

Thermodynamics of Information Processing: From Theory to Applications

Streszczenie popularno-naukowe

Przetwarzanie informacji odgrywa kluczową rolę w naszym społeczeństwie, napędzając wszystko, od smartfonów po centra danych. W miarę jak urządzenia te stają się coraz bardziej powszechne, ich zużycie energii staje się poważnym problemem. W związku z tym zwiększenie ich efektywności energetycznej jest jednym z głównych wyzwań technologicznych naszych czasów. Celem interdyscyplinarnej dziedziny termodynamiki informacyjnej jest sprostanie temu wyzwaniu poprzez wykorzystanie technik pochodzących z informacji kwantowej i termodynamiki stochastycznej.

Celem tego projektu jest ustanowienie powiązania pomiędzy badaniami podstawowymi a potencjalnymi zastosowaniami technologicznymi w termodynamice informacji. Skoncentrujemy się na trzech kierunkach: optymalizacji protokołów termodynamicznych, nieklasycznych zjawiskach w przetwarzaniu informacji i termodynamice obliczeń. Chociaż projekt ma głównie charakter teoretyczny, priorytetem będzie dla nas nawiązanie powiązań z wdrożeniami eksperymentalnymi, a ostatecznym celem będzie przełożenie wyników projektu na praktyczne zastosowania. Projekt obejmuje cele badawcze podzielone na trzy pakiety robocze (**PR 1-3**).

W **PR 1** skoncentrujemy się na optymalizacji protokołów termodynamicznych w nanoskali, ze szczególnym uwzględnieniem minimalizacji dyssypacji ciepła. Ponieważ dyssypacja jest jedną z głównych przeszkód w zmniejszaniu skali urządzeń przetwarzających informacje, oczekujemy że pakiet ten będzie miał duży potencjalny wpływ technologiczny. Korzystając z nowoczesnych metod uczenia maszynowego i zaawansowanych technik geometrycznych, podejmiemy próbę poprawy wydajności i efektywności urządzeń przetwarzających informacje.

W **PR 2** będziemy badać nieklasyczne aspekty urządzeń przetwarzających informacje. Chociaż wiadomo, że efekty kwantowe zapewniają korzyści w przetwarzaniu informacji, pełne spektrum możliwości oferowane przez teorię kwantową pozostaje niezbadane. Wykorzystując techniki teorii zasobów, zaprojektujemy urządzenia wykorzystujące efekty kwantowe do przetwarzania informacji. Wiąże się to z wykorzystaniem nowych, obiecujących technik, takich jak kataliza kwantowa i nieasympiotyczna teoria informacji. Oczekujemy że wyniki tych badań będą miały szeroki wpływ, zwłaszcza na obliczenia kwantowe i kwantowa metrologie.

W **PR 3** zbadamy zachowanie urządzeń obliczeniowych w warunkach termodynamicznych. Naszym celem jest odkrycie nowych zjawisk fizycznych które mogą poprowadzić rozwój przyszłych energooszczędnych architektur komputerowych i nowatorskich paradygmatów obliczeniowych. W tym celu wykorzystamy techniki termodynamiki stochastycznej. Pakiet ten może pomóc w stworzeniu szybszych, wydajniejszych i zrównoważonych technologii komputerowych.

Ogólnie rzecz biorąc, jest to ambitny i szeroki projekt, obejmujący praktyczne cele krótkoterminowe i możliwymi do dostosowania kierunkami badań o wysokim ryzyku i dużych korzyściach.