданные значения, в данной подсистеме вычисляются неизвестные параметры аппроксимирующих выражений, квадратическая и среднеквадратическая погрешность аппроксимации. Найденные численные значения параметров моделей корреляционных функций позволяют легко по известным формулам находить интервалы корреляции, моментные характеристики, спектральную плотность мощности, широко применяемые в приложениях.

В **подсистеме спектрального анализа** производится оценка спектральной плотности мощности (СПМ) ВСП по результатам аппроксимации КФ ВСП, а также оценка обобщенных спектральных характеристик ВСП, таких как эквивалентная ширина спектра мощности процесса, частота, соответствующая максимуму СПМ.

Благодаря такому блочному построению структуры программы в систему можно добавлять новые возможности, не видоизменяя ее принципиально.

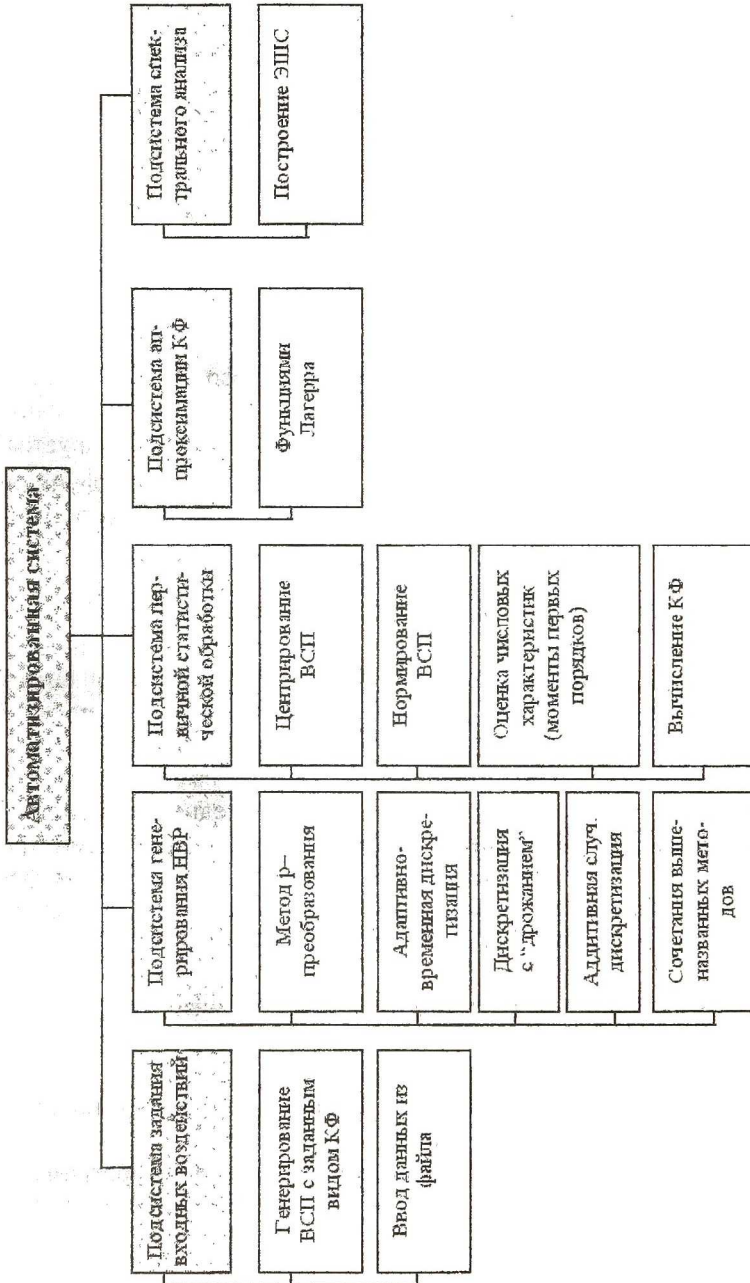


Рис. 1 — Структура автоматизированной системы

Благодаря такому блочному построению структуры программы в систему можно добавлять новые возможности, не видоизменяя ее принципиально.

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

Начало работы

При запуске программы на экране появляется форма, изображенная на рисунке 2. Здесь, в первую очередь, следует выбрать тип дискретизации ВСП (регулярная или нерегулярная) и нажать кнопку “Новый” для генерирования случайного процесса. Или же нажать кнопку “Открыть” и выбрать необходимый вам файл с данными.

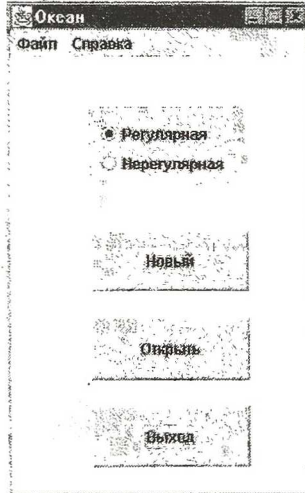


Рис. 2 – Вид формы начала работы в системе

Генерирование ВСП

На рисунке 3 можно увидеть вид формы генерирования ВСП при регулярной дискретизации. Эта форма появляется на экране после того, как пользователь выберет регулярную дискретизацию в форме начала работы в системе.

Основными элементами формы расчета КФ при регулярной дискретизации ВСП являются:

- панель главного меню;
- кнопки движения по программе;
- панель данных, состоящая из трех закладок:
 - закладка с таблицами, которые содержат отсчеты КФ или ВСП;
 - закладка с параметрами;
 - закладка с результатами.
- панель действий, содержащая кнопку “Генерировать” и выбор КФ или ВСП.

Перечислим функции, которые выполняют нижеследующие пункты главного меню:

Файл – сохранение и загрузка данных модуля скорости и направлений, как отдельными массивами, так и общим файлом, настройка параметров печати, завершение работы с программой (рисунок 3).

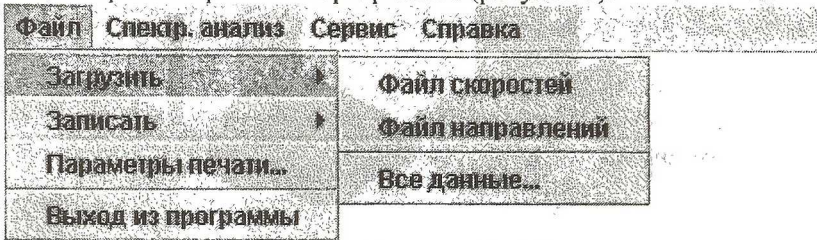


Рис. 3 – Вид меню “Файл”

Аппроксимация – выбор способа аппроксимации (ортогональными функциями Лагерра);

Спектральный анализ – позволяет производить оценку спектральной плотности мощности ВСП.

Сервис – настройка внешнего вида программы и особые установки.

Справка – получение справки о программе.

Панель данных состоит из трех закладок, каждая из которых содержит информацию, сгруппированную по виду.

Вкладка “Таблицы” служит для ввода и хранения отсчетов ВСП или отсчетов КФ. Это зависит от того, в каком положении находится переключатель. Отсчеты КФ (или ВСП) хранятся в таблице на панели данных (рисунок 4). Данные в эту таблицу заносятся автоматически после того, как выбран вид КФ и смоделирован ВСП. В этом случае график КФ (или ВСП) строится автоматически. При желании пользователь может вручную задать значения отсчетов.

На вкладке “Параметры” есть ряд параметров, которые устанавливаются пользователем и позволяют “управлять” процессом генерирования ВСП или КФ.

Вкладка “Результаты” отображает результаты генерирования ВСП и содержит значения компонентов вектора среднего переноса и инвариантов тензора.

Для того, чтобы сгенерировать ВСП и/или КФ нужно ввести значения ВСП и КФ на вкладке “Параметры”, установить переключатель “Рассчитать КФ/Рассчитать ВСП” и нажать на кнопку “Генерировать” Результаты генерирования можно посмотреть на вкладке “Результаты”, а график КФ или ВСП отобразиться на Графической панели. Используя правую клавишу можно в выпадающем меню установить требуемый вид графика (рисунок 5).

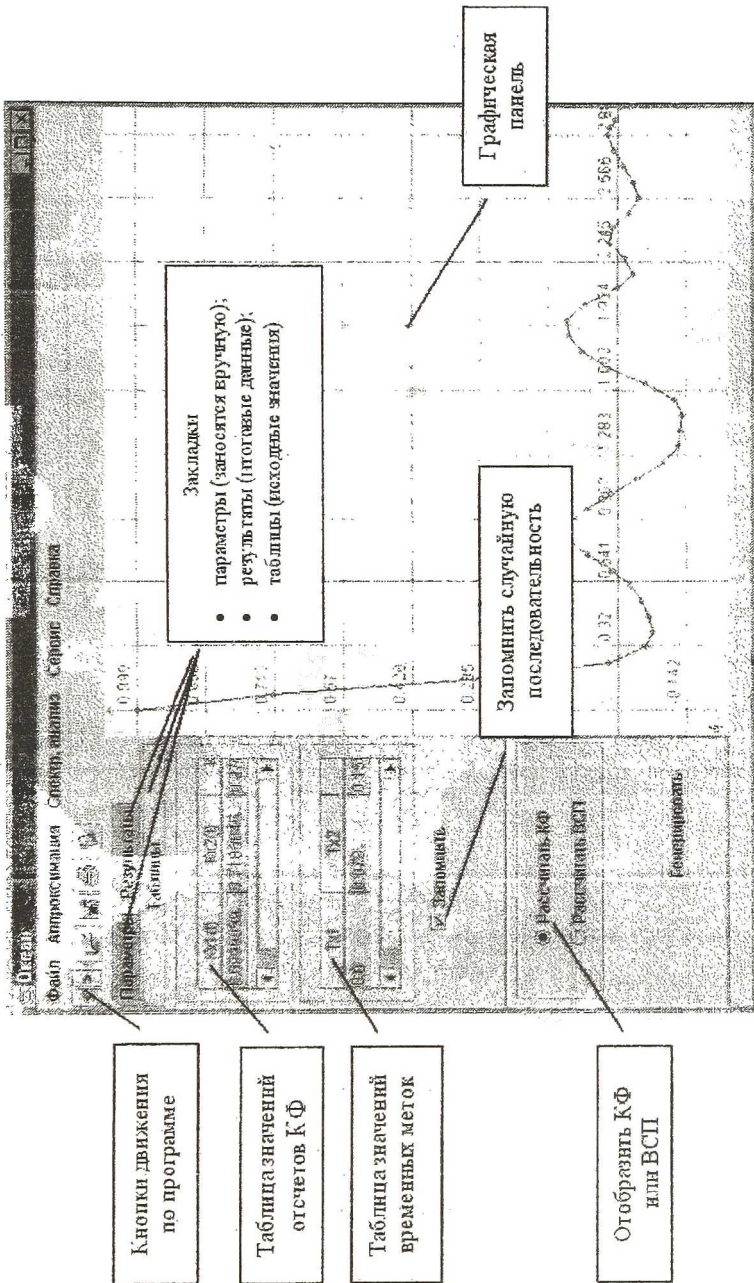


Рис. 4 – Вид формы генерирования ВСП

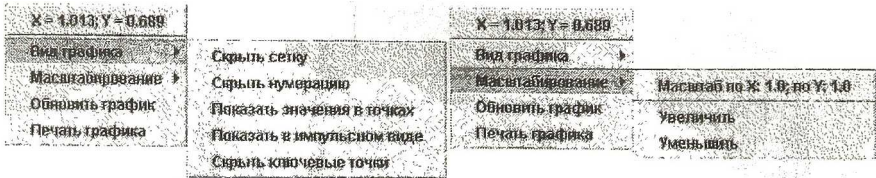


Рис. 5 – Выпадающее меню на Графической панели

Генерирование НВР

Если пользователь выберет нерегулярную дискретизацию в форме начала работы в системе, то программа предложит ему провести формирование ВСП, используя такие методы генерации НВР:

- r -преобразование;
- дискретизация с “дрожанием”;
- дискретизация с “дрожанием” и пропусками наблюдений;
- аддитивная случайная дискретизация (АСД);
- АСД с “дрожанием”;
- АСД с “дрожанием” и пропусками наблюдений;
- адаптивно-временная дискретизация.

В главном меню появляется новый пункт меню, представленный на рисунке 6.

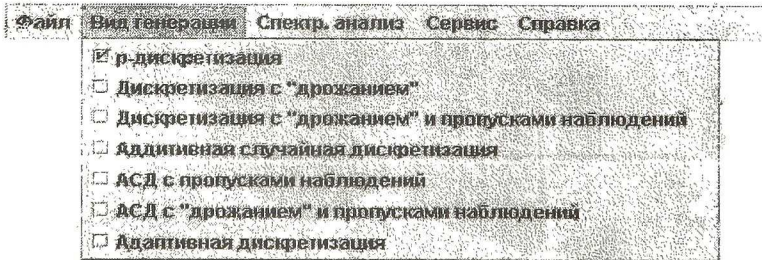


Рис. 6 – Пункт меню “Вид генерации”

На закладке “Параметры” появляются новые поля, необходимые для конкретного вида генерирования НВР.

Аппроксимация КФ ортогональными функциями Лагерра

После получения массива отсчетов КФ, производится ее аппроксимация. Форму для аппроксимации КФ ортогональными функциями Лагерра можно вызвать из пункта “Аппроксимация”/“Ортог. функциями Лагерра” главного меню в основной форме. Общий вид формы аппроксимации КФ ортогональными функциями Лагерра представлен на рисунке 7.

Для проведения аппроксимации необходимо вычислить параметр α функции Лагерра, либо ввести его вручную. Для этого требуется задать начальное приближение параметра α , которое необходимо для реализации

расчета методом Ньютона, точность вычисления этого параметра (по умолчанию она равна 0.001) и выбрать один из методов численного интегрирования (метод Симпсона или прямоугольников). После этого, нажав кнопку “Поиск альфа”, получим значение вычисленного параметра на вкладке “Параметры” в поле “Параметр альфа”.

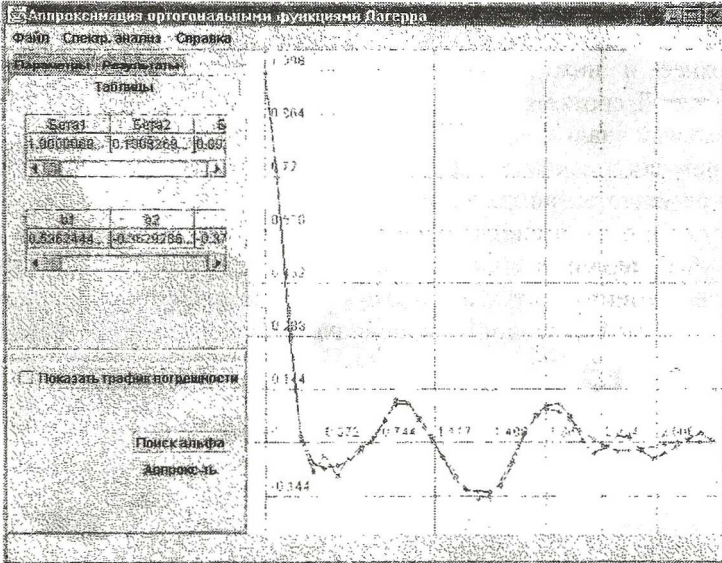
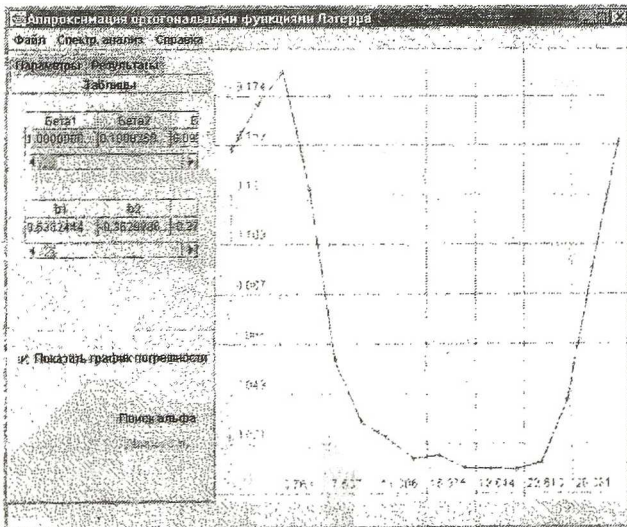
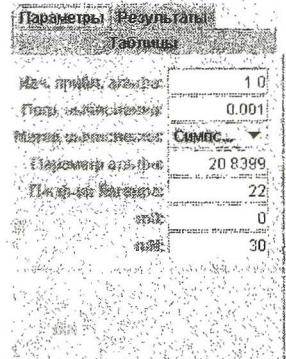


Рис. 7 – Вид формы аппроксимации ортогональными функциями Лагерра



а)



б)

Рис. 8 – Зависимость квадратической погрешности от порядка функции Лагерра

После того, как параметр α будет определен, требуется установить порядок аппроксимирующей функции Лагерра m . Необходимо учесть, что m изменяется в диапазоне от 0 до количества отсчетов КФ.

Одним из способов автоматического определения значения m является возможность вычисления минимального значения квадратической погрешности, путем построения зависимости погрешности от m (рисунок 8 а). Верхнее и нижнее значение параметра m задается на вкладке "Параметры", соответственно, m_0 и m_N (рисунок 8 б).

Спектральный анализ

Последним логическим этапом в программе является спектральный анализ. По результатам аппроксимации ортогональными функциями Лагерра производится оценка спектральной плотности мощности (СПМ), а также оценка обобщающих спектральных характеристик ВСП, таких как эквивалентная ширина спектра мощности процесса, частота, соответствующая максимуму СПМ. Внешний вид основной формы спектрального анализа представлен на рисунке 9.

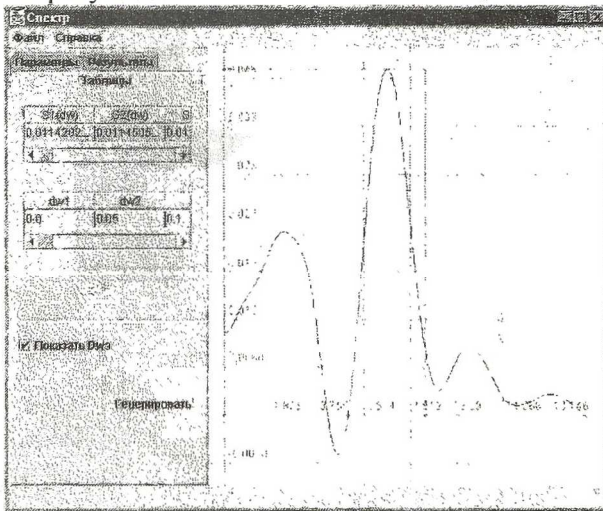


Рис. 9 – Вид формы спектрального анализа

Данная автоматизированная система позволит произвести обработку статистических данных, полученных исследователями в ходе океанологических экспедиций, а также поможет учащимся ознакомиться с основами математической статистики и теорией векторных случайных процессов на примере конкретных векторных случайных процессов.

Список использованных источников

1. Прохоров С.А. Прикладной анализ нежвидистантных временных рядов Самарский государственный аэрокосмический университет, 2001. 375 с.: ил.