



توصیف توپوگرافی کلی زمین با استفاده از مدل تراوش

عباس علی صابری

دانشکده فیزیک دانشگاه تهران

ارائه شده در: Phys. Rev. Lett. 110, 178501 (2013)

رسوب، تبخیر و غیره تأثیر به‌سزایی در شکل‌گیری و تغییرات زمانی الگوهای ریختی زمین، در مقیاس بزرگ، داشته است. نظریه‌ی «صفحات تکنونیک»^۱ چارچوبی را مطرح می‌کند که در آن، نیروهای پیش‌ران صفحات با فرآیندهای تسهیل‌کننده‌ی اتلاف انرژی حرارتی زمین، ارتباط دارد. تابع توزیع مساحت این صفحات نیز تابعی توانی با نمای تقریبی ۰/۲۵ به‌نظر می‌رسد.

یکی از مسائل علم زمین‌شناسی که از دیرباز بسیاری از فیزیک و ریاضی‌پیشگان را به خود جلب کرده است، یافتن ارتباطی بین فرآیندهای تحول برآمده از فعالیت‌های درونی زمین و الگوهای توپوگرافیک کنونی سطح زمین، و پدیدارشدن تقارن و ناوردایی مقیاس به‌شکلی طبیعی است.

با الهام از خواص مشابه در سیستم‌های مکانیک آماری با رفتار بحرانی، این پژوهش شاید گامی ابتدایی و کوچک در جهت کشف این ارتباط باشد. یکی از ساده‌ترین سیستم‌ها با رفتار بحرانی، «مدل تراوش»^۲ است، که در نقطه‌ی بحرانی با ظهور ناگهانی خوشه‌ی بی‌نهایت بزرگ در حد مقیاس‌های مسئله همراه است. در دو بُعد، الگوهای مختلف این مدل دارای تقارن مقیاس و هم‌دیس است و مرز بیرونی خوشه‌ها با بعد فراکتالی^۳، یعنی بُعد فراکتالی کاتوره‌گشت خودپرهیز، است.

با تعریف یک «سطح آب فرضی»^۴ به عنوان جایگزین احتمال اتصال (یا کسر نقاط روشن) در مدل تراوش دوبعدی، ارتباط بین این مدل ساده‌ی آماری با توپوگرافی زمین برقرار می‌شود. طبق نتایج به‌دست‌آمده، میانگین اندازه‌ی خوشه‌های خشکی و نیز طول هم‌بستگی، درست در سطح کنونی میانگین دریاها، واگرا می‌شود. این واگرایی (در مقایسه با اندازه‌ی سیستم) می‌تواند توجیه‌کننده‌ی ظهور الگوهای مقیاس-ناوردا و حتی ناوردای هم‌دیس بر سطح زمین باشد. شاید با بلندپروازی بتوان امید داشت که این نتایج، راهی به‌سوی کشف مسیر میانگین تحولات زمانی توپوگرافی زمین در مقیاس بزرگ بگشاید.

مرجع:

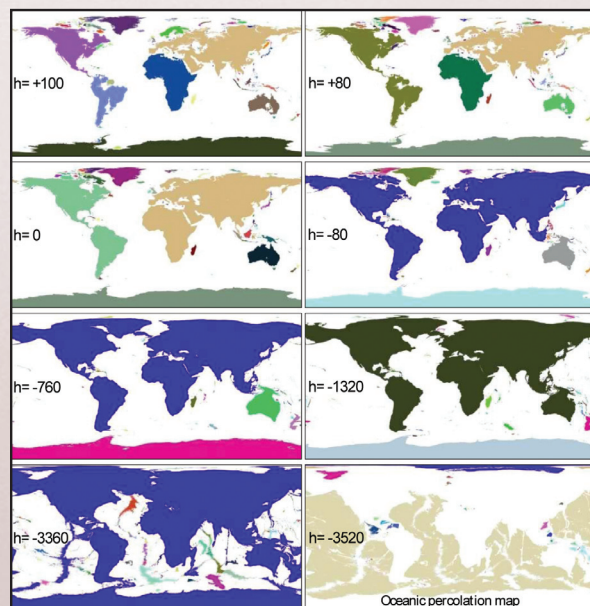
Abbas Ali Saberi, "Percolation Description of the Topography of Earth and the Moon", Phys. Rev. Lett. 110 (2013) 178501; <http://prl.aps.org/abstract/PRL/v110/i17/e178501>.

پانویس‌ها:

1. scale invariance
2. conformal symmetry
3. self-avoiding random walk
4. tectonic plates
5. percolation

یکی از ویژگی‌های بارز سطح زمین، وجود «ناوردایی مقیاس»^۱ در الگوهای مختلفی است که خواص هندسی و آماری آن را در بر دارد. اندازه‌گیری نشان می‌دهد که در مقیاس‌های طولی بزرگ، تغییر طیف توانی S برای برش‌های یک‌بعدی عرضی توپوگرافی زمین، برحسب عدد موج k به‌شکل $S \propto k^{-2}$ است. این رابطه‌ی توانی موجب می‌شود خطوط هم‌ارتفاع در سطح زمین، مانند خطوط لبه‌ی ساحل‌ها، خواص فراکتالی با بعدی نزدیک به $2/3$ داشته باشند. در تحلیل دقیق‌تر خطوط ساحلی که آمار زوایای پیچش خطوط ساحل را نیز به‌حساب آورده باشد، نشانه‌های وجود تقارن بالاتری به‌نام «تقارن هم‌دیس»^۲ را می‌توان دید. با این تقارن، خطوط ساحل در رده‌ی کلی خم‌های «کاتوره‌گشت خودپرهیز»^۳ قرار می‌گیرد. یافتن این تقارن‌ها این امکان را می‌دهد که برای بسیاری از مسائل پیچیده‌ی زیست‌محیطی به نتایج تحلیلی برسیم. به عنوان نمونه، وجود تقارن هم‌دیس امکان می‌دهد تا غلظت موضعی آلودگی ناشی از منبع درون دریا را در لبه‌ی ساحل محاسبه کنیم.

با نگاهی به پیشینه‌ی تحولات توپوگرافیک بر روی زمین درمی‌یابیم که حرکت صفحات تکنونیک، در کنار عوامل مؤثری نظیر فرسایش،



الگوهای خوشه‌ای خشکی که با پایین آمدن «سطح آب فرضی» h ، به یکدیگر می‌پیوندند (از بالا به پایین). تصویر مربوط به $h=0$ این انباشت را در سطح فعلی میانگین دریاها نشان می‌دهد. پایین‌ترین تصویر سمت راست، خوشه‌ی بزرگ به‌هم پیوسته‌ی دریاها را در سطح آب فرضی $h=-3520$ متر، نشان می‌دهد.