

ГЕОДИНАМИКА И ФРАКТАЛИ - ИЗСЛЕДВАНИЯ И РЕЗУЛТАТИ

Бойко Рангелов¹, Росен Илиев¹, Орлин Димитров², Атанас Кисъов¹, Стефан Димовски¹

¹Минно-геоложки университет, София
²Институт по океанология – БАН, Варна
e-mail: branguelov@gmail.com

Ключови думи: Геодинамика, фрактален анализ, приложения

Резюме: Фракталният анализ е нов и модерен метод при изучаването на съвременната геодинамика на Земята и планетите. Намира широко приложение в изследването на различни въпроси и направления в геологията, геофизиката и геодинамиката. Демонстрира фракталната природа на много и различни елементи от геодинамиката на Земята. Представените изследвания са насочени към глобални, регионални и локални особености и покриват различни направления в науките за Земята – тектоника на плочите, геоморфология и геофизични полета, сеизмотектоника и др. Получените резултати са обект на дискусия и анализ.

GEODYNAMICS AND FRACTALS – RESEARCH AND RESULTS

Boyko Ranguelov¹, Rossen Iliev¹, Orlin Dimitrov², Atanas Kisyov¹, Stefan Dimovsky¹

¹Mining and Geology University – Sofia
²Institute of Oceanology – Bulgarian Academy of Sciences, Varna
e-mail: branguelov@gmail.com

Keywords: Geodynamics, fractals, applications

Abstract: The fractal analysis is a new and effective tool in the research of the recent geodynamics of the Earth and the planets. Large applications are known in geology, geophysics and geodynamics reflecting the fractal structure of the different elements of the Earth's geodynamics. Our research is focused to the global, regional and local structures and covered different topics in various disciplines – plate tectonics, geomorphology and geophysical fields, seismotectonics, etc. The results obtained are presented and discussed.

Въведение

За първи път Б. Манделброд дефинира понятието геометричен нерегулярен фрактал. Според него основните характеристики на фракталната теория могат да се обобщат до следните представи – описани най-подробно в неговата книга *The Fractal Geometry of Nature* [1, 2, 3]:

- Фрактал е геометричен обект с повтарящи се самоподобни (или почти самоподобни) елементи с различен размер и нетривиална структура
- Характеризира се с т.н. фрактална дименсия
- Има нелинейно математическо описание, най-често изразявано с релацията:

$$(1) \quad N \sim R^{-(D)}$$

N е фрактал, R – размер на елементите му, D – фрактална дименсия (размерност)
Тогава тази релация (1) дефинира фрактал със съответната фрактална дименсия.

Оказва се, че този подбор на параметрите, описва еднозначно всеки фрактал. Всички изследователи отбелязват, че фракталният анализ е много силен инструмент при описанието и изследването на геометрични обекти – двумерни, тримерни и многомерни.

В естествените науки най-често фракталната структура се свързва с фрагментирани обекти [2]. В природата като илюстрация на такива могат да служат дървета с техните корони, корали и морски таралежи, кръвоносната, нервната, лимфната, отделителната и други системи в човешката тяло, планинския релеф, речните мрежи, облаците и снежинките и много други.

Често, класификациите отчитат природни обекти, описвани като фрактали и аналитични изображения, най-често като резултат от математически (по-точно геометрически) изображения, някои от които с подчертани художествени достойнства. Земята – като най-достъпен обект за изследвания на геодинамиката (на глобално ниво), сеизмотектониката (регионално), морфоструктурите (локално), както и различните геофизични полета и техните корелационни зависимости са обект на изследване от много автори и големи авторски колективи както и индивидуални изследователи [5].

Показани са някои характерни примери, резултати и дискусии от фракталния анализ на различните обекти от геодинамиката на Земята.

Фрактален анализ

Фракталният анализ е математически инструмент за изучаване на параметрите и свойствата на различни (обикновено геометрични) обекти, апроксимирани с фрактали. Основен въпрос е намирането на фракталната дименсия, която да определи структурата и вида на фрактала. Практически, фракталната дименсия показва разпределението на броя на елементите със съответния размер в двумерното и/или тримерно пространство. За определянето ѝ има различни техники, като най-широко използваната е, чрез представянето на зависимостта (брой, размер) в полулогаритмичен мащаб. Тогава отношението на изменението на функцията (по оста y) към изменението на аргумента (оста x) дава непосредствено стойността на фракталната дименсия.

С развитието на космическата техника, много от обектите в Слънчевата система бяха фотографирани, картирани и представени като дигитални изображение с много голяма разделителна способност [5]. Това се отнася особено за обекти около които няма плътна атмосфера, което позволява тяхното дистанционно визуализиране – както на повърхностния им релеф, така и на естествените геофизични полета, които могат да бъдат измервани дистанционно (гравитационно, магнитно, топлинно, радиационно и др.). Като най-добре изучено и представително тяло, изследванията на Земята придобиват приоритет и предлагат много нови, иновативни и ефективни методи, какъвто се явява фракталният анализ.

Глобален плейттектонски модел

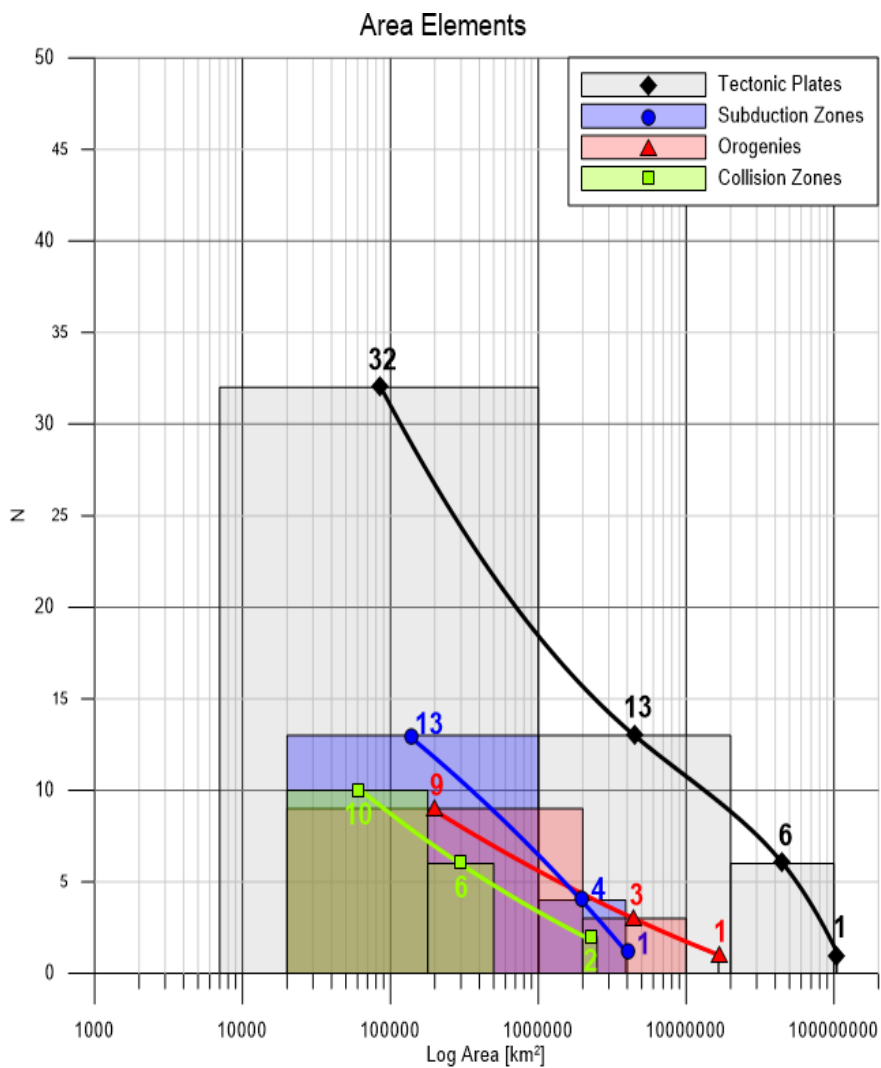
Като илюстрация за глобалния подход, са представени нашите резултати, свързани с изследванията на новата глобална тектоника (Plate tectonics) и нейните елементи, разглеждани като чисто геометрични обекти с техните размери – линейни и площни) в зависимост от морфологичния им характер. На фрактален анализ е подложен моделът на П. Бърд [1] общоприет в геодинамичната практика. Включени са площните и линейни елементи на модела както следва:

- Площи на всички континентални плочи и микроплочи, отговарящи на критериите за плочи
- Площите на всички орогенни зони
- Площите на колизионните зони
- Площите на субдукционните зони
- Линейните размери на рифтовите зони и
- Линейните размери на трансформните разломи.

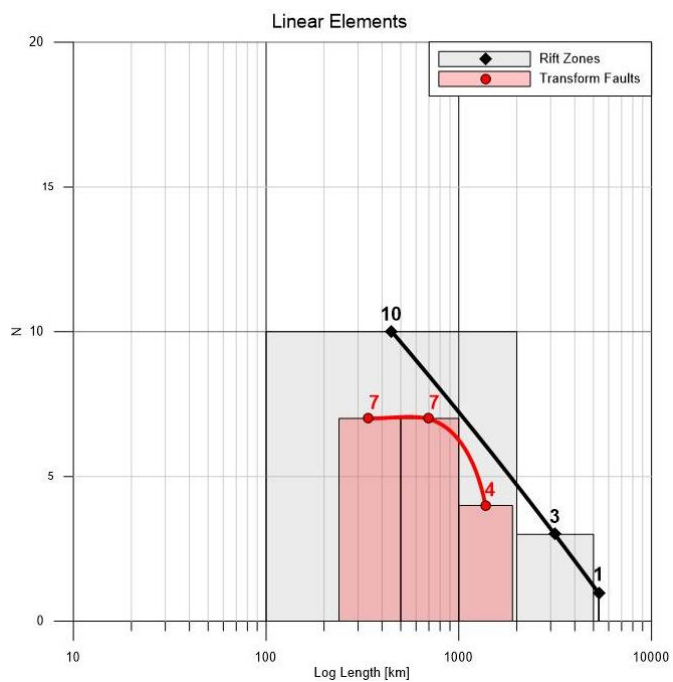
Целенасочено са избягвани други параметри и характеристики, като основното внимание е обърнато на геометричните размерности. Резултатите са представени на Фиг.1 и Фиг. 2.

Резултатът от анализа на получените графики показва типично фрактално поведение на всички изследвани елементи на плейттектониката с изключение на трансформните разломи.

Съществен момент от резултатите на изследването е появата на един основен въпрос: Фракталното поведение на изследваните елементи е резултат от генезиса им, или е получен вследствие на развитието им във времето. Има някои основания да се смята че подобно фрактално поведение е продиктувано и от двата фактора – генетичен и динамичен [6].



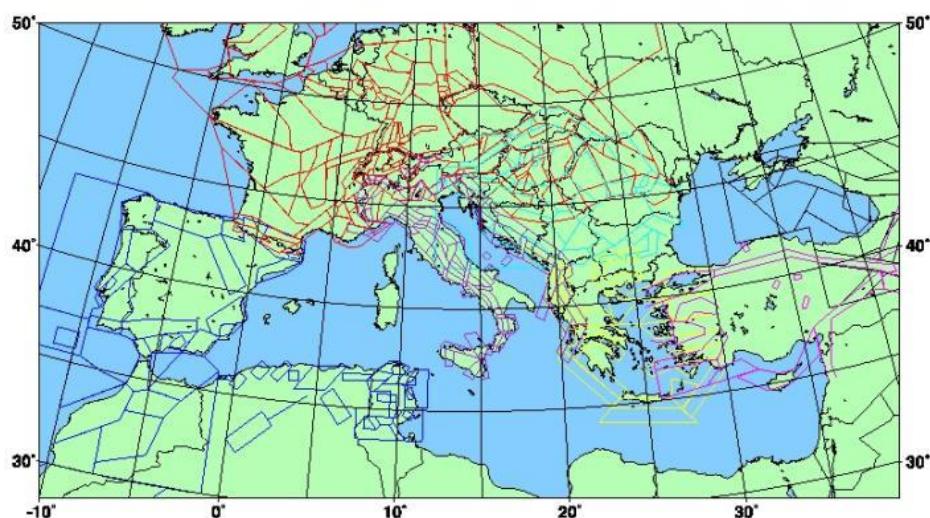
Фиг. 1. Фрактално поведение на различните елементи на плейттектониката – тектонски плочи, субдукционни зони, орогени и зони на колизия



Фиг. 2. Линейни размери и брой на рифтовите зони и трансформните разломи

Таблица 1. Стойности на фракталните дименсии на различните елементи от плейттектонския модел и бележки върху фрагментираността им [4].

Plate Tectonics' Component	Linear	Surface	Notes
Tectonic Plates		3.01	High fragmentation
Rift Zones	1.81		Lowest fragmentation
Orogens		5.32	Highest fragmentation
Subduction Zones		3.07	High fragmentation
Major Collision Zones		3.28	High fragmentation
Major Transform Faults	N/A		Seems not to be a fractal



Фиг. 3. Сеизмотектонски модел на Европейско-Средиземноморския регион.

На Фиг. 3. е представен Европейско-Средиземноморският сеизмотектонски модел (ЕССМ), като различните сеизмогенни зони и огнища са апроксимирани с геометрични фигури с различни форми и размери. Отделени са 5 регионални структури [4]:

- Адриатическа (магента)
- Централна и Западна Европа (червена)
- Пиринеи и Западна Африка (тъмно-синя)
- Гърция и Турция (жълта и лилава)
- България и Северни Балкани (светлосиня)

Таблица 1. Зониране на ЕССМ и линейни и площни фрактални дименсии за отделните зони

Зона	Линейна фракт. дименсия	Площна фракт. дименсия
Адриатика	2,71	1.67
Централна и Зап. Европа	1,12	0.41
Пиринеи и Зап. Африка	1,18	0.24
Гърция и Турция	0.94	0.40
България и Сев. Балкани	1.20	0.25
Всички зони	1.23	0.38

Изчислени са линейните (по периметъра на всяка зона) и площни фрактални дименсии, които показват отличителните особености на отделните сеизмогенни зони. Към момента не съществува генетичен модел, който може да обясни поведението и стойностите на фракталните размерности на всяка от описаните зони. Пространствената засебеност обаче е

показателна и може да се използва като класификационен параметър. Отклоненията в стойностите спрямо общата средна стойност, както за линейните, така и за площните размерности, убедително демонстрират различията в геометрията и фрагментарността на сеизмогенните зони. А това е важен параметър при определяне на сеизмичната опасност.

Изводи и заключение

Фракталният анализ се явява мощен инструмент в изучаването на геодинамиката на Земята. Установените закономерности хвърлят един неочакван поглед към геометричните свойства на различни параметри на изследваните обекти. Получени са нови резултати и са установени неочаквани закономерности в разпределенията на различни параметри на геодинамичните особености на парадигмата Plate tectonics на Земята.

Литература:

1. Bird, P., An updated digital model of plate boundaries. In: Geochemistry, Geophysics, Geosystems G3. AGU and the Geochemical Society, 4, 3, 2003, pp. 1027–1079.
2. Sornette, D., V. Pisarenko, Fractal Plate Tectonics., Geophysical Research Letters, vol.30, No3, 2003, pp. 1105–1118.
3. Mandelbrot, B., The Fractal Geometry of Nature, Times Books, SF, 1982, 468 pp.
4. Ranguelov, B. Nonlinearities and fractal properties of the Euro-Mediterranean seismotectonic model., Geodynamics & Tectonophysics., 1, 3, 2010, pp. 225–230.
5. Ranguelov, B., R. Iliev, Fractal Universe: A case study of Solar System., LAP Lambert Academic Publishing., Riga, 2019, 122 pp.
6. Ranguelov B., Y. Ivanov. Fractal properties of the elements of Plate Tectonics., Journal of Mining and Geological Sciences, v. 60, PART I, Geology and Geophysics, 2017, pp. 83–89.

Благодарности

Тази разработка е частично финансирана от ННП 577/17.08.2018 на МОН и съглашение № Д01-322/18.12.2019 – работни пакети РП 10.1 и РП 1.4.3.