Выявление закономерностей, скрытых в структурированных и неструктурированных данных сейсмичности

И.Н. Литовченко

Институт сейсмологии, г. Алматы, Республика Казахстан,

litovira@rambler.com, irgal05@rambler.ru

Аннотация. *Для выявления закономерностей, скрытых в структурированных и неструктурированных данных сейсмичности, рассмотрен универсальный вычислительный алгоритм, позволяющий выделить такие закономерности в виде фрактальных рисунков.*

Ключевые слова: Выявление закономерностей, вычислительный алгоритм, сейсмичность, фрактальные рисунки сейсмичности.

1 Введение

В настоящее время весьма перспективно применение фрактальных подходов в науках о Земле. Для выявления различных закономерностей, скрытых в структурированных и неструктурированных данных сейсмичности в виде фрактальных рисунков, применяется универсальный вычислительный алгоритм. Как отмечается в [1, 3, 8, 15] фрактальными свойствами обладают системы геологических разломов, сейсмические события, и т.п. В природе такие объекты встречаются повсюду. Многие системы, встречающиеся в физике и геофизике, являются самоподобными. Фракталом, в широком смысле, называется структура, части которой в определенном смысле подобны целому [8]. В этом плане необходимо было научиться выявлять закономерности и эффективно использовать новую информацию для объяснения целого ряда эффектов, встречающихся на практике, и для решения конкретных научных задач. Выявление закономерностей в структурированных и неструктурированных данных сейсмичности в виде фрактальных рисунков сейсмичности в данном аспекте стало основным. На рисунке 1 показана сейсмичность Земли с 1973-2008 гг по мировому каталогу землетрясений с магнитудой больше 4.0 [13].

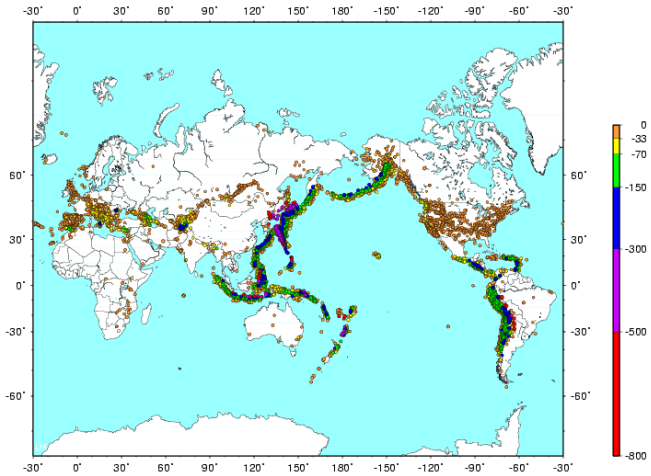

Рис. 1. Сейсмичность Земли за период с 1973-2008 гг по мировому каталогу землетрясений с магнитудой больше 4.0 [13]

Геофизики и математики часто имеют дело с объектами, которые проявляются дискретно, в виде множества. Например, землетрясения обычно приурочены к разломам, а системы геологических разломов имеют фрактальный характер. Можно ли в данном случае говорить о фрактальности распределения эпицентров землетрясений? На рисунке 1, показана сейсмичность на земной поверхности, которая распределяется неравномерно. Из таких структурированных и неструктурированных данных сейсмичности можно выявить определенные закономерности. Для демонстрации описанных свойств можно из множества эпицентров землетрясений для Земли выделить, например, часть эпицентров для Европы (рис. 2). Из сейсмичности Европы выделим некоторый сейсмактивный регион и выявим в нем закономерности в виде фрактальных рисунков. И на этом конкретном примере рассмотрим применение вычислительного алгоритма.

2 Теоретические проблемы

2.1 Постановка задачи

Ставится цель выявить закономерности в структурированных и неструктурированных данных сейсмичности в виде фрактальных рисунков. Для этого был применен универсальный вычислительный алгоритм для сейсмоактивного участка Европы с координатами: широта 45-50^{0}N, долгота - 10-19^{0}E. Применялся мировой каталог землетрясений с магнитудой больше 4.0 с 1973-2008 гг. На рисунке 2 показана сейсмичность Европы с 1990-2000 гг [13]. Как можно видеть, сейсмичность очень неравномерна. Белым цветом выделены границы региона исследования. В результате применения вычислительного алгоритма можно получить нетривиальные узоры, отражающие состояние детерминированного хаоса – обычного явления природы. Выявление закономерностей в виде таких рисунков имеет смысл искать в структурированных и неструктурированных данных. Обнаружено и строго обосновано, [14], что сложное пространственно-временное поведение распределенных сред с громадным числом степеней свободы может быть адекватно описано нелинейными системами небольшой размерности. Как отмечено в [7,8], фрактальный характер имеет пространственное распределение эпицентров и гипоцентров землетрясений.

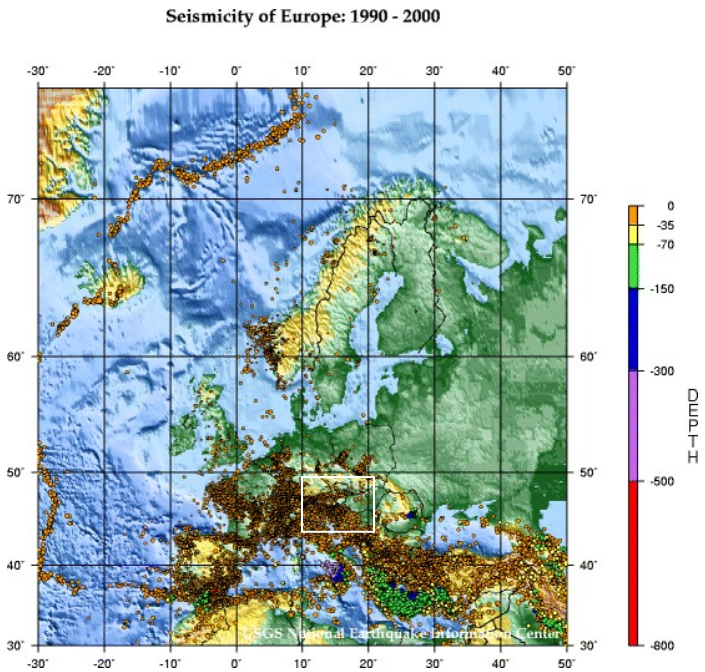

Рис. **2**. Сейсмичность Европы с 1990-2000 гг.[13]
(справа: шкала глубин землетрясений)

Фрактальным закономерностям подчиняется распределение интервалов между землетрясениями во времени. Наблюдая за фрактальностью сейсмичности на земной поверхности, возник вопрос о том, какие закономерности характерны для той или иной части планеты. На примере сейсмичности указанного региона выделены такие фрактальные

структуры (рис. 3). В результате проведенных исследований и применению алгоритма выделения фрактальных структур в сейсмической среде оценены фрактальные характеристики с учетом физических процессов, происходящих в выделенных структурах. В сейсмологии и в вычислительной математике применяется динамический алгоритм расчета значений параметров в текущей ячейке, двигающейся по плоскости. Границы таких сгущений будут определять аттракторы на фрактальном множестве плотности следов эпицентров. Этот алгоритм позволил выявить множество «сгущений» и затем представить их на плоскости. В текущую ячейку размером 0.25'*0.25' с шагом 1 минута попадает определенное количество эпицентров (точек). Параметр плотности оценивает их количество и соотносится в центр тяжести эпицентров, попавших в ячейку [5-7]. Полученное множество плотностей следов эпицентров будет фрактальным, на нем можно видеть наиболее плотные участки (красным цветом). Локализация подобных структур характеризует неоднородность в сейсмичности этой части региона.

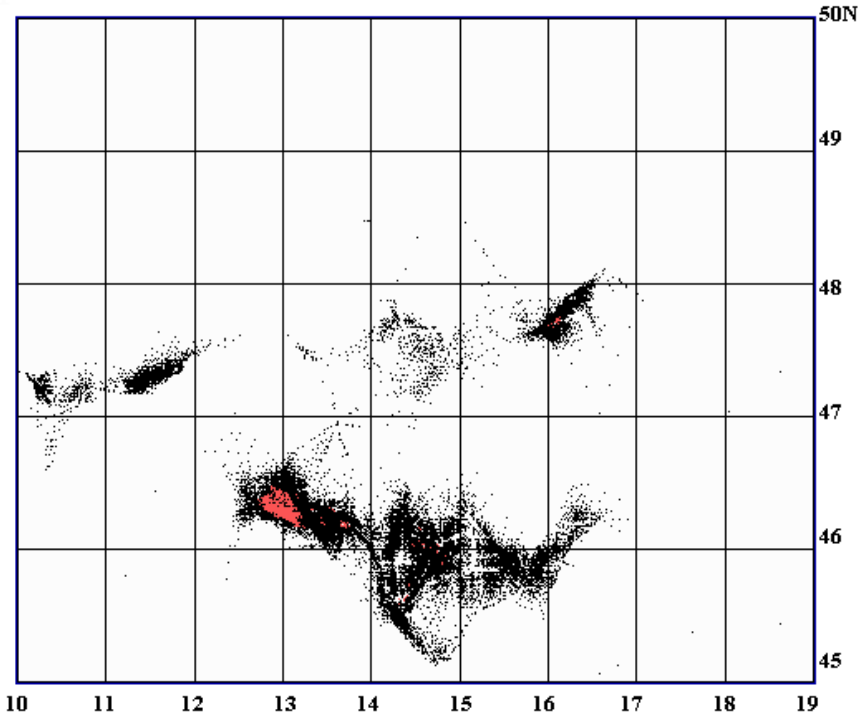

Рис. 3. «Самоподобные структуры» для региона 45-50^{0}N,10-19^{0}E по мировому каталогу землетрясений [13]. Красным цветом – наиболее плотные участки.

Наглядно выделяются «самоподобные структуры», по которым можно вести дальнейшее изучение их свойств. «Сканирование плоскости» текущей ячейкой осуществляется одновременно в широтном, затем в долготном направлении с шагом 1 минута. Взаимное пересечение пространственных текущих ячеек с маленьким шагом движения по плоскости, позволяет оценить «роль» каждого эпицентра, а затем представить полученное распределение на плоскости, как показано на рисунке 3. Применение вычислительного алгоритма возможно для любого сейсмоактивного региона Земли. Из фрактального рисунка сейсмичности легко выявить закономерности, характеризующие неоднородность сейсмичности региона. Локализация таких участков необходима для расчета фрактальной размерности. По ней может предсказываться нестабильность системы. Во избежание терминологической путаницы, фрактальной называют любую нецелочисленную размерность в отличие от целочисленной топологической. Определение конкретного типа фрактальной размерности возможно только на основе метода, используемого для ее вычисления. Существует множество типов фрактальных размерностей. Размерность объекта зависит от наблюдателя, точнее, от связи объекта с внешним миром. Само же пространство-время является фазовым пространством, описываемым уравнениями геометрического поля пространственных частот. Вокруг и внутри любых пространственно-временных областей формируется фазовая гиперкомплексная структура – структура разрешенных информационных (фазовых) направлений отображения статической и динамической конфигурации объектов [14].

3 Заключение

Применение универсального вычислительного алгоритма позволило выявить закономерности в структурированных и неструктурированных данных сейсмичности в виде фрактальных рисунков сейсмичности. Можно говорить о фрактальных свойствах сейсмичности, продиктованных локальным рисунком «самоподобных структур». При увеличении масштаба в пределах аттрактора, позволяет получить «узоры сейсмичности», отражающие состояние детерминированного хаоса. Предполагается работать с фрактальным рисунком сейсмичности разных регионов земной поверхности отдельно. Чтобы предсказать состояние системы предполагается в дальнейшем количественно оценить фрактальную размерность происходящего процесса. В данном исследовании получены фрактальные рисунки сейсмоактивного региона, интерпретированы и обобщены результаты вычислений.

Литература

[1] *Mandelbrot B.B.* The fractal geometry of nature. San Francisco. Freeman, 1982, 460 p.

[2] Курскеев А.К Землетрясения и сейсмическая безопасность Казахстана.-Алматы-2004.-504с.

[3] Donald L.Tjurkuot. Fractals and chaos in geology, geophysics. 1997, 412 c.

[4] Chunsheng Lu, David Harte, Mark Bebbington. A linked stress release model for historical Japanese earthquakes: coupling among major seismic regions. 1999, - 51, 907-916 pp.

[5] Литовченко И.Н. Соотношение сейсмичности с новейшими морфоструктурами Тянь-Шаня.//Журнал Проблем эволюции открытых систем-вып.7, Print-S,т.2, стр.79-84, 2005.

[6] Литовченко И.Н., Стихарная Г.Г., Хачикян Г.Я. О связи сейсмического режима на ограниченной территории с характеристиками главного магнитного поля Земли. - Журнал ПРОБЛЕМ ЭВОЛЮЦИИ ОТКРЫТЫХ СИСТЕМ, вып.7, Print-S,т.1, стр. 71-76, 2005.

[7] Литовченко И.Н. Фрактальность сейсмичности на примере Северного Тянь-Шаня и прилегающих территорий// Журнал ПРОБЛЕМ ЭВОЛЮЦИИ ОТКРЫТЫХ СИСТЕМ, вып.8, Alex PressCompany, т.1, стр. 81-86, 2006.

[8] Крылов С.С., Бобров Н.Ю. Фракталы в геофизике.-2004.-138с.

[9] Christian Goltz. Fractal and Chaotic Properties of Earthquakes. 1997.-pp.19-46.

[10] Тарасов Л.В. Физика в природе.1988.

[11] Физика в вопросах и ответах. Под ред. Шелеста В.И. 1999, Новосибирск //http:www.nsu.ru/ / materials/ssl/

[12] Courtesy T.Yoshu Earthquake Res.Inst.Univ. of Tokyo.

[13] USGS National Earthquake Information Center //http://www.usgs.com

[14] Донцов Г.А., Мельников Г.С., Серов И.Н. Фрактальная концепция детерминированного хаоса.-2005.

[15] Литовченко И.Н. О некоторых способах обнаружения закономерностей, скрытых в структурированных и неструктурированных данных, на примере сейсмичности //Знания - Онтологии - Теории (ЗОНТ-2007), Том.2, Новосибирск, 2007, стр.134-138.

[16] www.nyx.net/~dcypser/induceq/induceq.ib.html