

Konvoliucinis neuroninis tinklas žvaigždžių spiečių aptikimui dangaus apžvalgose

Convolutional Neural Networks for Star Cluster Detection in Sky Surveys

Erikas Cicėnas^{1,2}, Karolis Daugevičius¹, Eimantas Kriščiūnas¹, Rima Stonkutė^{1,2}, Vladas Vansevičius¹

¹Fizinių ir technologijos mokslų centras, Saulėtekio al. 3, 10257 Vilnius

²Vilniaus universitetas, Fizikos fakultetas, Saulėtekio al. 9, 10222 Vilnius

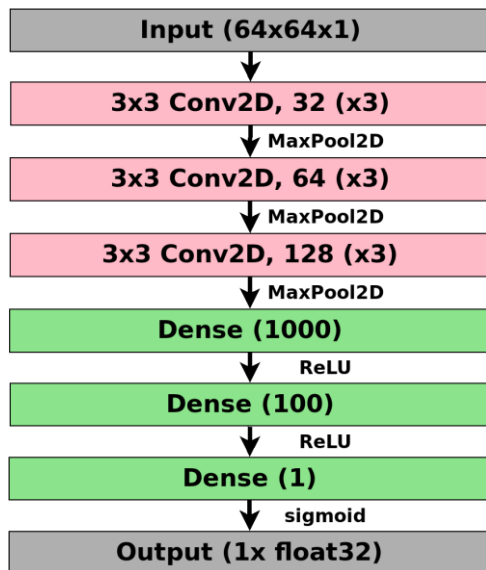
erikas.cicenas@ftmc.lt

Žvaigždžių spiečiai yra vieni svarbiausių objektų tiriant galaktikų dinaminę ir žvaigždėdaros istoriją, jų struktūrą, pradinės masių funkcijos variacijas bei kt. evoliucijos parametrus. Tačiau iki šiol neišspręsta automatinio spiečių aptikimo problema didelėse dangaus apžvalgose. Įprastai ieškoma „rankiniu būdu“ ir pasitelkiant savanorius „citizen science“ platformose [1, 2].

Mūsų tikslas yra sukurti patikimą spiečių aptikimo metodą galaktikų diskuose, naudojant prižiūrimo giliojo mokymosi ir konvoliucinių neuroninių tinklų (CNN) algoritmus. Metodas turi užtikrinti greitą ir kontroliuojamą bei duodantį atsikartojančius rezultatus spiečių aptikimą. Tyrimui naudojome *Panchromatic Hubble Andromeda Treasury* (PHAT) stebėjimų duomenis ir suskaičiavome 800000 stochastinių spiečių modelius, apimančius plačią parametų erdvę.

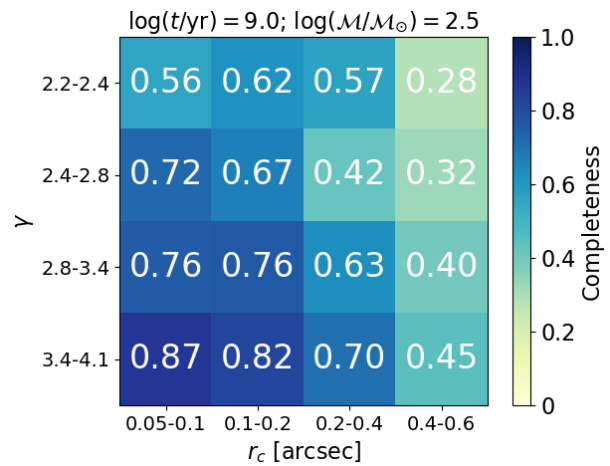
Šiame etape nagrinėjome tik vienos *Hubble Space Telescope* (HST) fotometrines juostas *F475W* nuotraukas. Išreniravome apie 9 milijonų parametų CNN (1 pav.), kuris nustato, ar į 64x64 px langelį patenka spiečius. Šiuo langeliu skenuojame HST nuotrauką 16 px žingsniu XY plokštumoje.

CNN architektūrą sukūrėme remdamiesi ResNet [3] idėjomis. Tinklas buvo treniruotas su ~740000 spiečių modeliais 300 „epochų“, kiekvienoje naudojant 38400 pavyzdžius.



1 pav. CNN architektūra. Rausvi blokai – konvoliucinės grupės (nurodyti filtrų ir konvoliucinių sluoksnių grupė skaičiai); atliekama 2x2 MaxPool2D procedūra; žalsvi blokai žymi sujungtuosius sluoksnius.

Tinklo efektyvumą įvertinome dirbtinių spiečių testu. Ištyrėme kokius spiečius, suprojektuotus ant realaus Andromedos galaktikos disko, tinklas aptinka. Spiečių, kurių amžius ~1 mlrd. m., o masė ~300 M_{\odot} , aptikimo pilnumai parodyti 2 pav. Žmonės tokius spiečius atranda mažiau patikimai nei mūsų CNN. Matome, kad tinklas koncentruotus spiečius aptinka geriau nei padrikus. Taigi, jo architektūrą dar reikia optimizuoti padrikesnių spiečių paieškai.



2 pav. CNN dirbtinių spiečių aptikimo pilnumas, esant skirtingoms struktūrinių parametų (γ ir r_c) vėrtėms. Čia nagrinėti žmonių jau sunkiai aptinkami spiečiai – jų amžius ir masė nurodyti diagramos viršuje.

Pademonstravome, kad CNN yra tinkama priemonė patikimam spiečių aptikimui netgi tankiuose galaktikų diskuose. Pranešime aptarsime pagrindines šio ypatingai svarbaus ir iki šiol dar iki galo neišspręsto uždavinio problemas bei palyginsime CNN rezultatus su PHAT apžvalgoje žmonių interaktyviai aptiktų objektų katalogais [2]. Taip pat, aptarsime metodo taikymo galimybes *Euclid* kosminės observatorijos atliekamai dangaus apžvalgai.

Reikšminiai žodžiai: žvaigždžių spiečiai, konvoliucinis neuroninis tinklas (CNN).

Literatūra

- [1] G. Pérez ir kt., *ApJ*, **907**, 100 (2021).
- [2] L. C. Johnson ir kt., *ApJ*, **802**, 127 (2015).
- [3] K. He ir kt., arXiv:1512.03385 (2015).