

'Demon Cruetz'a - badanie zmian poziomu magnetyzmu w automacie komórkowym w zależności od energii początkowej'

'Patryk Michalak'

25 listopada 2024

1 Wstęp

1.1 Model Ising'a

W tym ćwiczeniu będziemy badać zmiany stopnia magnetyzacji układu w zależności od temperatury. Omawiany układ jest nazywany Modelem Ising'a - jest to automat komórkowy, czyli jest to przestrzeń podzielona na komórki w których zmiany odbywają co jakiś odcinek czasu (krokiem). Najprostsze układy przyjmują ze wartość pojedynczej komórki mieści się w zbiorze $-1, 1$. Energię całkowitą takiego układu można policzyć poprzez sumowanie iloczynu wartości komórki z wartością unikalnego sąsiada komórki (1).

$$E = -J \sum_{i,j}^n s_i s_j \quad (1)$$

1.2 Demon Cruetz'a / Wiaderko

W badaniu będziemy stosować tzw. Demona Cruetz'a, które przechowuje pewną ilość energii. Zmiany w początkowej wartości wiaderka powinny dawać zmiany w stopniu magnetyzacji całego układu. Stan magnetyzacji układu można wyliczyć następującym wzorem (2)

$$M = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^n s_i \quad (2)$$

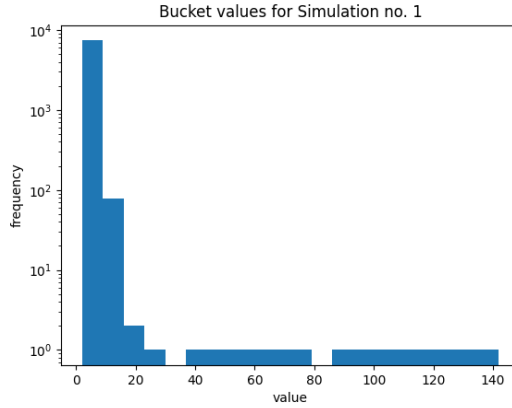
2 Doswiadczenie

2.1 Przebieg doswiadczenia

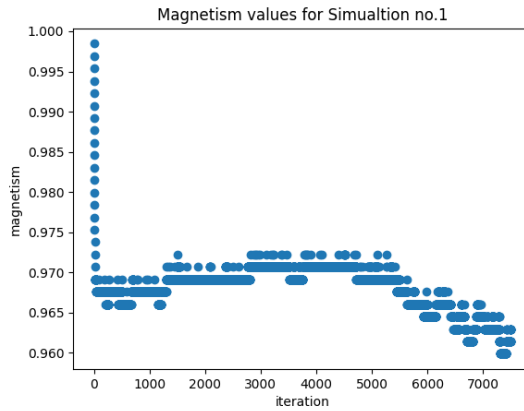
Przy każdej symulacji modelu zakładamy że cały układ ma uśrednioną wartość 1 na wszystkich komórkach. Każdą symulację zaczynamy z pewną początkową wartością Demona i przyjmujemy że symulacja trwa 10000 kroków. Przy każdym kroku:

- Wybieramy losową komórkę w układzie
- Wyliczamy energię układu przed zmianą spinu
- Zmieniamy wartościowanie komórki na przeciwny
- Wyliczamy energię jeszcze raz i sprawdzamy różnicę energii układu po zmianie kierunku od energii układu przed zmianą. Przy zwiększonej energii układu po zmianie, trzeba zabrać uzyskaną część energii z wiaderka i vice versa jeśli energia układu uległa zmniejszeniu.
- Zapisujemy stan wiaderka i stan magnetyzacji układu dla danego kroku.

Wykonujemy dziesięć symulacji, za każdym razem podnosząc stopniowo wartość początkową demona.



Rysunek 1: Ilosc wystapien poszegolnych wartosci wiaderka dla pierwszej symulacji



Rysunek 2: Stopien Magnetyzacji dla pierwszej symulacji

3 Analiza danych

3.1 Stan Demona

Dla kazdej symulacji modelu, tworzymy histogram jak wiele razy powtarza sie dana wartosc wiaderka [1](#)

Przy kazdym histogramie tworzymy linie trendu ktorej wzor [3](#) jest funkecja wykladnicza.

$$y = \alpha * \exp \beta \quad (3)$$

Temperature mozna stad wyliczyc $T = -\frac{1}{\beta}$ i temperatura mowi nam jak czesto pojawia sie wartosc ktora nie dominuje w histogramie.

3.2 Magnetyzm

Dla kazdej symulacji modelu, w poczatkowych krokach wartosc magnetyzacji nie ustanie spada co moze zaburzac nasze wyniki. Dla tego ignorujemy pierwsze 2000 krokow ktore powinny nam dac ustabilizowane wartosci. [2](#)

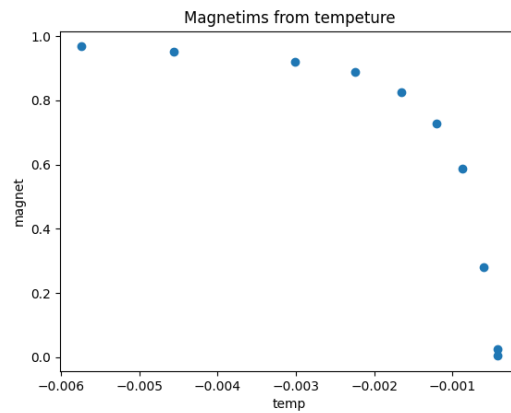
Przy wiekszych energiach poczatkowych demona, sredni stopien magnetyzacji ukladu maleje

3.3 Wykres m(T)

Po zebraniu wszystkich danych mozna przeanalizowac jak przebiega wykres.

	Wartosc poczatkowa demonu	Sredni stopien magnetyzacji	
	150	0.967	
	200	0.952	
	330	0.921	
	440	0.888	
	600	0.825	
	825	0.726	
	1150	0.586	
	1640	0.282	
	2375	0.0025	

Tabela 1: Tabelka wartosci



Rysunek 3: Wykres zaleznosci magnetyzmu od temperatury

Dla mniejszych wartosci temperatury, wartosc magnetyzacji rosnie Wraz z wieksza wartoscia temperatury, wartosc magnetyzacji powoli spada. Przy szostej symulacji, wartosc magnetyzacji zaczyna dyrystycznie spadac.

4 Wnioski

- Dla niskich temperatur, stany magnetyzacji oscyluje w miare stalych wartosciach
- Dla wyzszych temperatur, stan magnetyzacji ulega naglym spadkom.