

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

БИБЛИОГРАФИЯ

530.1(049.3)

КАК ИЗМЕРИТЬ СЛОЖНОСТЬ?

Measures of Complexity: Proceedings of the Conference. Rome, September 30—October 2, 1987/Eds L. Petiti, A. Vulpiani.— Berlin; Heidelberg; New York; London; Paris; Tokyo: Springer-Verlag, 1988.— 150 p.—(Lecture Notes in Physics. V. 314).

Рецензию на сборник стоит начать цитатой из первой его статьи: «В раздвигании границ физики всегда были три основных направления — к познанию очень большого, очень маленького и очень сложного» (П. Грассбергер). Если отработанные физикой критерии дают возможность понять, что следует считать очень большим или очень маленьким, то что следует считать очень сложным или хотя бы просто сложным — неясно. Хорошо определенной процедуры измерения сложности нет, и даже на неформальном, интуитивном уровне не вполне понятно, какими свойствами должна обладать величина, претендующая на то, чтобы служить мерой сложности. Стандартные определения сложности в энциклопедических словарях, как указано в предисловии к сборнику, трактуют слово «сложный» трояко: 1) состоящий из взаимосвязанных частей, составной; 2) характеризуемый запутанной структурой частей, единиц; 3) трудный для понимания, обращения. Ясно, что определения 1 и 2 не подходят, скажем, к динамическому хаосу — сложному (в смысле 3) поведению простых динамических систем.

Желание хоть чуть-чуть прояснить этот вопрос побудило организаторов конференции «Меры сложности» пригласить на нее специалистов в различных областях знаний — математиков, физиков, биологов — с тем, чтобы обсудить, каким образом качественно определяется сложность в их дисциплине и как это понятие соотносится с теми, что используются в других науках. В идеале итогом этих интеллектуальных усилий должна была бы стать формулировка процедуры измерения сложности, после чего сложность могла бы использоваться в качестве физической характеристики объекта, даже если бы полного понимания не было достигнуто. Со сложностью можно было бы иметь дело так же, как имели дело с температурой в течение тех двухсот лет, пока не стала ясна ее интерпретация в рамках статистической физики.

Естественно, эта программа максимум не была выполнена. Некоторые из авторов выполнили правила игры лишь формально, употребив слово «сложность» во вводной или заключительной части своих докладов, однако большинство докладчиков отнеслось к проблеме серьезно и, пытаясь ответить на поставленные вопросы, поставило еще больше новых. Основные варианты используемых определений приведены ниже.

Сложность связана с информацией (или энтропией). Это определение неудовлетворительно, поскольку интуитивно случайная последовательность нулей и единиц представляется столь же простой, как и последовательность из одних единиц. Попытки исправить положение сразу же

заставляют попытаться определить понятия «значения» или «смысла», что ненамного проще. Более разумным представляется определение сложности через трудность выполнения некоторой связанной с системой задачи. Трудность задачи измеряется количеством потребных для ее выполнения ресурсов, причем учет различных типов используемых ресурсов приводит к различным определениям сложности. Например, в применении к последовательностям чисел минимальная длина алгоритма (число символов в программе), генерирующего последовательность, соответствует понятию алгоритмической сложности по Колмогорову — Чайтину, минимальное время (число операций, необходимое для получения заданной части последовательности) — критерию сложности, соответствующему логической глубине по Беннетту. Оба критерия, однако, плохи тем, что с их помощью нельзя определить сложность по виду самой последовательности, а не порождающего ее алгоритма. Еще один критерий связан с трудностью предсказания последующих членов по предыдущим. Критерий теряет свой академический характер и становится жизненно важным, как только мы оставляем в стороне абстрактные последовательности и переходим к рассмотрению предсказуемости поведения сложной технической системы — завода по обогащению урана или атомной электростанции. Определенное место отведено исследованию понятия сложности в биологических системах. Здесь вопросы оказываются еще сложнее, чем в случае алгоритмически генерируемых последовательностей, решеточных автоматов или даже больших технических объектов, поскольку, в отличие от случая сообщения или технической системы, неясно, что является значимой и что — несущественной частью, а также — что именно кодируется на данном носителе информации (скажем, в ДНК) — программа или начальные данные к программе.

Очертив круг основных вопросов, рассмотренных в статьях сборника, приведу названия статей, набор которых отражает те конкретные задачи, на примере которых рассматриваются вопросы, связанные со сложностью. Их всего 12: П. Грассбергер «Сложность и предсказание в динамических системах»; Г. Паризи «О сложности»; С. Патарнелло и П. Карневали «Булевские сети, которые обучаются вычислениям»; У. Крей и Г. Поппель «Динамические процессы обучения для узнавания коррелированных образов в симметричных моделях спиновых стекол»; Дж. П. Надал «Нервные сети, выучивающие временные последовательности»; К. П. Бахас «Иерархическая диффузия»; Ф. де Форкан, К. Куки и Д. Петритис «Случайные поверхности, случайные блуждания и сложность»; Дж. Б. Скуричини «Сложность больших технологических систем»; Д. П. Бовет и П. Л. Кресченци «Введение в теорию вычислительной сложности»; Х. Атлан «Меры биологически значимой сложности»; Г. Вайсбух «Сложные системы, организация и сети автоматов» и Дж. А. Мейер «Сложность в экологических системах».

Как видим, круг рассматриваемых задач очень широк. И хотя окончательного ответа на вопрос «Как измерить сложность?» дано не было, а также несмотря на некоторую сумбурность и хаотичность, свойственную трудам междисциплинарных конференций, большинство статей сборника и сборник в целом представляет, как мне кажется, несомненный интерес для специалистов в области вычислительной математики, физики, биологии и многих других, кто задумывался над вопросом: что же такое сложность?

Я. М. Соколов