# 10/05/2023

# Space Objects Classification via light-curve measurements using deep convolutional neural networks -- Report 10/05/2023.

Autori: Richard Linares, Roberto Furfaro, Vishnu Reddy

## Breve riassunto

L’articolo parla di un metodo di classificazione degli oggetti spaziali attraverso l’analisi della Light Curve (LC).

Viene utilizzata nella ricerca una deep Convolutional Neural Network (CNN).

La ricerca è suddivisa in due parti:

1. Vengono generate migliaia di LC simulate per ogni classe di oggetti selezionati, che vengono utilizzate per addestrare la CNN per apprendere la relazione funzionale tra LC e classi di Space Objects (SO).
2. Una deep CNN viene addestrata utilizzando LC reali per valutare le prestazioni su dati reali, ma con un set di addestramento limitato (circa 500 LC).

### LC simulate

Il metodo utilizzato per simulare la misura della curva di luce è quello di Ashikhmin-Shirley [[(PDF) An Anisotropic Phong Light Reflection Model (researchgate.net)](https://www.researchgate.net/publication/2523821_An_Anisotropic_Phong_Light_Reflection_Model)], mentre l’assetto viene specificato attraverso l’uso degli angoli di Eulero ed implementato attraverso l’uso dei quaternioni.

Per generare il Training Set vengono scelte 4 classi di oggetti:

* Frammenti;
* Rocket Bodies;
* Prismi poligonali regolari;
* Cuboide rettangolare;

Il Rock Body viene schematizzato collegando due semisfere attraverso un cilindro.

Un ulteriore classificazione prevede la distinzione tra satelliti attivi oppure inattivi in base al loro moto di rotazione.

In particolare per identificare che il satellite sia attivo, vengono generate 3 classi di moto:

* Sun pointing, orientato con una faccia sempre verso il Sole (tipo pannelli solari);
* Nadir pointing, orientato verso nord e con un lato puntato sempre verso la superficie terrestre (satelliti di mapping, broadcast, gps);
* Spin-stabilizad, hanno un moto rotatorio prevalente lungo un asse che mantengono inalterato.

### Training set on Real Data

Il training set utilizzato viene preso dal Multichannel Monitoring Telescope (MMT). I dati sono accessibili pubblicamente attraverso astrogard.ru. In particolare per il lavoro di ricerca è stato utilizzato un dataset di 500 LC per oggetti con TLE associate. Le TLE sono i Two Line Elements, un codice alfanumerico che ne identifica la posizione e la traiettoria in un’epoca precisa, e dai quali è possibile estrarne la classe di appartenenza.

Le classi di appartenenza individuabili dalle TLE sono 3

* Debris
* Rocket body
* Satellite attivo

Tali classi vengono utilizzate all’interno della deep CNN.

### CNN classification

Tali reti trasformano l’immagine in input in un punteggio di classe, ovvero la probabilità di appartenere ad una delle classi specificate.

Il vettore di input **X** in questo lavoro è rappresentato da un vettore contenente gli m punti della curva di luce, il vettore **Y** di output rappresenta la probabilità di appartenenza alle singole classi, quindi avente 3 componenti nel caso reale e 4 nel caso simulato.

Viene utilizzata una tecnica detta *t*riplet distributed Stochastic Neighbor Embedding (t-SNE) per visualizzare dati N-dimensionali.

Vengono utilizzati gli embedding per ridurre le dimensioni dello spazio, basandosi sul principio per cui ci si aspetta che punti vicini in uno spazio dimensionalmente elevato siano più vicini in uno spazio con minori dimensioni.

### Conclusioni

Utilizzando le CNN in questo lavoro è stata raggiunta un’accuratezza del 98% su dati simulati e il 75% sui dati reali, un dato superiore rispetto ad altri approcci (come bagged trees).

## Attinenza

La deep CNN in questo lavoro viene utilizzata per un problema di classificazione a differenza del caso di Light Curve Inversion (LCI), per cui resta da capire se è possibile utilizzare tale rete anche nel caso della regressione.

Articoli correlati allo studio della CNN:

* Lee, H., Pham, P.m ,Largman,Y.,Ng,A,Y.: Unsupervised feature learning for audio classification using convolutional deep belief networks
* Alex Krizhevsky, Ilya Sutskever, and Geoffrey E. Hinton: ImageNet classification with deep convolutional neural networks

Light Curve Modelling:

* An Anisotropic Phong BRDF Model