

Через радикальные сомнения к лабиринту знаний

В. М. Трояновский, А. А. Запевалина

Национальный исследовательский университет «МИЭТ»

Обсуждаются проблемные ситуации, возникающие при практическом применении ряда математических построений на основе статистических методов. Рассмотрены примеры, демонстрирующие конструктивную роль сомнений в обеспечении перехода к результатам, обоснованным математически и верифицированным путем компьютерного моделирования. Констатируется, что на современном этапе развития науки и техники радикальные сомнения ведут к построению лабиринта знаний, включающего междисциплинарные взаимодействия, итерации, поиск выходов из тупиковых ситуаций.

Ключевые слова: радикальные сомнения; статистические методы; корреляционный анализ; отношение сигнал/шум; лабиринт знаний.

Радикальное сомнение и особое внимание к математике как к образцу для других наук называют отличительными чертами философии и творческого наследия Рене Декарта [1; 2; 3]. Ниже мы рассмотрим примеры в одной из прикладных ветвей современной математики — теории случайных процессов, — выросшей из классической статистики.

Академик РАН Я. З. Цыпкин во введении к книге «Адаптация и обучение в автоматических системах» указывает на «счастливые времена детерминизма», «менее счастливое время — период стохастичности, когда <...> внешние воздействия <...> непрерывно изменяются во времени и заранее не могут быть определены однозначно», и «нынешнее “многострадальное” время», когда «уравнения управляемых объектов и внешние воздействия <...> не только неизвестны, но по различным причинам мы даже не имеем возможности заранее определить их экспериментальным путем» [4, с. 8].

Уже в «счастливые времена детерминизма» было установлено, что многие изящные математические построения при расчете системы обработки информации и управления приводят к физически нереализуемым операторам и необходимости поиска последующих приближенных решений [5; 6].

Эффективность статистических методов, пришедших на смену детерминизму в «менее счастливое время периода стохастичности», всегда связана с объемом доступных данных. При использовании реальных данных, полученных при нормальном функционировании объектов управления (и исследования), возникает широкий спектр системно связанных проблем, затрудняющих применение известных методов анализа: работа в реальном времени, стохастичность воздействий, динамические свойства объектов и ограниченность интервалов наблюдения [7; 8].

На протяжении 300 лет — от зарождения теории статистики до готовых компьютерных программ — основное

внимание уделялось некоррелированным данным. При обработке временных рядов, или процессов, развивающихся во времени, такая позиция может приводить к значительным ошибкам. Особенно коварно «непостоянство» таких ошибок, поскольку величина их и даже сам факт их появления зависят от коррелированности данных, которая не учитывается традиционными статистическими методами.

Рассмотрим более сложный пример. Для описания динамических взаимосвязей внутри процесса вдоль оси времени вводят специальную характеристику, вычисляемую усреднением по множеству, — автоковариационную функцию процесса. Ее оценкой, вычисляемой усреднением по времени, является автокорреляционная функция (АКФ). АКФ несет важную информацию о свойствах процесса и позволяет, в частности, успешно решать задачи выделения полезного сигнала из помех.

В 2011 г. С. А. Останин, доцент кафедры прикладной информатики Алтайского государственного университета, фактически впервые четко сформулировал и описал метод повышения отношения сигнал/шум (МПОСШ) для обнаружения слабых сигналов на фоне помех

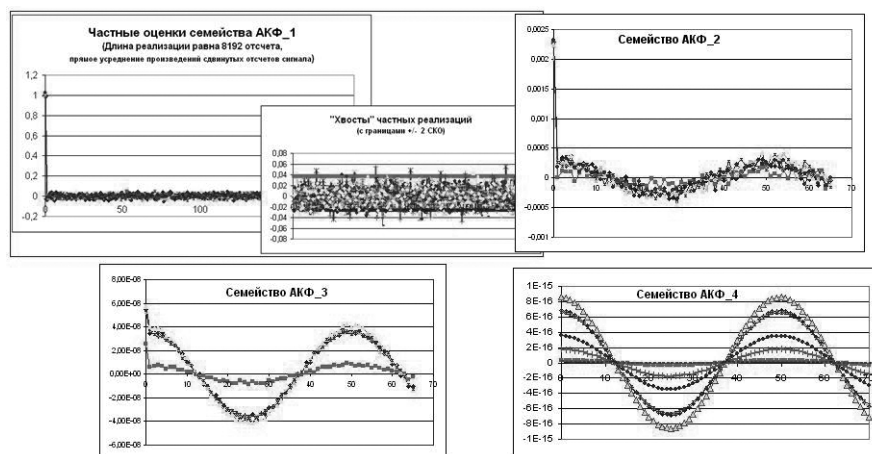
за счет многократного рекурсивного вычисления корреляционной функции [9].

Однако категоричность и однозначность утверждений об эффективности метода вызывает определенные сомнения.

Выделив ряд ключевых точек в исследовании, мы повторили эксперимент Останина для сигнала $x(t)$, представляющего собой аддитивную смесь полезного периодического детерминированного сигнала $s(t)$ и центрированного шума $n(t)$:

$$x(t) = s_0 \cos(\omega t) + n(t).$$

При моделировании на компьютере период полезного сигнала выбран из условия $T = 50$ отсчетов, помеха в виде нормально распределенного шума сгенерирована по методике В. М. Трояновского (см.: [8]), уровень помехи выбран как $s_0 = 1,5 \cdot 10^{-4}$. Полученные результаты расчетов по восьми реализациям (см. рисунок) свидетельствуют о весьма значительном разбросе в амплитудах выделяемого полезного сигнала, причем этот разброс существенно возрастает с увеличением числа требуемых итераций. Иными словами, наши сомнения позволили выявить ограничения и неоднозначность результатов метода МПОСШ.



Результаты расчетов АКФ и накопления результатов на четырех итерациях

Радикальные сомнения ведут к переосмыслению постановки задач, их более глубокому анализу, привлечению новых методов и подходов, включая междисциплинарные взаимодействия, итерации, поиск выходов из тупиковых ситуаций. Данная ситуация тождественна блужданиям в лабиринте, где можно указать [10] характерные для лабиринта признаки: разветвленность пути; вынужденные остановки; петли и повторения; тупики; возвраты (порожденные определенными причинами) и др. Анализ структуры такого лабиринта позволит углубить понимание проблемной ситуации и возможностей дальнейшего развития рассматриваемого объекта.

Подведем итоги. Радикальные сомнения на пути практического применения математических построений и выкладок порождают критическое рассмотрение их возможностей и ограничений.

На ряде примеров из области статистического анализа показана конструктивная роль сомнений в обеспечении перехода к результатам, обоснованным математически и верифицированным путем компьютерного моделирования.

Построена логическая цепочка от радикальных сомнений к переосмыслению постановки задачи и в конечном итоге к лабиринту знаний, что позволит углубить понимание проблемной ситуации и строить решение возникающих задач с учетом возможных неоднозначностей, тупиковых ситуаций, итерационных методов их разрешения.

Литература

1. *Декарт Р.* Первоначала философии // Сочинения: в 2 т. Т. 1. М.: Мысль, 1989. С. 297—422. (Философское наследие; т. 106).

2. История философии / Ред. В. М. Мазельман. М.: ПРИОР, 1997. 464 с.

3. *Пирогов А. И.* Декарт: рефлексия оснований научного мышления // Экономические и социально-гуманитарные исследования. 2015. № 2 (6). С. 25—26.

4. *Цыткин Я. З.* Адаптация и обучение в автоматических системах. М.: Наука, Гл. ред. физ.-мат. лит., 1968. 399 с.: рис., табл.

5. *Миддлтон Д.* Введение в статистическую теорию связи: в 2 т. / Пер. с англ.; под ред. Б. Р. Левина. М.: Советское радио, 1961—1962.

6. *Цыткин Я. З.* Основы теории автоматических систем. М.: Наука, 1977. 560 с.: ил., табл.

7. *Bakhtadze N. N., Lototsky V. A.* The Identification Technique with Associative Search Based Learning // Труды IX Международной конференции «Идентификация систем и задачи управления» (Москва, 30 янв. — 2 февр. 2012 г.) = Proceedings of the IX International Conference «System Identification and Control Problems» SICPRO'12 [электронный ресурс]. М.: Ин-т пробл. упр. им. В. А. Трапезникова РАН, 2012. С. 16—27. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

8. *Трояновский В. М.* Информационно-управляющие системы и прикладная теория случайных процессов. М.: Гелиос АРВ, 2004. 304 с.: ил.

9. *Останин С. А.* Увеличение отношения сигнал/шум методом последовательного вычисления автокорреляционной функции // Журнал радиоэлектроники [электрон. журн.]. 2011. № 12. URL: <http://jre.cplire.ru/jre/dec11/13/text.pdf> (дата обращения: 16.05.2016).

10. *Troyanovskiy V. M., Serdyuk O. A., Zapevalina A. A.* Information Technologies and Web Interfaces as a Platform for Identification of Remote Dynamic Objects // Proceedings of the Sixth International Conference on Internet Technologies and Applications (ITA). Wrexham: Glyndŵr University, 2015. P. 323—326.

Трояновский Владимир Михайлович — доктор технических наук, профессор кафедры информатики и программного обеспечения вычислительных систем (ИПОВС) МИЭТ. E-mail: troy40@mail.ru

Запееваллина Елена Андреевна — аспирантка кафедры ИПОВС МИЭТ. E-mail: nairy253@mail.ru