Предисловие

Математическое моделирование всеобъемлюще. Им занимаются математики и прикладники, профессионалы и любители, физики и вооруженные компьютерами лирики. Любая книга по точным наукам затрагивает математические модели некоторого круга объектов или явлений, более или менее специфические подходы к их построению и исследованию, или вопросы их приложений. Как и многие учебники с похожими названиями, первая часть нашей книги посвящена общим вопросам моделирования, а вторая отражает профессиональные пристрастия авторов – физиков, долгое время занимавшихся нелинейной динамикой и сосредоточившихся в последние годы на ее актуальном направлении – «реконструкции уравнений» по дискретным последовательностям экспериментальных данных (временным рядам). Под названием «идентификация систем» это направление давно развивается в рамках математической статистики и теории автоматических систем управления, а своими корнями уходит в задачу о замене (аппроксимации) набора экспериментальных точек на плоскости гладкой кривой или подходящей формулой. Благодаря современным компьютерам с большими объемами памяти и скоростями обработки данных, теперь речь идет о получении модельных систем нелинейных уравнений, об обработке сложных (даже хаотических) зашумленных сигналов, типичных для реальных объектов и ситуаций, о приложениях в различных областях человеческой деятельности – от экономики до медицины.

Книга посвящена моделированию процессов эволюции (движений, изменений во времени). Она рассчитана на читателя, нацеленного на использование техники эмпирического моделирования для решения практических задач. Поэтому в ней освещены проблемы и «технические» приемы моделирования по данным наблюдений, описаны возможные приложения, и даже представлен компьютерный практикум и отдельные обучающие программы, помещенные на сайт [347]. В книге затронуты и мировоззренческие вопросы, неизбежно возникающие при «занятиях моделированием». Содержание и стиль изложения материала сформировались в процессе научной деятельности и многолетнего чтения лекций по моделированию на факультете нелинейных процессов и физическом факультете Саратовского госуниверситета. Некоторые главы использовались при обучении будущих геологов, биологов, экономистов; планируется использование книги студентами факультета нано- и биомедицинских технологий.

Мы надеемся, что книга будет полезна широкой аудитории, поэтому ее материал имеет различный уровень сложности. Первые главы вполне доступны читателю, имеющему подготовку на уровне современной средней школы, но изложенная в ней информация о моделировании

вообще, мировозренческие вопросы и примеры современных динамических моделей, наверное, будут интересны и специалистам. Более формализованная вторая часть предназначена тем, кто намерен строить модели по временным рядам и использовать их для прогноза, проверки адекватности имеющихся представлений о динамике объекта, измерения величин, недоступных приборам, классификации сигналов, и т.д. В книге нет строгих доказательств, обсуждение математических результатов чаще ведется на уровне наглядных иллюстраций и пояснений, при необходимости даются ссылки на математические работы. Более полному освоению материала некоторых разделов должны помочь материалы, размещенные на сайтах нашей и других научных групп [339-350]. Представленный список литературы по вопросам моделирования не претендует на полноту; в него включены лишь некоторые из множества статей и монографий по проблеме. При его формировании мы часто отдавали предпочтение легко доступным изданиям, особенно если их тексты имеются в Интернете, на что также даны ссылки.

При подготовке книги использованы результаты исследований нашей научной группы «нелинейного динамического моделирования», объединяющей преподавателей, научных сотрудников, аспирантов и студентов Саратовского государственного университета и Саратовского филиала Института радиотехники и электроники РАН. Наши нынешние и бывшие коллеги Е.П. Селезнев, В.И. Пономаренко, М.Д. Прохоров, Т.В. Диканев, М.Б. Бодров, И.В. Сысоев, А.С. Караваев, В.В. Астахов, С.А. Астахов, А.В. Красков, А.Ю. Жалнин, В.С. Власкин – в той или иной степени соавторы этого издания. Мы признательны докторам физико-математических наук Н.Г. Макаренко, С.П. Кузнецову и А.Г. Рокаху за критическое чтение рукописи, полезные советы и замечания.

В заключение мы хотим поблагодарить чл.-корр. РАН Д.И. Трубецкова, к научной школе которого принадлежим, а также многих коллег, сотрудничество или общение с которыми способствовало формированию наших представлений по рассматриваемым проблемам: В.С. Анищенко, В.Н. Белых, О.Я. Бутковского, А.Ф. Голубенцева, Ю.А. Данилова, А.С. Дмитриева, М.В. Капранова, Ю.А. Кравцова, А.А. Кипчатова, А.П. Кузнецова, П.С. Ланду, Ю.Л. Майстренко, В.И. Некоркина, А.Н. Павлова, А.С. Пиковского, В.П. Пономаренко, А.Г. Рожнева, М.Г. Розенблюма, Д.А. Усанова, А.М. Фейгина, В.Д. Шалфеева, Н.Б. Янсон.

Подготовка книги осуществлена при поддержке Федеральной целевой программы «Интеграция». Исследования авторов, результаты которых вошли в книгу, поддержаны грантами Российского фонда фундаментальных исследований, Американского фонда гражданских исследований и развития (CRDF) для государств бывшего СССР,

Министерства образования РФ, Президента РФ и Фонда содействия отечественной науке.

Саратов, ноябрь 2005 г.

Часто используемые сокращения и обозначения

АЦП	аналого-цифровой преобразователь
ДС	динамическая система
ДУ	дифференциальное уравнение
ДУЗ	дифференциальное уравнение с запаздыванием
ИНС	искусственная нейронная сеть
ММП	метод максимального правдоподобия
МНК	метод наименьших квадратов
МП-оценки	оценки, полученные с помощью ММП
НК-оценки	оценки, полученные с помощью МНК
ОДУ	обыкновенное дифференциальное уравнение

$\mathbf{A}$	матрица (буквы прописные, полужирные)
$\mathbf{x}$	векторная величина (буквы строчные, полужирные)
x	скалярная величина (буквы строчные, курсив)
$\dot{x}$	производная величины x по времени (dx/dt)
$\hat{a}$	оценка величины a по выборке (по временному ряду)
$M[x]$	математическое ожидание величины x