

МОДИФИКАЦИЯ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА АС ДРМ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОБРАБОТКЕ ГЕО- И ГЕЛИОФИЗИЧЕСКИХ ДАННЫХ

С.Г. Валеев, В.А. Фасхутдинова

ГОУ ВПО «Ульяновский государственный технический университет», г. Ульяновск

Рецензент Н.П. Пучков

Ключевые слова и фразы: временные гео- и гелиофизические ряды; динамическое регрессионное моделирование; информационные технологии; кросс-спектральный анализ; программное обеспечение; фильтр Калмана.

Аннотация: Рассмотрены информационно-компьютерные технологии математической обработки гео- и гелиофизических временных рядов, представленные в виде пакета «Автоматизированная система динамического регрессионного моделирования» (АС ДРМ). Математическим обеспечением комплекса программ АС ДРМ является ДРМ-подход, позволяющий повысить степень адекватности математических моделей наблюдаемым данным. Описываются интегрированные в комплекс программные модули совместного спектрального анализа и фильтрации Калмана, расширяющие функциональное наполнение АС ДРМ с целью совместного анализа временных рядов и повышения точности их моделей предсказания.

Введение. Важными этапами при решении задач астрометрии и небесной механики являются моделирование динамики гео- и гелиофизических характеристик и выявление возможных статистических зависимостей между рядами. Для прецизионной обработки и анализа временных рядов (ВР) в работе [1] был предложен подход адаптивного динамического регрессионного моделирования (ДРМ-подход), предусматривающий оценивание качества построенных моделей не только по внутренним, но и по внешним мерам качества, анализ степени выполнения условий регрессионного анализа и метода наименьших квадратов (РА-МНК) и применение адаптивных процедур в случае необходимости. Его использование позволяет повысить степень адекватности моделей исследуемых временных рядов.

Валеев С.Г. – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной математики и информатики УлГТУ; Фасхутдинова В.А. – аспирант, ассистент кафедры прикладной математики и информатики УлГТУ, г. Ульяновск.

Структура АС ДРМ. Пакет разработан в среде Borland Delphi 7.0 по технологии многодокументного приложения Windows с применением стандартного интерфейса взаимодействия, состоящего из различных графических компонентов: строка меню, панель инструментов, строка статуса; программных и диалоговых окон. Программный комплекс АС ДРМ состоит из интерфейсной, управляющей части и модулей, реализующих схемы вычислений.

Значительная часть документации об основных этапах анализа, моделирования и прогнозирования динамики ВР присутствует в электронном справочнике пакета, использующем систему перекрестных ссылок. Комплекс предназначен для операционных систем Windows 9x/Me/2000/XP. Для успешного функционирования пакета необходим компьютер, совместимый с IBM PC/AT – Pentium II и выше, со скоростью процессора от 900 МГц, с объемом оперативной памяти 256 Мб и наличием не менее 256 Мб свободного места на жестком диске.

Модуль «Совместный спектральный анализ» [3]. Совместный спектральный анализ предназначен для изучения взаимосвязей между гармониками двух временных рядов. Модуль запускается из строки меню программы: «Совместная обработка» → «Кросс-спектральный анализ» или из панели инструментов – кнопка «ССА».

Модуль «Совместный спектральный анализ» осуществляет:

- проведение спектрального анализа выбранных факторов (построение всех его составляющих: кросс-периодограммы, коспектра, квадратурного спектра, кросс-амплитуды, фазового спектра, квадрата когерентности и усиления);

- отображение графиков зависимости спектральных характеристик от частоты и периода;

- формирование данных по составляющим спектрального анализа от частоты и периода.

В верхнем окне модуля записываются имена анализируемых переменных. Далее выбирают тип шкалы, в зависимости от которого будет построен график (для периода или частоты). Можно выбрать нормировку – коэффициент, на который умножаются полученные периоды (делятся частоты) в анализе. При нажатии на кнопку «Очистить» очищается окно выбранных параметров; по кнопке «Отмена» завершается работа модуля; по кнопке «Помощь» вызывается помощь пользователю. Кнопки «Периодограмма», «Коспектр», «Квадратурный спектр», «Кросс-амплитуда», «Фазовый спектр», «Квадрат когерентности», «Усиление» используются для завершения интерактивного ввода информации и выдачи полученных результатов.

Модуль использовался для построения кросс-периодограммы, коспектра и квадратурного спектра для рядов значений радиуса-вектора Северного полюса и барицентра системы Земля–Луна (рис.1). Обнаружено, что два данных ряда имеют общие значимые взаимозависимые гармоники с периодом 1 год.

Модуль «Фильтр Калмана». Фильтр Калмана представляет собой рекуррентный алгоритм взвешенного сглаживания и прогнозирования

временных рядов. Программная реализация алгоритма фильтрации осуществлена в виде отдельного модуля «Фильтр Калмана» автоматизированной системы АС ДРМ, запускаемого либо из строки меню («Моделирование» → «Фильтр Калмана»), либо с помощью кнопки на панели инструментов.

В верхнем окне модуля, в информационном поле записаны имена переменных, которые нужно выбрать для обработки. Запуск процедуры построения производится с помощью кнопки «ОК».

Рассматриваемый модуль использовался при построении комплексной модели геосейсмической активности, включающей квадратичный тренд. На каждом этапе обработки проводился детальный анализ остатков. По результатам спектрального и вейвлет-анализов остатков были выделены 6 значимых гармоник. После включения гармонической модели среднеквадратическая ошибка (СКО) составила 0,11. На следующем этапе

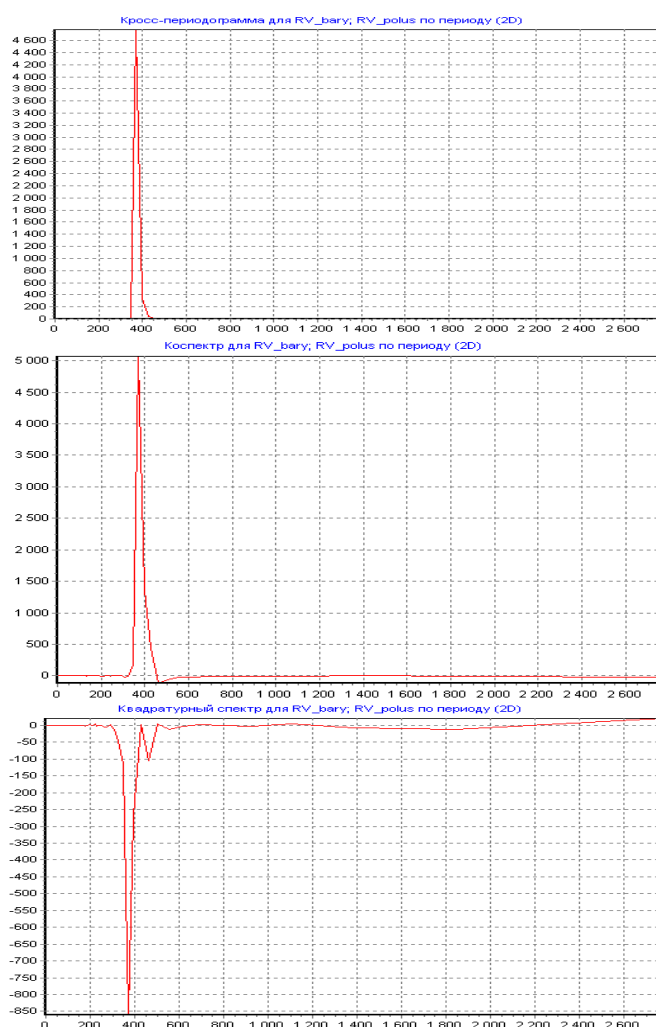


Рис. 1. Кросс-амплитуда, ко-спектр и квадратурный спектр радиус-вектора Северного полюса и барицентра системы Земля–Луна

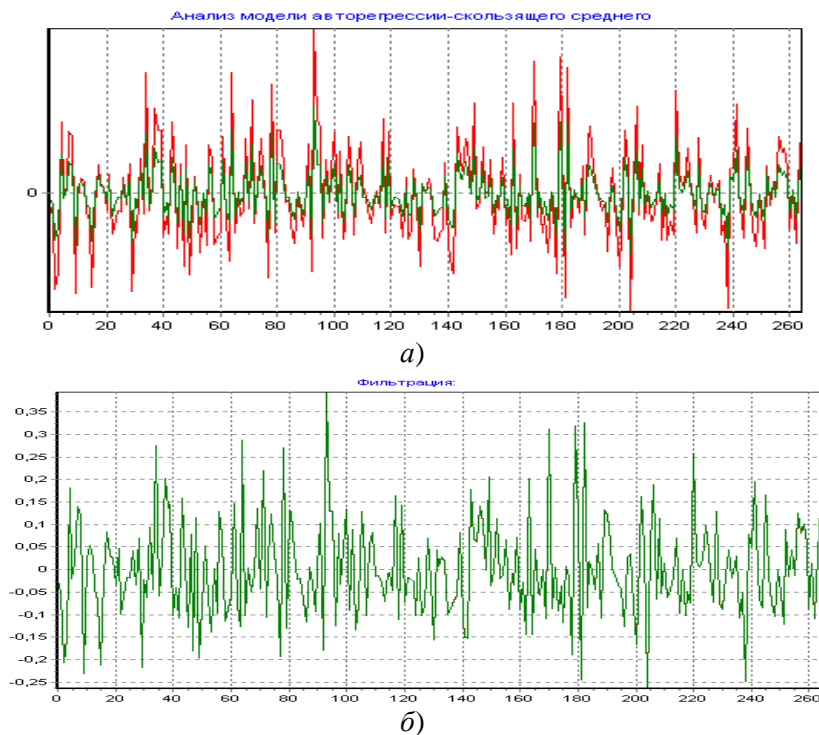


Рис. 2. Модели:

a – АРСС ряда магнитуды землетрясений;
б – фильтрации остатков ряда магнитуды землетрясений

альтернативно построена модель авторегрессии и скользящего среднего (АРСС), и применен фильтр Калмана. Для модели АРСС значение внешней СКО равно 0,105 (график АРСС-модели представлен на рис. 2, *a*). При применении фильтра Калмана к остаткам после гармонического анализа выделена модель (рис. 2, *б*) с внешней СКО 0,061.

Заключение. Программное обеспечение АС ДРМ с интегрированными модулями позволяет обрабатывать достаточно широкий круг ВР в гео-, гелиофизике [3, 4] и других областях, обеспечивая заметное повышение точности. Планируется дальнейшая модификация пакета АС ДРМ: реализация методов описания ВР при неравных промежутках времени и представления многомерных процессов, фильтрации, вейвлет-преобразований и др.

Работа выполняется по гранту РФФИ 08-02-01214.

Список литературы

1. Валеев, С.Г. Регрессионное моделирование при обработке наблюдений / С.Г. Валеев. – М. : Наука, 1991. – 272 с. (Валеев, С.Г. Регрессионное моделирование при обработке данных / С.Г. Валеев. – 2-е изд., доп. и перераб. – Казань : ФЭН, 2001. – 296 с.).
2. Валеев, С.Г. Программная реализация ДРМ-подхода для обработки и анализа временных рядов / С.Г. Валеев, С.В. Куркина // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2006. – № 5. – С. 10–21.

3. Валеев, С.Г. Кросс-спектральный анализ временных рядов / С.Г. Валеев, В.А. Фасхутдинова // Вестник УлГТУ. – 2006. – №4. – С. 30–32.

4. Валеев, С.Г. Статистические модели динамики сейсмической активности / С.Г. Валеев, В.А. Фасхутдинова // Сб. докладов IV междунар. конф. «Солнечно-земные связи и предвестники землетрясений». – Петропавловск-Камчатский, 2007. – С. 269–274.

Updating of Software Package AS DRM with Reference to the Geo- and Heliophysical Data Processing

S.G. Valeev, V.A. Faskhutdinova

Ulyanovsk State Technical University, Ulyanovsk

Key words and phrases: geo- and heliophysical time series; dynamic regression modeling; information technologies; cross-spectral analysis; the software; Kalman filter.

Abstract: The paper deals with information computer technology of mathematical treatment of geo- and heliophysical time series, represented as package “Automated system for dynamic regression modeling”. The mathematical support of program system is a DRM-approach, which allows raising the order of mathematical models adequacy to observable data. Integrated into the system programming modules of cross-spectral analysis and Kalman filter, expanding the functional filling of AS DRM with the purpose of time series joint analysis and precision increase of their models prediction are described.

© С.Г. Валеев, В.А. Фасхутдинова, 2008