

Predviđanje temperature crnog tela na temelju Plankovog zakona zračenja

Veljko Bubnjević

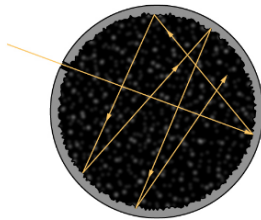
Uvodna razmatranja

Predviđanje temperature crnog tela na osnovu Plankovog zakona zračenja igra značajnu ulogu u različitim naučnim i tehnološkim oblastima. Plankov zakon zračenja opisuje intenzitet zračenja crnog tela u zavisnosti od talasne dužine i temperature, pružajući osnovne uvide u ponašanje svetlosti i materije.

Zakon je teorijski izveo Max Planck 1903. godine.



Max Planck,
tvorac kvantne mehanike

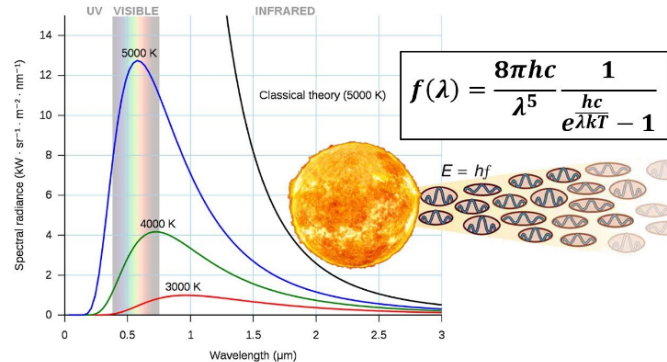


Idejni prikaz apsolutno crnog tela

Koncept crnog tela predstavlja idealizovan objekat koji potpuno apsorbuje svetlost i emituje zračenje isključivo na osnovu svoje temperature. Razumevanje i predviđanje temperature crnih tela omogućava nam da steknemo dragocene uvide u nebeske objekte, fizičke sisteme i osobine materijala.

Cilj ovog istraživanja je unapređenje razumevanja crnih tela i razvoj efikasnih metoda za predviđanje njihove temperature. Intenziteti elektromagnetnog zračenja se prosleđuju određenom algoritmu koji na osnovu istih određuje temperaturu crnog tela koje je to zračenje emitovalo.

Proučavanje i primena ovih metoda ima širok spektar potencijalnih primena u astronomiji, fizici, materijalnoj nauci i inženjeringu.



Podaci

Kao izvor podataka u projektu su korišćeni unapred generisani intenziteti zračenja na određenoj (algoritmu nepoznatoj) temperaturi. Podaci su skalirani kako bi se postigla normalizacija i poboljšala konvergencija algoritama mašinskog učenja. Skaliranje se vrši pomoću mehanizma standardizacije.

Algoritmi

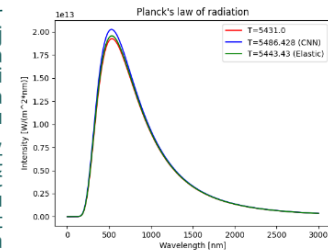
Za predikciju temperatura zasnovanu na intenzitetima zračenja, korišćena su dva različita algoritma regresije: Konvolutivne neuronske mreže (CNN) i Elastic Net regresija.

Model CNN je naučen da mapira ulazne intenzitete zračenja na odgovarajuće temperature, koristeći konvolucione slojeve za izdvajanje informacija iz podataka i neuronske mreže za naučene veze između ulaza i ciljne promenljive. Ovakav pristup omogućava precizniju i efikasniju predikciju temperatura na osnovu intenziteta zračenja.

Elastic net regresija se koristi za rešavanje problema sa visokom dimenzionalnošću i prisustvom kolinearnosti između atributa. Ona omogućava selekciju važnih atributa i smanjenje uticaja irelevantnih atributa na model. Koristili smo Elastic Net regresiju kako bismo izgradili model koji može predvideti temperature na osnovu intenziteta zračenja.

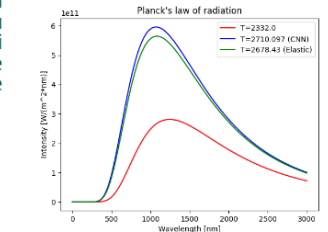
Rezultati

Na prikazanoj slici (gore) možemo da vidimo kako izgleda spektar zračenja na određenoj temperaturi. Crvena linija odgovara originalnoj temperaturi crnog tela, zelena linija predstavlja aproksimiranu temperaturu dobijenu Elastic net regresijom, dok plava predstavlja vrednost temperature dobijena uz pomoć CNN-a. Vidimo da se za malu razliku pokazala tačnija Elastic net regresija, i da se spektri skoro pa podudaraju.



Pogledajmo sada kako izgleda spektar zračenja kada smo u algoritam ubacili spektar koji odgovara temperaturi koja se nije našla u podacima za treniranje (slika dole).

Došlo je do drastične razlike između originalne temperature i aproksimacija, ali je i dalje Elastic net regresija pokazala bolji rezultat od CNN algoritma.



Izvršena je predikcija temperature na 100 intenziteta zračenja nasumično odabranih crnih tela sa odgovarajućim temperaturama. Cilj je bio da se izračuna apsolutna greška i dobijeni su sledeći rezultati:

ALGORITAM	APSOLUTNA GREŠKA
CNN	0.5555
ELASTIC NET	0.42104

Elastic Net se pokazao kao efikasniji algoritam u predviđanju temperatura našeg uzorka nasumičnih podataka. Manja vrednost apsolutne greške ukazuje na veću tačnost predviđanja.

Ovi rezultati mogu biti osnova za dalja istraživanja i uporedne analize performansi različitih algoritama u predviđanju temperatura na drugim skupovima podataka.

References:
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/7/Max_Planck_%281858-1947%29.jpg
<https://l.bp.blogspot.com/-wv4cew4zvK/XiB8Zu3WGHIAAAAAAAAAA8/BIVY802q0N4wcoh4OvgpE8eTL8EwWIdoQCLcBGAsYHQ/s1600/1.jpg>
<https://i.ytimg.com/vi/oJpwiXU9Ps/maxresdefault.jpg>
https://en.wikipedia.org/wiki/Black_body#/media/File:Black_body_realization.svg