

## Предисловие

Термин «фрактал», впервые введенный Бенуа Мандельбротом, описывает явление, при котором некоторое свойство объекта (например, какого-то изображения, речи, цифрового телекоммуникационного сообщения, временного ряда) сохраняется при изменении масштаба пространства или времени. Если исследуемый объект является самоподобным (или фрактальным), то его части при увеличении подобны (в определенном смысле) его полному образу. Фрактальные формы удивительно широко распространены в природе (береговая линия, гористый рельеф, река, дерево и т.д.). Известны фрактальные структуры веществ, фрактальные структуры множеств и случайных процессов.

Повторяемость может быть полной (в этом случае говорят о регулярных фракталах) либо может наблюдаться некоторый элемент случайности (такие фракталы называют случайными). Структура случайных фракталов на малых масштабах не является идентичной структуре всего объекта, но их статистические характеристики совпадают, и свойства самоподобия сохраняются после усреднения по статистически независимым реализациям объекта.

В телекоммуникационных приложениях свойствам стохастической самоподобности (фрактальности) удовлетворяют измеренные трафиковые трассы. Здесь предполагается, что мерой схожести является вид трафика с соответствующей амплитудной нормировкой. Для измеренных трасс сложно наблюдать чёткую структуру, однако самоподобность позволяет учитывать стохастическую природу многих сетевых устройств и событий, которые совместно влияют на сетевой трафик.

Для количественного описания фракталов достаточно одной величины — размерности Хаусдорфа, или показателя скейлинга, описывающего сохраняемость геометрии или статистических характеристик при изменении масштаба. Однако в физике, химии, биологии и в том числе в телекоммуникациях встречается много явлений, которые требуют распространения понятия фрактала на сложные структуры с более чем одним показателем скейлинга. Такие структуры часто характеризуются целым спектром показателей, и размерность Хаусдорфа является лишь одним из них. Сложные фракталы, называемые *мультифракталами*, важны прежде всего потому, что именно они, как правило, и встречаются в природе, тогда как простые самоподобные объекты представляют собой идеализацию реальных яв-

лений. Фактически мультифрактальный подход означает, что изучаемый объект каким-то образом можно разделить на части, каждая из которых обладает своими свойствами самоподобия.

Таким образом *мультифракталы* — это неоднородные фрактальные объекты, для полного описания которых, в отличие от регулярных фракталов, недостаточно введения всего лишь одной величины, фрактальной размерности, а необходим целый спектр таких размерностей, число которых, вообще говоря, бесконечно.

Особенность последних состоит в том, что они наряду с глобальными характеристиками стохастических процессов (получающихся в результате использования процедуры усреднения по большим временным интервалам) позволяют вскрыть особенности их локальной структуры.

Важной характеристикой методов, основанных на фрактальных представлениях и вейвлет-преобразованиях, является их универсальность.

Книга является некоторым итогом работ автора и его учеников: Д.А. Лукьянцева, С.Б. Матвеева, К.Ю. Окулова, А.В. Осина, А.С. Пастухова, Г.А. Урьева в области фрактальных процессов и обобщает результаты, опубликованные ранее в работах [1–3], на случай мультифракталов.

Автор сердечно благодарит члена-корреспондента РАН Александра Сергеевича Сигова, взявшего на себя, несмотря на огромную занятость, тяжелый труд рецензента и высказавшего ряд полезных замечаний, способствовавших улучшению содержания книги.

Особую признательность автор хотел бы высказать Николаю Федоровичу Лукьянцеву, генеральному директору ООО «ГеоТелекоммуникации», без чьей помощи книга вряд ли увидела бы свет.

1. Шелухин О.И. и др. Фрактальные процессы в телекоммуникациях / Под ред. О.И. Шелухина. Монография. — М.: Радиотехника, 2003. — 480 с.

2. Sheluhin O.I., Smolskiy S.M., Osin A.V. Self-similar processes in telecommunications. — John Wiley & Sons, 2007. — 320 p.

3. Шелухин О.И. и др. Самоподобие и фракталы. Телекоммуникационные приложения / Под ред. О.И. Шелухина. Монография. — М.: Физматлит, 2008. — 373 с.