**Teori**

***Ising modellen*** er en matematisk modell av ferromagnetisme. Det er et binært system, hvor variablene består av de magnetiske dipol momentene av atomisk spinn. De beskrives av enten spinn opp +1 eller spinn ned -1. Spinn variablene er plassert i et gitter og kan vekselvirke med naboene. Styrken på vekselvirkningen er beskrevet av en koblingskonstant, ***J***. Energien i systemet er beskrevet som

, N er antall spinn vektorer og S er koblings konstanten. Summen over er kun summen over nærmeste naboer.

For 1D tilfellet defineres som er et sett av spinntilstander, hvor antall sett. Det kan f.eks. være . Og hvor er en kvadratisk matrise. Energien i sytemet er da beskrevet av

Hvis matrisen har vi at energien for. Alle vekselvirkningene mellom nærmeste nabo kan skrives som en matrise som består av settet . Modellen som brukes i eksperimentet er da

Det endimensjonale tilfellet har ingen faseovergang, men i et todimensjonalt gitter kan et ferroelektrisk materiale med alle spinnvektorer i samme retning bli til en uordnet fase ved den kritiske temperaturen .

***Minste kvadraters løsning (Ordinary least square, OLS), Ridge- og Lasso-regresjon*** forklares ikke i denne teori seksjonen. Se Prosjekt 1 av Jonas Asperud og Magnus Børsting for teori.

**Applikasjon**

**OLS, Ridge og Lasso**

Ising modellen i en dimensjon anvendes, hvor det blir produsert en kjede av spinntilstander med en størrelse på. Deretter dannes det 1e4 forskjellige tilfeldig valgte sett av spinntilstander. Disse settene blir brukt til å regne ut energien til systemene, se ligning (Energi ligning!!!), hvor koblingskonstanten, , er en matrise med langs en diagonal som starter i . I første kolonne er mens resten av matrisen er 0. matrisen er interaksjonen mellom naboene av de tilfeldige spinntilstandene. Det anvendes deretter OLS, Ridge og Lasso regresjon med grad 1 for å finne koblingskonstanten. Det gjøres også en bootstrap av de tre forskjellige metodene. Bootstrap MSE og R2 score anvendt på test- og trenings-settet bruktes til å analysere modellen. Antall bootsraps er 10 og det gjøres også en bias-variance dekomposisjon. All iterasjon foregår med en lambda fra til i 10 steg, hvor trening-/test-splitting av dataen var 2/3 trening og 1/3 testing.

OLS, Ridge og Lasso ble testet mot scikit-learn sine funksjoner og reproduserte resultatene hver gang. Det ble også gjort en visuell sammen ligning med Metha et al. [1] Som stemmer godt over ens med

**Resultat**

Den 1 dimensjonale Ising modellen ble anvendt, hvor tilpasningen av beta verdiene for de forskjellige ble beregnet. Prediksjonen av modellen ble evaluert med MSE og R2-score er plottet i figur (2,3). Disse er plottet med den direkte estimeringen av trening/test settet og via bootstrapping.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Bias-varaians dekomposisjon ble også plottet for de forskjellige regresjonsmetodene.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
|  |

**Diskusjon**

Det som observeres med OLS er at den er relativt jevnt med økende verdi. Dette bør den være, siden den i utgangspunktet er uavhengig av den. Ridge er avhengig av verdien, hvor straffeparameteren er en norm. Dette setter så godt som alle verdiene til noe som ikke er null. Vi ser dermed at Ridge er relativt stabil frem til verdien blir veldig stor. Ved en stor lambda verdi blir straffeparameteren så stor at den setter alle regressorene til null. Lasso derimot har den egenskapen at straffeparameteren er en norm og som konsekvens av dette kan noen av regressorene settes til null. Den beste . Hvor metoden gjør at nesten alle regressorene som skal være null, settes til null. Akkurat på samme måte som koblingskonstanten ble definert.

Referanser

[1] https://physics.bu.edu/~pankajm/ML-Notebooks/HTML/NB\_CVI-linreg\_ising.html