

TFIM Model

Rok Mlinar Vahtar

August 2023

1 Uvod

< tu vstavi fenomenalno napisan uvod >

2 Standardni TFIM model

Hamiltonian za standardni Isingov model z tranzverzalnim poljem se glasi

$$\hat{H} = \sum_{\langle i,j \rangle} -J \hat{\sigma}_i^z \hat{\sigma}_j^z - h \sum_i \hat{\sigma}_i^x - J_T \sum_i \quad (1)$$

in ga za dimenzije $N < 10$ lahko rešimo z eksaktno diagonalizacijo v doglednem času.

2.1 Eksaktna diagonalizacija TFIM modela

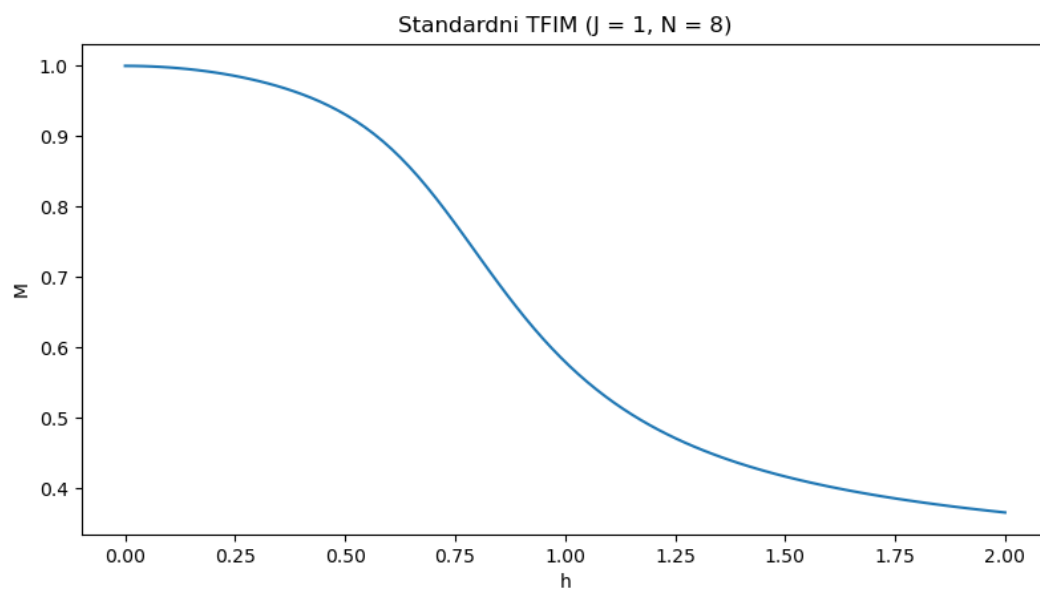
Da izvedemo eksaktno diagonalizacijo moramo najprej sestaviti matriko, ki predstavlja hamiltonian. To storimo tako, da zgornjo vsoto interpretiramo v smislu, kjer sta $\hat{\sigma}_j^z, \hat{\sigma}_j^x$ paulijevi matriki, produkt med njima pa je tenzorski produkt, kjer za vsak člen postavimo identitetne matrike na vsa mesta razen na i-to in j-to mesto.

Ko je hamiltonian postavljen, lahko matriko diagonaliziramo z poljubnim algoritmom. V tem primeru uporabljamo implementacijo ????????????????

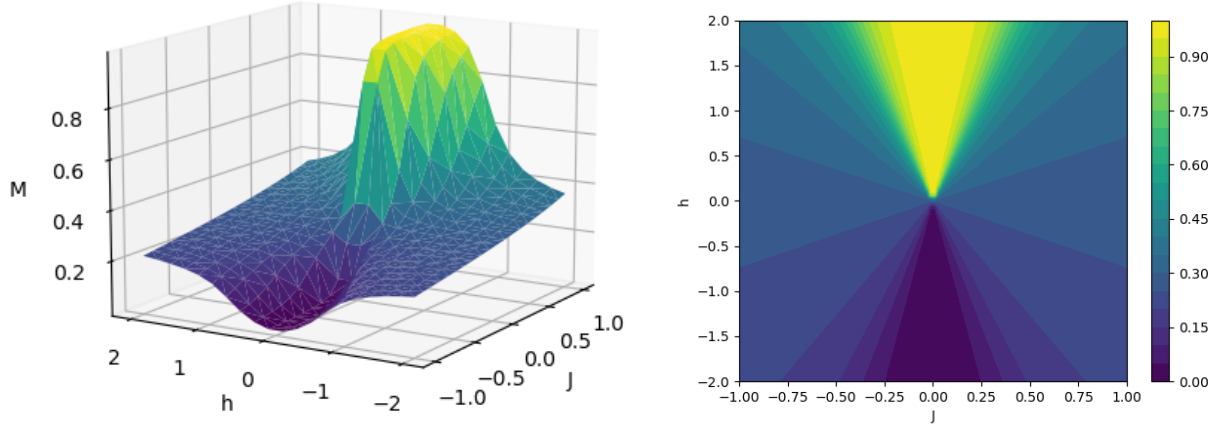
Vse naslednje metode, predstavljene v tem poglavju se nahajajo v datoteki TFIM_QuSpin.py . Dobra mera za stanje sistema, ki nas bo tu zanimala, je magnetizacija, ki jo definiramo kot:

$$M = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N \sigma_i^z \quad (2)$$

Če fiksiramo $J = 1$ in variiramo h , ter vsakič izračunamo magnetizacijo, dobimo naslednji graf, ki kaže fazni prehod pri $h \approx J$. To opravlja funkcija main().



Če variiramo oba J in h lahko narišemo 3D in contour grafa, na katerih opazimo pričakovane lastnosti, kot so simetrija čez ravnino $h = 0$ in pa feromagnetno in antiferomagnetno obnašanje za $J > 0$ in $J < 0$.



Grafa narisana preko `plot3d()` in `plot_contour()`.

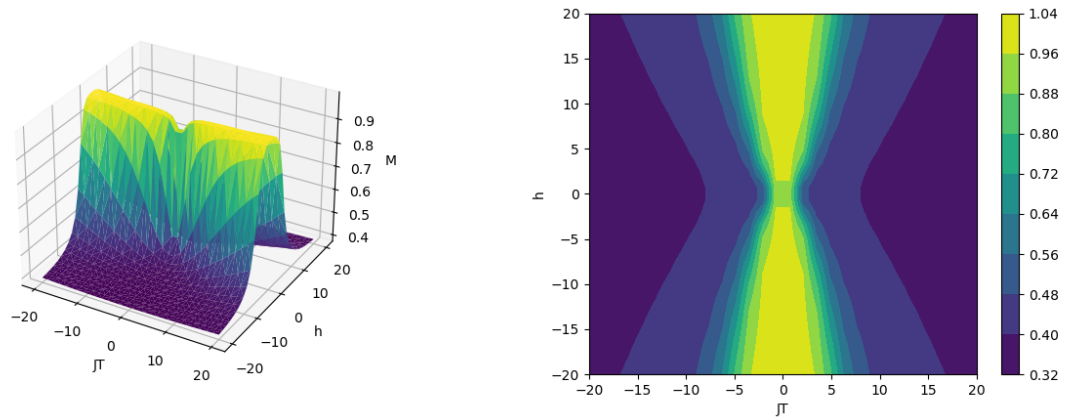
3 Sklopljeni verigi

Hamiltonian se glasi

$$\hat{H} = \sum_{\langle i,j \rangle} -J \hat{\sigma}_{1i}^z \hat{\sigma}_{1j}^z + \sum_{\langle i,j \rangle} -J \hat{\sigma}_{2i}^z \hat{\sigma}_{2j}^z - h \sum_i \hat{\sigma}_{1i}^x - h \sum_i \hat{\sigma}_{2i}^x - J_T \sum_i \hat{\sigma}_{1j}^z \hat{\sigma}_{2i}^z \quad (3)$$

in ga za dimenzije $N < 10$ lahko rešimo z direktno diagonalizacijo v doglednem času. Vse naslednje metode, predstavljene v tem poglavju se nahajajo v datoteki `TFIM.QuSpin.2.py`. Dobra mera za stanje sistema, ki nas bo tu zanimala, je magnetizacija, ki jo definiramo kot:

Če variiramo oba h ter J_T pri fiksnem $J = 1$ lahko narišemo 3D in contour grafa



Grafa narisana preko `plot3d()` in `plot_contour()`.