

Warszawa, 3 lipca 2024

Sieci transportowe - temat rzeka

Zrozumienie w jaki sposób tworzą się i rozwijają sieci transportowe, takie jak np. systemy rzeczne, ma kluczowe znaczenie dla optymalizacji ich stabilności i odporności na uszkodzenia. Okazuje się, że sieć sieci nierówna. Struktury przypominające drzewa są skuteczne w transporcie, za to sieci zawierające pętle są bardziej odporne na uszkodzenia. Jakie warunki sprzyjają powstawaniu pętli? Na to pytanie postanowili odpowiedzieć naukowcy z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego oraz University of Arkansas. Wyniki badań, opublikowane w "Physical Review Letters", pokazują, że sieci mają tendencję do tworzenia stabilnych struktur pętlowych, gdy fluktuacje przepływu są odpowiednio dostrojone. Odkrycie to pozwoli nam lepiej zrozumieć strukturę dynamicznych sieci transportowych.

Sieci transportowe, takie jak naczynia krwionośne lub systemy rzeczne, są niezbędne dla wielu układów, zarówno naturalnych, jak i stworzonych przez człowieka. Zrozumienie w jaki sposób sieci te tworzą się i rozwijają ma kluczowe znaczenie dla optymalizacji ich stabilności i odporności na uszkodzenia. Nawet pozornie podobne formacje, takie jak delty rzek, mogą mieć różną morfologię. Ujście rzeki z Wax Lake w Luizjanie w USA do Atlantyku wydaje się rozgałęziać jak drzewo, z mniejszymi odnogami rzeczny docierającymi do oceanu. Z kolei delta Gangesu-Brahmaputry w Bangladeszu ma ujście pełne pętli i małych wysepek z licznymi kanałami łączącymi główne odnogi rzeki. Tym, co odróżnia te dwa układy jest wielkość wahań przepływu, które są kształtowane przez wpływ wody i pływy oceaniczne, przez co mogą niekiedy zmieniać kierunek na przeciwny.

Kiedy drzewo, kiedy pętla?

Pytanie o to, jakie warunki środowiskowe mogą sprzyjać tworzeniu się pętli zamiast struktur drzewiastych, zainspirowało współpracę naukowców z Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego i Uniwersytetu Arkansas w USA do zbadania stabilności pętli w sieciach przepływowych. Wyniki badań, opublikowane w "Physical Review Letters", pokazują, że sieci mają tendencję do tworzenia stabilnych struktur pętlowych, gdy fluktuacje przepływu są odpowiednio dostrojone. – Proste reguły wzrostu mogą często prowadzić do powstania fascynujących wzorów. Struktury przypominające drzewa są skuteczne w transporcie, ale sieci zawierające pętle są bardziej odporne na uszkodzenia – mówi prof. Piotr Szymczak z Wydziału Fizyki UW, współautor pracy. – Naszym długofalowym celem jest określenie warunków niezbędnych do pojawienia się pętli w ewoluujących sieciach.

- Sieci rzeczne mogą wyglądać niezwykle różnie w zależności od rzeki i morza: dane geoprzestrzenne dostarczają nam wizualnych dowodów na zmieniające się morfologie delt rzecznych, a dzięki pozyskiwaniu nowych danych na temat charakterystyk przepływu możemy się dowiedzieć więcej o dynamice ich ewolucji, szczególnie w czasie

gwałtownych zmian klimatycznych - dodaje prof. John Shaw z Uniwersytetu Arkansas, który spędził prawie rok na UW dzięki stypendium Fundacji Fulbrighta. – Ta publikacja narodziła się z połączenia obserwacji geologicznych, równań sedimentologii i metod matematycznych fizyki.

Nie tylko rzeki

- Nasza współpraca zaczęła się od rzek, ale wnioski są dużo ogólniejsze i stosują się do niezwykle dużej klasy sieci transportowych - mówi Radost Waszkiewicz, główny współautor pracy i doktorant na Wydziale Fizyki UW.

Naukowcy odkryli, że stabilność pętli w sieciach zależy od wzajemnego oddziaływania geometrii kanałów w układzie i fluktuacji przepływu. Zauważyli, że pętle wymagają wahań względnej wielkości przepływu między węzłami sieci, a nie tylko zmian przepływu w pojedynczym węźle, oraz że pętle są bardziej stabilne, gdy wahania nie są ani zbyt małe, ani zbyt duże w stosunku do stałego składnika przepływu.

- Jeśli charakter fluktuacji ulegnie zmianie z powodu czynników zewnętrznych, takich jak interwencja człowieka lub zmiany klimatu, nowe pętle wewnątrz sieci transportowych mogą pojawić się lub zniknąć, zmieniając kształt sieci - podsumowuje prof. Maciej Lisicki z Wydziału Fizyki UW. – Mamy nadzieję, że ta obserwacja doprowadzi do bardziej precyzyjnych pomiarów w układach transportowych w przyrodzie i posunie nas o krok dalej w zrozumieniu dynamicznej przebudowy sieci transportowych.

Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

Fizyka i astronomia na Uniwersytecie Warszawskim pojawiły się w 1816 roku w ramach ówczesnego Wydziału Filozofii. W roku 1825 powstało Obserwatorium Astronomiczne. Obecnie w skład Wydziału Fizyki UW wchodzi Instytuty: Fizyki Doświadczalnej, Fizyki Teoretycznej, Geofizyki, Katedra Metod Matematycznych Fizyki oraz Obserwatorium Astronomiczne. Badania pokrywają niemal wszystkie dziedziny współczesnej fizyki, w skalach od kwantowej do kosmologicznej. Kadra naukowo-dydaktyczna Wydziału składa się z ponad 250 nauczycieli akademickich. Na Wydziale Fizyki UW studiuje ponad 1100 studentów i ok. 170 doktorantów. Uniwersytet Warszawski w rankingu szanghajskim dla poszczególnych dziedzin (Shanghai's Global Ranking of Academic Subjects) znajduje się wśród 150 najlepszych na świecie jednostek, kształcących w dziedzinie fizyki.

PUBLIKACJA NAUKOWA:

Radost Waszkiewicz, John Burnham Shaw, Maciej Lisicki, and Piotr Szymczak *Goldilocks Fluctuations: Dynamic Constraints on Loop Formation in Scale-Free Transport Networks* Phys. Rev. Lett. 132, 137401 – (2024)
DOI:10.1103/PhysRevLett.132.137401

KONTAKT:

Prof. John Shaw
University of Arkansas
Shaw84@uark.edu

Radost Waszkiewicz
Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego
Radost.Waszkiewicz@fuw.edu.pl

Prof. dr hab. Piotr Szymczak
Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego
Piotrek@fuw.edu.pl

Dr hab. Maciej Lisicki, prof. UW
Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego
maciej.lisicki@fuw.edu.pl

POWIAZANE STRONY WWW:

<https://www.fuw.edu.pl>

Strona Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

<https://www.fuw.edu.pl/informacje-prasowe.html>

Serwis prasowy Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

MATERIAŁY GRAFICZNE:

FUW240703b_fig01.jpg

https://www.fuw.edu.pl/tl_files/press/images/2024/FUW240703b_fig01.jpg

Rysunek 1. Ujścia rzek do oceanu mogą przyjmować różnorodne formy. (po lewej) Delta Gangesu i Brahmaputry przy ujściu do Oceanu Indyjskiego składa się z kanałów tworzących pętle, które otaczają setki wysepek. (Źródło: @ESA European Space Agency), (po prawej) Ujście rzeki z Wax Lake w Luizjanie (USA) do Oceanu Atlantyckiego ma formę podobną do kształtu drzewa, w którym główny strumień dzieli się na mniejsze odnogi. (Źródło: National Science Foundation, Center for Earth-Surface Dynamics).

FUW240703b_fig02.jpg

https://www.fuw.edu.pl/tl_files/press/images/2024/FUW240703b_fig02.jpg

Rysunek 2. (A) Sieć kanałów pokarmowo-naczyniowych meduzy *Aurelia aurita* (chełbii modrej) rozprowadzająca składniki odżywcze do jej tkanek. Nowe kanały pojawiają się na zewnętrznej krawędzi meduzy, rosną w kierunku jej żołądka w środku i ponownie łączą się z istniejącymi częściami sieci, tworząc wiele pętli. (Źródło: Stanisław Żukowski, Wydział Fizyki UW & Laboratoire Matière et Systèmes Complexés, Université Paris Cité). (B) Naczynia krwionośne na siatkówce ludzkiego oka tworzą gęstą sieć, w której sąsiednie naczynia mają wiele połączeń, czego efektem są liczne pętle. (Źródło: dr. Graeme Birdsey oraz prof. Anna M. Randi, Imperial College London)