



Kraków, 15 stycznia 2025

## Nowe narzędzia multifraktalne 2D zgłębiają ekspresjonizm Pollocka

*Temperatura za oknem zmienia się z godziny na godzinę i z dnia na dzień, nie inaczej zachowują się na przykład kursy walut. Wszędzie tam, gdzie w grę wchodzi badania zmienności podobnych – jednowymiarowych – szeregów czasowych, analizy bazujące na multifraktalach zdążyły już zdobyć uznanie. Obecnie narzędzia te udało się rozwinąć i z powodzeniem zastosować do przypadków dwuwymiarowych, w tym do badań abstrakcyjnych obrazów Jacksona Pollocka.*

Dzieła malarstwa abstrakcyjnego wymykają się łatwym opisom werbalnym. To, co trudno odzwierciedlić za pomocą subiektywnych słów, może być teraz ujęte obiektywnymi liczbami – dzięki właśnie zaproponowanej, innowacyjnej technice dwuwymiarowych analiz multifraktalnych. Nowe narzędzie badawcze powstało w zespole teoretyków z Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk (IFJ PAN) w Krakowie, Uniwersytetu Rzeszowskiego (UR) i Politechniki Krakowskiej (PK), a omówiono je na łamach czasopisma naukowego „Chaos”. O tym, że przedstawiony formalizm prowadzi do znaczących wyników, badacze przekonują na konkretnych przykładach. Multifraktalnym „torturom” poddano m.in. zdjęcia powierzchni Marsa, mgławicy Krab oraz obrazy przedstawiające kluczowe fazy ewolucji abstrakcyjnego ekspresjonizmu Jacksona Pollocka.

*„Analizy multifraktalne już w przypadkach jednowymiarowych są obliczeniowo dość złożone, wymagające profesjonalizmu. W naszej pracy przedstawiliśmy najbardziej kompletny – a równocześnie praktyczny – algorytm obliczeniowy pozwalający wykrywać ewentualną hierarchiczną, multifraktalną organizację struktur na płaszczyźnie, czyli w dwóch wymiarach. Potrafimy więc także identyfikować potencjalną kierunkową asymetrię takiej organizacji i analizować jej charakterystyki”,* mówi prof. dr hab. Stanisław Drożdż (IFJ PAN, PK).

Podstawowa idea zaproponowanego formalizmu jest prosta i nieco przypomina tomografię. Procedura rozpoczyna się od wybrania jakiegoś punktu na badanej powierzchni, zwykle przy krawędzi lub w narożniku. Następnie z tak ustalonego miejsca rozpoczyna się skanowanie powierzchni pod kolejnymi kątami, w każdym kierunku w ramach pasów o kilku szerokościach (na ogół trzech). W obrębie każdego pasa są wykonywane standardowe analizy multifraktalne, podczas których wylicza się m.in. składowe spektra multifraktalne oraz bada ich zmienność. Proces skanowania skonstruowano w taki sposób, że gwarantuje pełne pokrycie analizowanego obszaru. Ostatni etap polega na umiejętnym wyznaczeniu wypadkowego spektrum multifraktalnego.

*„O ile sama idea skanowania powierzchni w kolejnych kierunkach jest prosta, o tyle jej praktyczna realizacja trywialna już nie jest. Główny problem sprowadza się do faktu, że jeśli będziemy nieumiejętnie operowali wykrywanymi zależnościami multifraktalnymi, na przykład będziemy je czysto mechanicznie dodawali, to wynikiem naszej pracy może być zwykły szum, w którym zależności multifraktalne po prostu znikną”,* zauważa dr hab. Rafał Rak, prof. UR, pierwszy autor artykułu prezentującego osiągnięcie.

W celu zilustrowania i zweryfikowania użyteczności proponowanej techniki badacze poddali analizie dwa zdjęcia astronomiczne. Pierwsza fotografia, wykonana przez sondę Mars Global Surveyor,

przedstawiała struktury o wizualnie łatwej do zidentyfikowania kierunkowości liniowej: powierzchnię Marsa pokrytą wieloma długimi, równoległymi zagłębieniami uformowanymi wskutek erozji wietrznej. Na drugim zdjęciu znajdowała się mgławica M1 Krab, która jako wciąż ekspandująca pozostałość po wybuchu supernowej wykazuje naturalną kierunkowość radialną. W obu przypadkach ostateczne spektra multifraktalne odwzorowywały główne cechy fotografii. Spektrum „marsjańskie” charakteryzowało się obecnością pojedynczego minimum wokół kierunku odpowiadającego dominującemu azymutowi formacji geologicznych, co zgodnie z oczekiwaniami było najlepiej widoczne przy skanowaniu pasami o najmniejszej szerokości. Z kolei spektrum dla mgławicy Krab miało strukturę bogatszą, z wyraźną asymetrią i kilkoma mniej lub bardziej zaznaczonymi lokalnymi maksimami, utrzymującą się dla wszystkich szerokości pasków używanych podczas skanowania.

Ostatnie z zastosowań zaprezentowanych w omawianym artykule dotyczyło przypadku mniej oczywistego: malarstwa Jacksona Pollocka. Pod multifraktalną lupę trafiły jego trzy słynne obrazy: „Mural” (1943), „Lavender Mist” (1950) i „Convergence” (1952), według krytyków wyznaczające charakterystyczne fazy ewolucji twórczości artysty. Analizy ujawniły, że pierwszy z wymienionych miał najbardziej rozbudowane spektrum multifraktalności, o największej zmienności kierunkowej. Spektrum cechowało się przy tym prawostronną asymetrycznością, co zdaniem badaczy oznacza, że multifraktalność była bardziej rozwinięta nie tyle w głównych, łatwo zauważalnych smugach, ile w dopracowanych detalach obrazu. W przypadku „Lavender Mist” widmo multifraktalne okazało się niemal płaskie, dowodząc zaniku multifraktalności i kierunkowości. Ostatnie z analizowanych dzieł, „Convergence”, wizualnie wydaje się być kompozycją podejść widocznych we wcześniejszych obrazach – i dokładnie ten efekt widać na spektrum multifraktalnym, co prawda także dość płaskim, ale jednak zaczynającym wykazywać oznaki prawostronnej asymetryczności. Za pomocą nowej procedury dwuwymiarowych analiz multifraktalnych udało się więc zwizualizować stopniową ewolucję malarstwa Pollocka i udokumentować ilościowe charakterystyki tej ewolucji.

*„Oceny abstrakcyjnych obrazów miały do tej pory charakter subiektywny i wysoce nieprecyzyjny, w niemałej części polegały na odpowiednio przekonującym machaniu rękami. Zaproponowany przez nas formalizm multifraktalny pozwala klasyfikować je bardziej obiektywnie, przynajmniej pod pewnymi aspektami”,* stwierdza prof. Drożdż i zaznacza, że rzecz nie tylko w ocenie: *„Powierzchniowa analiza multifraktalna ma szansę zadomowić się w analizie malarstwa jako narzędzie wspomagające przy ustalaniu autentyczności obrazów, identyfikacji ich autorstwa, klasyfikacji warsztatu mistrzów pędzla, a więc być może nawet przy wycenie dzieł”.*

Badacze podkreślają, że istotną cechą przedstawionej techniki multifraktalnej analizy powierzchni jest jej praktyczność: obliczenia można prowadzić na pojedynczych, typowych komputerach, a czas ich realizacji w najbardziej zaawansowanych przypadkach nie przekracza kilku godzin.

Głównym celem obecnej publikacji w czasopiśmie „Chaos” było przedstawienie nowego narzędzia statystycznego i wykazanie jego użyteczności. Autorzy obecnie pracują nad dalszym udoskonalaniem zaproponowanych procedur multifraktalnych i poszerzaniem ich funkcjonalności.

*Instytut Fizyki Jądrowej im. Henryka Niewodniczańskiego Polskiej Akademii Nauk (IFJ PAN) w Krakowie prowadzi badania podstawowe i aplikacyjne w obszarze fizyki oraz nauk pokrewnych. Główna część działalności naukowej Instytutu koncentruje się na badaniu struktury materii, w tym własności oddziaływań fundamentalnych od skali kosmicznej po cząstki elementarne. Częścią Instytutu jest nowoczesne Centrum Cyklotronowe Bronowice, unikalny w skali europejskiej ośrodek, obok badań naukowych zajmujący się terapią protonową nowotworów. IFJ PAN prowadzi też cztery akredytowane laboratoria badawcze i pomiarowe. Wyniki badań – obejmujących fizykę i astrofizykę cząstek, fizykę jądrową i oddziaływań silnych, fizykę fazy skondensowanej materii, fizykę medyczną, inżynierię nanomateriałów, geofizykę, biologię radiacyjną i środowiskową, radiochemię, dozymetrię oraz fizykę i ochronę środowiska – są każdego roku przedstawiane w ponad 600 artykułach publikowanych w recenzowanych wysoko punktowanych czasopismach naukowych. Corocznie Instytut jest organizatorem lub współorganizatorem wielu międzynarodowych i krajowych konferencji naukowych oraz szeregu seminariów i innych spotkań naukowych. IFJ PAN jest członkiem Krakowskiego Konsorcjum Naukowego „Materia-Energia-Przyszłość”, któremu, na lata 2012-2017, nadany został status Krajowego Naukowego Ośrodka Wiodącego (KNOW). Wiele projektów i przedsięwzięć realizowanych przez Instytut jest wpisanych na Polską Mapę Infrastruktury Badawczej (PMIB). Instytut zatrudnia ponad pół tysiąca pracowników. Komisja Europejska przyznała IFJ PAN prestiżowe wyróżnienie „HR Excellence in Research” jako instytucji stosującej zasady „Europejskiej Karty Naukowca” i „Kodeksu Postępowania przy rekrutacji pracowników naukowych”. W kategoryzacji MEIN Instytut został zaliczony do najwyższej kategorii naukowej A+ w obszarze nauk fizycznych.*

**KONTAKT:**

prof. dr hab. **Stanisław Drożdż**  
Instytut Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk, Politechnika Krakowska  
tel.: +48 12 6628220  
email: [stanislaw.drozdz@ifj.edu.pl](mailto:stanislaw.drozdz@ifj.edu.pl)

**PUBLIKACJE NAUKOWE:**

„*Quantifying multifractal anisotropy in two dimensional objects*”  
R. Rak, S. Drożdż, J. Kwapien, P. Oświęcimka  
*Chaos* 34, 103137 (2024)  
DOI: [10.1063/5.0231211](https://doi.org/10.1063/5.0231211)

**POWIĄZANE STRONY WWW:**

<http://www.ifj.edu.pl/>  
Strona Instytutu Fizyki Jądrowej Polskiej Akademii Nauk.

<http://press.ifj.edu.pl/>  
Serwis prasowy Instytutu Fizyki Jądrowej PAN.

**MATERIAŁY GRAFICZNE:**

**IFJ250115b\_fot01\_PLs.jpg** **HR:** [http://press.ifj.edu.pl/news/2025/01/15/IFJ250115b\\_fot01.jpg](http://press.ifj.edu.pl/news/2025/01/15/IFJ250115b_fot01.jpg)  
Obrazy Jacksona Pollocka (fragmenty) i ich widma multifraktalne: po lewej „Mural”, po prawej „Lavender Mist” (u góry) i „Convergence” (u dołu). Wszystkie widma multifraktalne w tej samej skali, w zakresie kątowym od 0 do 180 stopni na osi poziomej. Kolorem czerwonym oznaczono skany z użyciem największych pasków, niebieskim – najszerzych. (Źródło: IFJ PAN / [www.jackson-pollock.org](http://www.jackson-pollock.org))