

УДК 551.510:551.508

В.М. Логинов, Ю.А. Калуж

СИСТЕМА МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ

Приводится краткое описание и даются примеры применения программного комплекса «Система математического моделирования временных рядов» (СММВР), предназначенного для обработки, моделирования и экстраполяции данных долговременных наблюдений.

Математическое моделирование временных рядов, получаемых в результате наблюдения за природными процессами и явлениями, представляет собой важный этап в их изучении. Существует достаточно обширный перечень математических методов обработки временных рядов (см., например, [1–6]). Нами в [7–10] был предложен новый подход к моделированию временных рядов, основанный на идее динамических и (или) стохастических переключений между участками роста временного ряда и участками его убывания.

Этот подход позволяет с единых позиций проводить обработку и моделирование разнообразных временных рядов, и его можно использовать для создания автоматизированной системы моделирования временных рядов.

На базе методики, изложенной в [7–10], был разработан комплекс программных средств «Система математического моделирования временных рядов» (СММВР) [11], позволяющий проводить моделирование и экстраполяцию временных рядов практически в автоматическом режиме.

Автоматизированная система математического моделирования временных рядов представляет собой программный комплекс из 4 программ, объединенных единой оболочкой, с удобным пользовательским интерфейсом (рис. 1). С помощью комплекса программ производится моделирование временных рядов, получаемых в различных областях знания. Результатом решения задачи являются аналитические модели, с некоторой точностью описывающие поведение данного временного ряда на выделенных промежутках.

Программный комплекс предназначен для работы с IBM PC 386 и выше. Программы расчета, входящие в состав комплекса, выписаны на языке СИ, программа поддержки базы данных написана на языке CLIPPER 5.01. Комплекс СММВР может функционировать в среде MS-DOS и WINDOWS и реализует следующие функции: а) диалог с пользователем, б) интерфейс с БД, в) графическое отображение временного ряда на экране монитора, г) графическое отображение результатов моделирования и экстраполяции, д) численное отображение результатов расчета и полученных аналитических выражений.

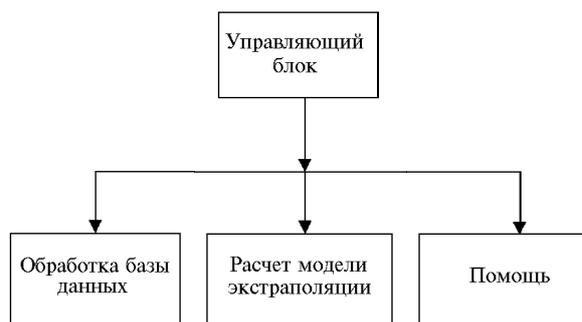


Рис. 1. Обобщенная блок-схема программного комплекса СММВР

Для обеспечения диалога с пользователем программа представляет следующие возможности:

- меню для выбора альтернативных действий,
- перечень запросов для выбора исходной информации и вида моделирующих функций,
- графическое отображение области моделирования,
- помощь по эксплуатации программы.

Система меню СММВР состоит из четырех пунктов (рис. 2):

1. БАЗА ДАННЫХ
2. МОДЕЛЬ
3. ПОМОЩЬ
4. ВЫХОД В ДОС

Пункт меню «БАЗА ДАННЫХ» поддерживает обработку баз данных в формате «dbf». Файлы, используемые комплексом программ, представляют собой бинарную систему координат точек (t, x) , отсортированную по возрастанию времени.

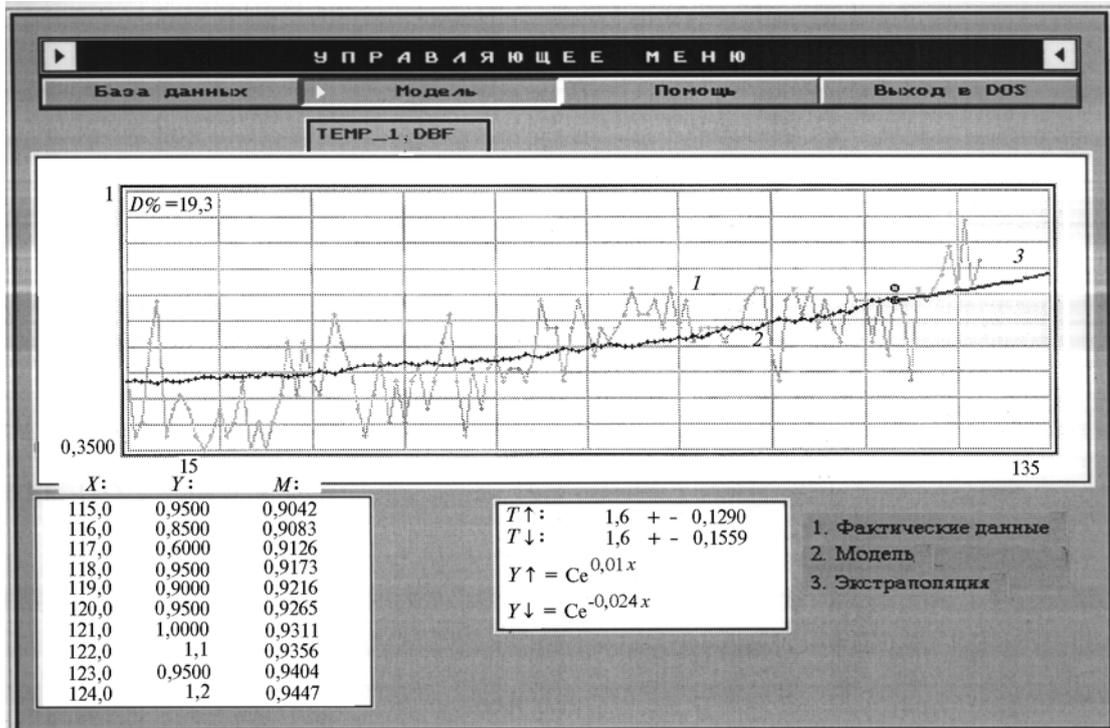
Пункт меню «МОДЕЛЬ» формирует окно с перечнем «dbf» файлов для построения и визуализации модели. При построении модели выбранного файла программа поддерживает интерактивный диалог с пользователем.

Предлагается следующий перечень вопросов:

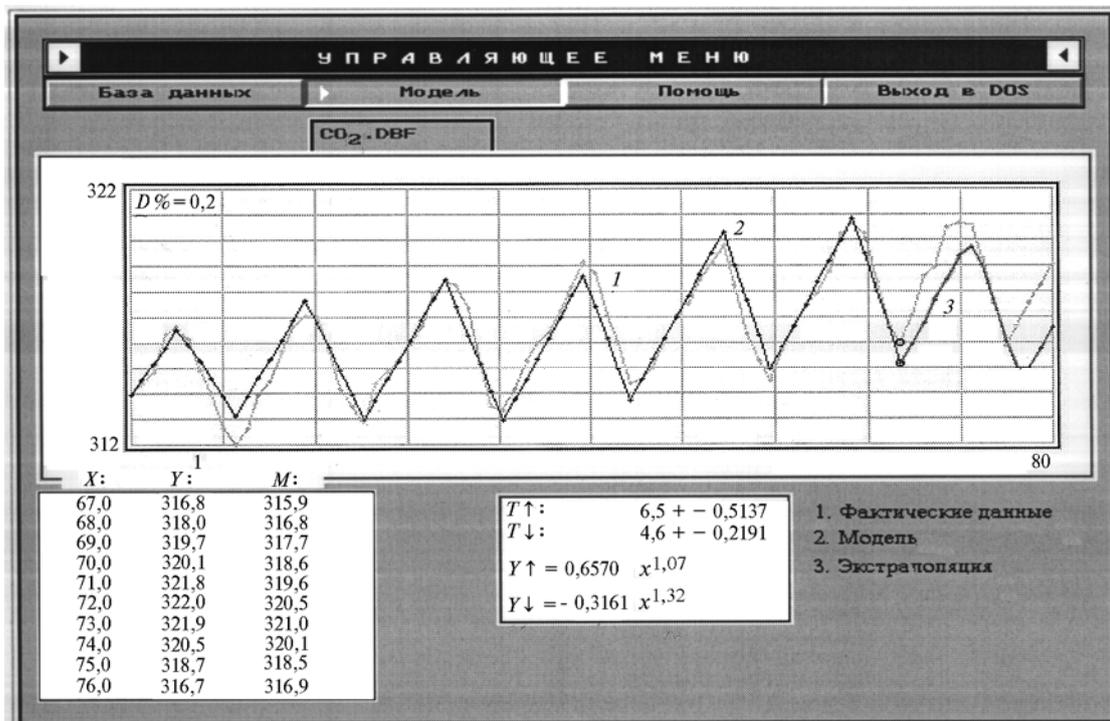
- *Моделирующая функция* – для выбора класса моделирующих функций. В качестве моделирующих функций выбраны степенная и экспоненциальная зависимости.

- **Регулярность** – процент отклонения от среднего периода, при котором функция считается периодической.
- **Сглаживание** – с помощью скользящего окна.

- **Начало участка моделирования** – первая точка, с которой будет начато построение модели.
- **Конец участка моделирования** – последняя точка, на которой заканчивается построение модели.



а



б

Рис. 2. Временной ряд «Глобальное изменение температуры» и его модель (а); временной ряд «Концентрация углекислого газа в атмосфере» и его модель (б): 1 – фактические данные; 2 – модель ВР; 3 – область экстраполяции, наложенная на участок с фактическими данными

По окончании расчета модели в левом нижнем углу формируется окно с фактическими и расчетными значениями моделируемого ряда, которые можно просмотреть с помощью клавиш управления курсором. В табличке справа приводятся значения рассчитанных параметров моделирующих функций $Y\uparrow$ для участков роста временного ряда и $Y\downarrow$ – для участков убывания, а также средние значения участков роста $T\uparrow$ и убывания $T\downarrow$ временного ряда (см. рис. 2).

Пункт меню «ПОМОЩЬ» позволяет просмотреть краткие пояснения по пользованию программой, и, наконец, пункт меню «ВЫХОД в ДОС» позволяет закончить работу с программой.

В [9] было приведено моделирование временных рядов, описывающих глобальное потепление климата в текущем столетии, рассматривались ВР «глобального изменения температуры» и «концентрации углекислого газа в атмосфере».

Приведем эти же ряды, обработанные СММВР, для наглядности расположив модель и экстраполяцию так, чтобы участок экстраполяции перекрывался фактическими данными (см. рис. 2).

На рис. 2,а приведены ряд глобального изменения средней температуры за 126 лет (последняя точка фактических данных относится к 1992 г.), его модель и экстраполяция с 115-го по 135-й годы (моделирующие функции $Y\uparrow = e^{0,01x}$ – для участков возрастания и $Y\downarrow = e^{-0,024x}$ – убывания). Рис. 2,б представляет экстраполяцию ряда, описывающего концентрацию углекислого газа в атмосфере за 80 мес (моделирующие функции $Y\uparrow = 0,657x^{1,07}$ – для участка возрастания, $Y\downarrow = -0,3161x^{1,32}$ – для участка убывания). Среднеквадратическое отклонение D , %, модели от

фактических данных, представленное в верхнем левом углу рабочего экрана программы (см. рис. 2), составляет 19,3% в первом случае и 0,2% – во втором. Из рис. 2 видно близкое совпадение экстраполирующей кривой с фактическими данными. Отклонение экстраполирующей кривой по своему значению близко к среднеквадратическому отклонению модели. Полученные функции $Y\uparrow(x)$ и $Y\downarrow(x)$ позволяют выписать нелинейное модельное дифференциальное уравнение первого порядка для переменной $x(t)$.

1. *Андерсон Т.* Статистический анализ временных рядов / Под ред. Ю.К. Беляева. М.: Мир, 1976. 745 с.
2. *Бокс Дж., Дженкинс Г.* Анализ временных рядов. Прогноз и управление / Под ред. В.Ф. Писаренко. М.: Мир, 1974. Вып. 1. 402 с.
3. *Бокс Дж., Дженкинс Г.* Анализ временных рядов. Прогноз и управление / Под ред. В.Ф. Писаренко. М.: Мир, 1974. Вып. 2. 200 с.
4. *Бриллинджер Д.* Временные ряды. Обработка данных и теория: Пер. с англ. М.: 1980. 524 с.
5. *Гренджер К., Хатанак М.* Спектральный анализ временных рядов в экономике / Под ред. В.В. Налимова. М.: Статистика, 1972. 312 с.
6. *Кендалл М., Стьюарт А.* Многомерный статистический анализ и временные ряды / Под ред. А.Н. Колмогорова, Ю.В. Прохорова. М.: Наука, 1976. 725 с.
7. *Loginov V.M.* // Modelling, Measurement & Control. 1995. V. 53. N 3. P. 57–63.
8. *Логинов В.М., Калуш Ю.А.* // Сибирский экологический журнал. 1995. Т. 2. N 3. С. 196–210.
9. *Логинов В.М., Калуш Ю.А.* // Оптика атмосферы и океана. 1996. Т. 9. N 5. С. 681–687.
10. *Логинов В.М., Калуш Ю.А.* // Труды IV международного симпозиума «Эксперимент Убсу-Нур». М.: Интеллект, 1996. С. 127–135.
11. *А.с. 970532.* Россия. Система математического моделирования временных рядов / В.М. Логинов, Ю.А. Калуш. 1997.

Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов СО РАН,
Кызыл

Поступила в редакцию
8 января 1998 г.

V.M. Loginov, Yu.A. Kalush. **System of Mathematical Modeling of Temporary Series.**

Short description of software – «System of Mathematical Modeling of Temporary Series» is given. The system is intended for processing, modeling and extrapolation of temporary series. Examples of application of the system are presented.