

## **SMARC - Soliton non-stationary dynamics for**

### **Spintronic-Magnonic Reservoir Computing**

Wyobraźmy sobie komputer, który działa tak jak ludzki mózg: jest energooszczędny, potrafi uczyć się na podstawie doświadczenia i przetwarza dane w czasie rzeczywistym. To marzenie staje się coraz bardziej realne dzięki neuromorficznym technologiom inspirowanym funkcjonowaniem biologicznych sieci neuronowych. Celem naszego projektu jest stworzenie nowatorskiego systemu obliczeniowego opartego na właściwościach magnetycznych solitonów, takich jak skyrmiony i wiry – niezwykle, stabilnych struktur magnetycznych w nanoskali, które przypominają wiry w wodzie lub pierścienie dymu. Solitony to szczególne układy, które zachowują swoją strukturę, nawet w trudnych warunkach, co czyni je idealnymi kandydatami do zastosowań w technologii obliczeniowej.

Nasze badania koncentrują się na połączeniu dwóch fascynujących dziedzin: spintroniki i magnoniki. Spintronika zajmuje się kontrolowaniem właściwości magnetycznych elektronów w celu przesyłania i przetwarzania informacji, natomiast magnonika bada fale spinowe, czyli zbiorowe drgania magnetyzacji, które mogą być wykorzystywane do bardzo energooszczędnego przetwarzania sygnałów.

Jednym z kluczowych zjawisk, które badamy, jest tzw. niestacjonarna dynamika solitonów magnetycznych. W przeciwieństwie do „ustabilizowanych” stanów, gdzie układ oscyluje w przewidywalny sposób z określoną częstotliwością, niestacjonarna dynamika odnosi się do bogatych, często nieprzewidywalnych ewolucji w czasie. Takie zachowania są szczególnie interesujące w kontekście obliczeń neuromorficznych, ponieważ przypominają dynamiczne procesy zachodzące w biologicznych neuronach. W naszym projekcie chcemy wykorzystać te niestacjonarne drgania do symulowania procesów uczenia i przetwarzania danych w sieciach neuronowych nowej generacji. Projekt ma trzy główne cele:

1. **Zrozumienie niestacjonarnej dynamiki magnetycznych solitonów**, aby móc je kontrolować i wykorzystywać w zadaniach obliczeniowych.
2. **Projektowanie i testowanie systemów obliczeniowych** na bazie tych solitonów, które będą działały z wysoką szybkością i niskim zużyciem energii.
3. **Przeprowadzenie eksperymentów**, które pozwolą zweryfikować wyniki symulacji i zademonstrować praktyczne zastosowanie tych systemów.

W trakcie realizacji projektu współpracujemy z zespołem prof. Philippa Pirro z Niemiec, jednego z czołowych ekspertów w dziedzinie magnoniki i spintroniki. Ta współpraca umożliwia nam dostęp do najnowocześniejszych laboratoriów i metod eksperymentalnych, dzięki czemu będziemy mogli zrealizować nasze badania na najwyższym poziomie.

Efektom projektu będzie opracowanie koncepcji systemu obliczeniowego, który połączy szybkość i wydajność energetyczną z unikalnymi właściwościami magnetycznych solitonów. Takie rozwiązanie ma szansę zrewolucjonizować technologie przetwarzania informacji i otworzyć nowe możliwości w dziedzinie sztucznej inteligencji. Projekt nie tylko odpowiada na współczesne wyzwania technologiczne, ale również wnosi istotny wkład w rozwój podstawowych badań nad magnetyzmem i falami spinowymi.