



Kraków

Kraków – warto wiedzieć

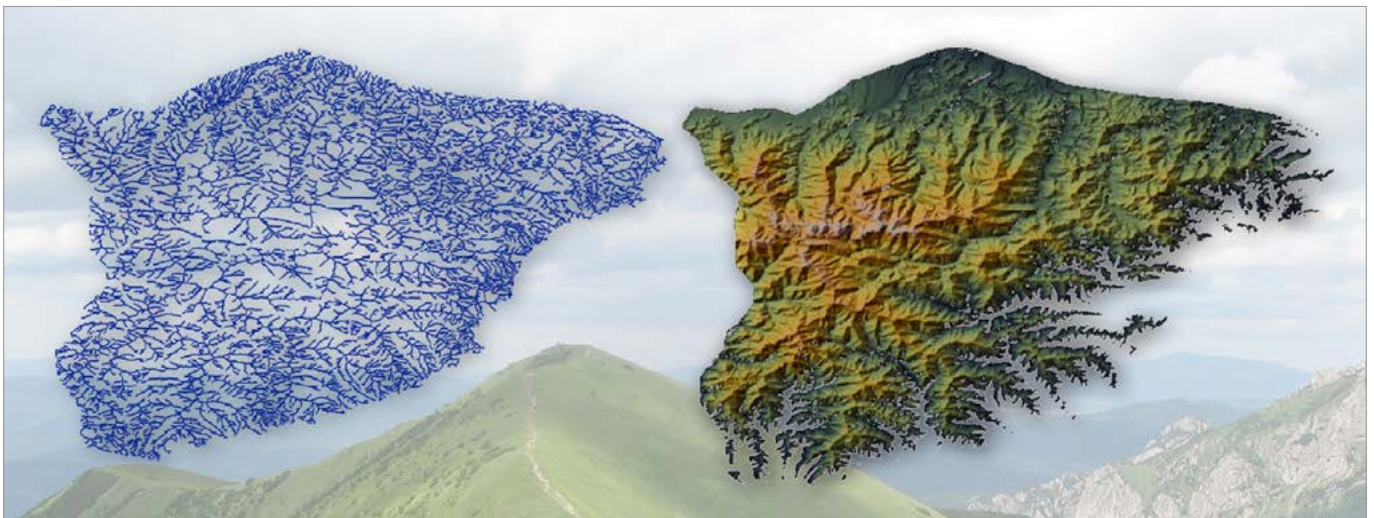
Inne spojrzenie na góry

Lato, wakacje, podróże, góry... Właśnie górami, ale na swój sposób, zainteresowali się fizycy z Instytutu Fizyki Jądrowej PAN w Krakowie. Za pomocą grafów i fraktali naukowcy z IFJ PAN przyrzekli się budowie górskich masywów naszej planety. Analizą zostały objęte tak różnorodne pasma, jak Alpy, Pireneje, Góry Skandynawskie, Góry Betyckie, Himalaje, Andy, Appalachy, góry Atlas i Alpy Południowe. Analiza, przedstawiona w artykule opublikowanym w czasopiśmie „Journal of Complex Networks”, zaowocowała nieoczekiwanym spostrzeżeniem. Okazuje się, że w strukturze ziemskich masywów górskich kryje się uniwersalne podobieństwo. Widać je w łańcuchach górskich na wszystkich kontynentach, niezależnie od wielkości szczytów, ich wieku, ani nawet od tego, czy są one pochodzenia tektonicznego, czy wulkanicznego.

– Na pozór główną cechą wspólną różnych łańcuchów górskich jest tylko to, że patrząc na nie, trzeba wysoko zadzierać głowę. Rzeczywiste podobieństwo staje się widoczne dopiero wtedy, gdy przekształcimy zwykłą mapę topograficzną gór w mapę graniową, a więc taką, która przedstawia przebieg osi wszystkich grani – mówi dr hab. Jarosław Kwapien. Górskie granie łączą się w wielką rozgałęzioną strukturę, przypominającą drzewo: od grani głównej („pnia”) prowadzą dłuższe lub krótsze granie boczne pierwszego rzędu („konary”), od nich odchodzą granie boczne drugiego rzędu („gałęzie”), a od tych następne i następne. Całość ma wyraźnie hierarchiczną budowę, a liczba wszystkich poziomów złożoności może sięgać nawet kilkunastu. Struktury

złebki, kaniony i doliny górskie, a zatem i granie. Ponieważ ciekły wodny, tworzący system odwadniający dany teren, mają z natury strukturę drzewiastą, podobna struktura pojawia się też w przypadku systemu grani. Dlaczego jednak wzajemne relacje między liczbą grani o różnej liczbie rozgałęzień są do siebie tak podobne dla różnych typów gór? – Sytuacja staje się jaśniejsza, gdy oprócz wody weźmiemy pod uwagę grawitację – tłumaczy dr Kwapien. Gdy materiał skalny zostaje rozdrobniony, zaczyna podlegać dynamice ciał sypkich niezależnie od swojego składu chemicznego. Ciała sypkie na zboczach mogą się utrzymać tylko wtedy, gdy zbocza nie są zbyt strome. To dlatego w naturze głębokość dolin jest ograniczona ich własną szerokością. Wąskie kaniony rzeczne o niemal pionowych ścianach istnieją tylko na wczesnym etapie formowania się rzeźby. W dojrzałych formacjach górskich występują rzadko, bo ich ściany zdążyły już ulec pochyleniu. Istnienie systemów rzecznych odprowadzających wodę z danego obszaru, erozja krusząca skały i drążąca doliny oraz grawitacyjne osuwanie się gruzu skalnego powodują, że granie nie mogą być ani dowolnie blisko, ani dowolnie daleko od siebie.

Te obserwacje znajdują uzupełnienie w innym spostrzeżeniu fizyków z IFJ PAN, dotyczącym wymiarów fraktalnych struktur graniowych. Fraktal to obiekt samopodobny (jego części są podobne do całości) albo „nieskończenie złożony” (ukazujący coraz bardziej złożone detale przy powiększaniu). Wymiar fraktalny opisuje, jak bardzo chropowata jest struktura badanego obiektu. Linia pojedynczej grani ma wymiar 1.



Źródło: IFJ PAN

Ziemskie masywy górskie współdzielą te same uniwersalne cechy. Stają się one widoczne, gdy mapy topograficzne (tu: Alp Liguryjskich) przekształca się w mapy grani

tego typu można przedstawić w postaci grafów. W uproszczeniu graf to zbiór wierzchołków, które mogą być połączone krawędziami w taki sposób, że każda krawędź kończy się i zaczyna w którymś z wierzchołków. Na przykład każda grań danego masywu może być potraktowana jako węzeł. Dwa węzły łączy się krawędzią, gdy odpowiadające im granie także się łączą. W tak zbudowanym grafie jedne węzły mają dużą krotność (są połączone z wieloma węzłami i odpowiadają długim, ważnym graniom), podczas gdy inne – małą (krótkie, poboczne granie i zebra). Okazuje się, że zależność między liczbą węzłów o różnej krotności zawiera w sobie potęgę o wykładniku bliskim $5/3$.

W każdym miejscu naszej planety główne mechanizmy odpowiedzialne za górszą rzeźbę są w zasadzie takie same. Do wypiętrzenia terenu niezbędne są ruchy tektoniczne lub aktywność wulkaniczna, jednak najważniejszym czynnikiem rzeźbotwórczym jest erozja wodna i lodowcowa. Woda i lód prowadzą do pękania i kruszenia skał oraz przenoszą rozdrobniony materiał ku nizinom. W ten sposób powstają

Gdyby linie (granie) były rozmieszczone niezwykle gęsto, ich wymiar fraktalny odpowiadałby wymiarowi powierzchni, czyli 2. Krakowscy badacze wykazali, że jeśli struktury graniowe zostaną przedstawione jako grafy, których węzłami są przecięcia grani (w przecięciach najczęściej są szczyty), a krawędziami grafów są granie łączące szczyty, to wymiary fraktalne takich grafów będą w przybliżeniu równe... $5/3$. Liczba ta kojarzy się fizykom ze zjawiskiem turbulencji. Nawet jeśli to tylko przypadek, jej dwukrotne pojawienie się tutaj jest bardzo interesujące. – W jednych grafach widać hierarchię struktur górskich, w drugih ich fraktalność. W obu przypadkach dla wszystkich typów gór napotykałyśmy te same wartości odpowiednich liczb. Ten uniwersalizm daje do myślenia... – uważa prof. Stanisław Drożdż.

Autorzy badań nie ukrywają, że pozostało jeszcze wiele pytań, na które wypada odpowiedzieć. Na przykład: czy transformację map graniowych w grafy będzie można zastosować w praktyce, w kartografii? Ale to sprawa przyszłości.