

Lightweight Super-Resolution enhanced network for Object-Detection in Remote Sensing: validation and testing on satellite and space debris detection

Marco Milanese

Ingegneria Informatica e dell'Automazione

Relatore:

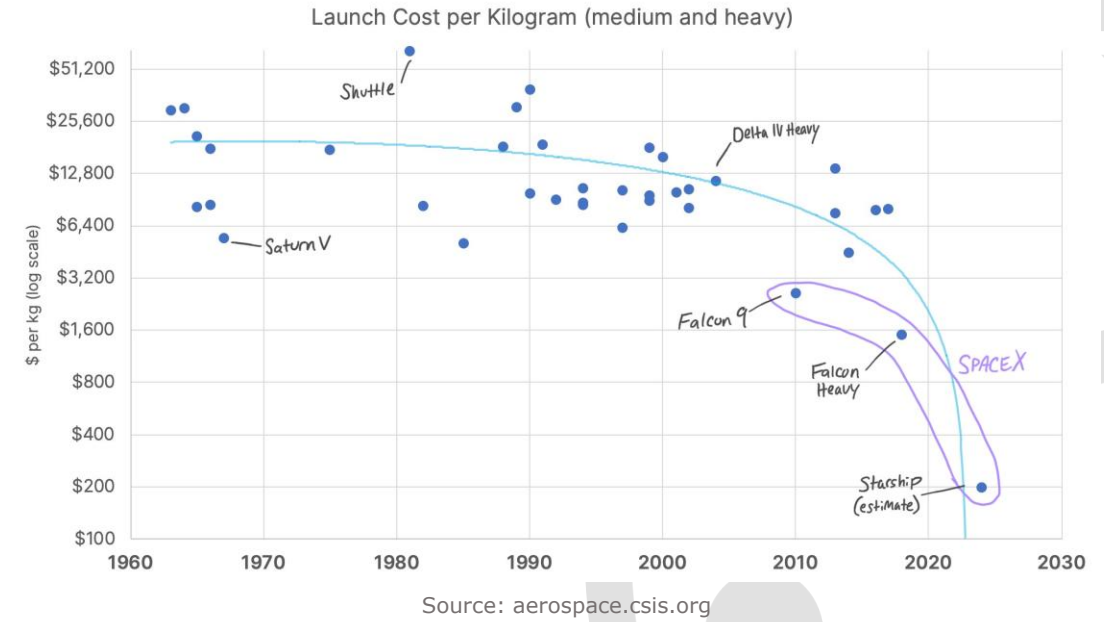
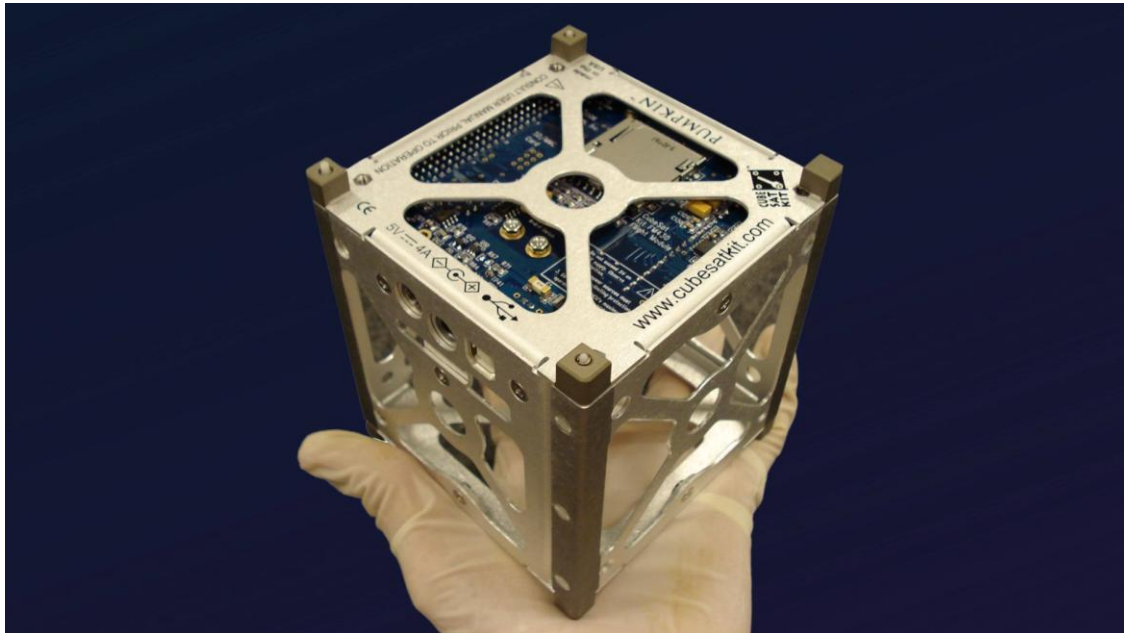
Prof. Nicola Cordeschi

Correlatore:

Dott. Mahshid Kenari
Narimani

L'avanzamento tecnologico nel settore spaziale ha causato nell'ultimo decennio una drastica diminuzione dei costi di lancio.

1U CubeSat



Le università possono sviluppare satelliti con un budget limitato come i CubeSat.

Le limitazioni in termini di budget e spazio non consentono l'uso di strumenti avanzati. Quindi spesso i CubeSat montano hardware con caratteristiche tecniche limitate.

Ad esempio, le fotocamere possono catturare solo immagini in bianco e nero e con bassissima risoluzione.

Dettaglio di un'immagine prima e dopo l'interpolazione bilineare

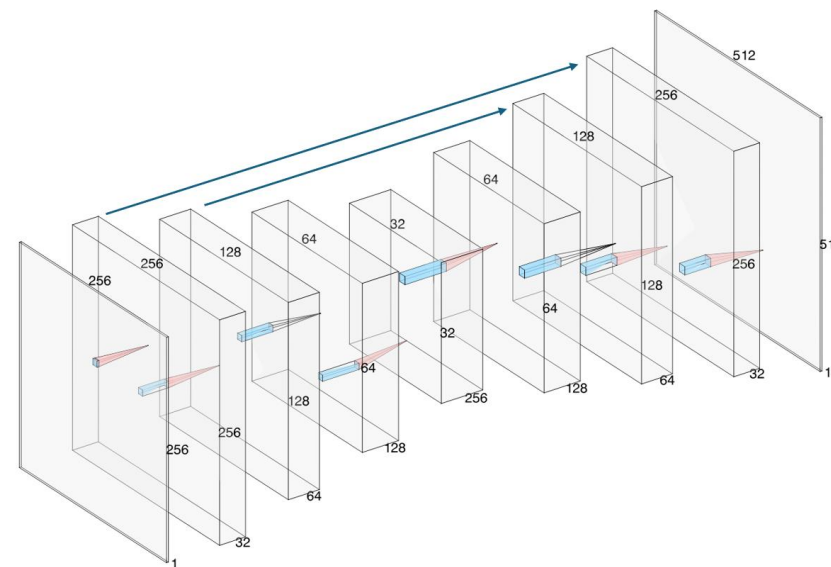
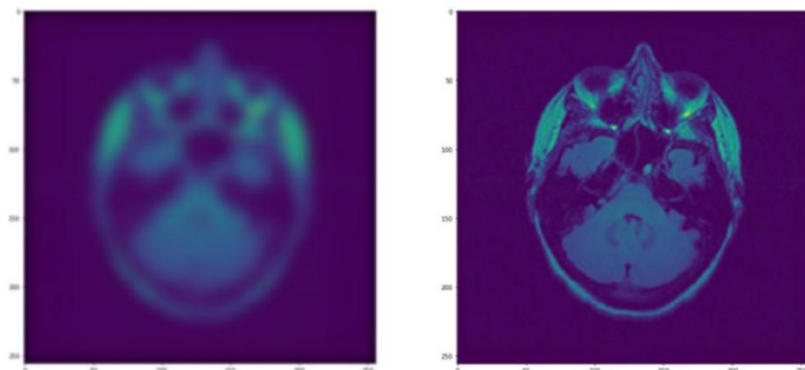


Esempio di immagini a bassa risoluzione

I satelliti hanno bisogno di immagini ad alta risoluzione per task come la rilevazione di altri satelliti o di detriti spaziali. Le tecniche di upsampling classiche però non sono all'altezza.

Un'alternativa all'upsampling tradizionale sono le reti neurali per la «*Super-Resolution*», che generano un'immagine in alta risoluzione a partire da una a bassa risoluzione.

Risonanza magnetica migliorata tramite *Super-Resolution*



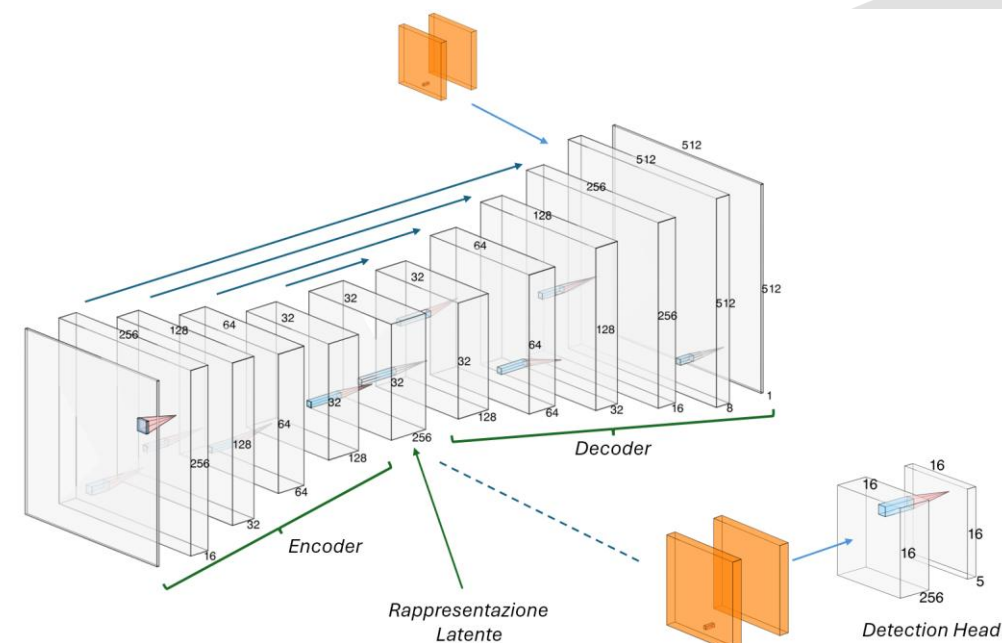
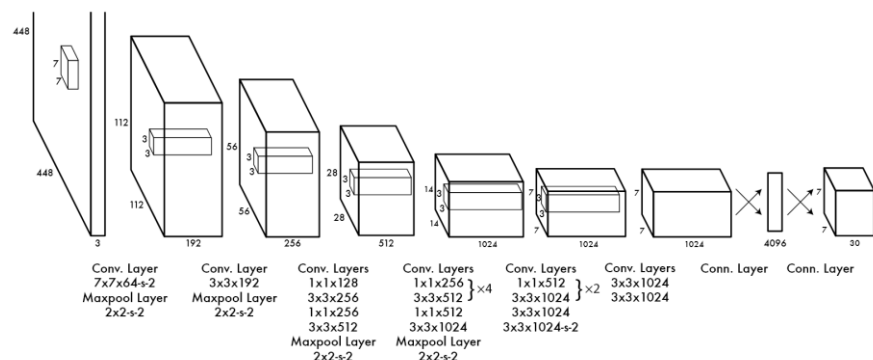
Rete Neurale per la *Super-Resolution*

I modelli di *Super-Resolution* sono comunemente utilizzati in ambito medico per migliorare TAC e risonanze magnetiche.

La soluzione proposta dalla tesi consente di svolgere con una sola rete la *Super-Resolution* e la localizzazione degli oggetti nelle immagini.

La rete è stata progettata per essere efficiente e poco costosa in termini computazionali.

Rete neurale per lo svolgimento della Object Detection



Rete Neurale proposta per la SR e OD

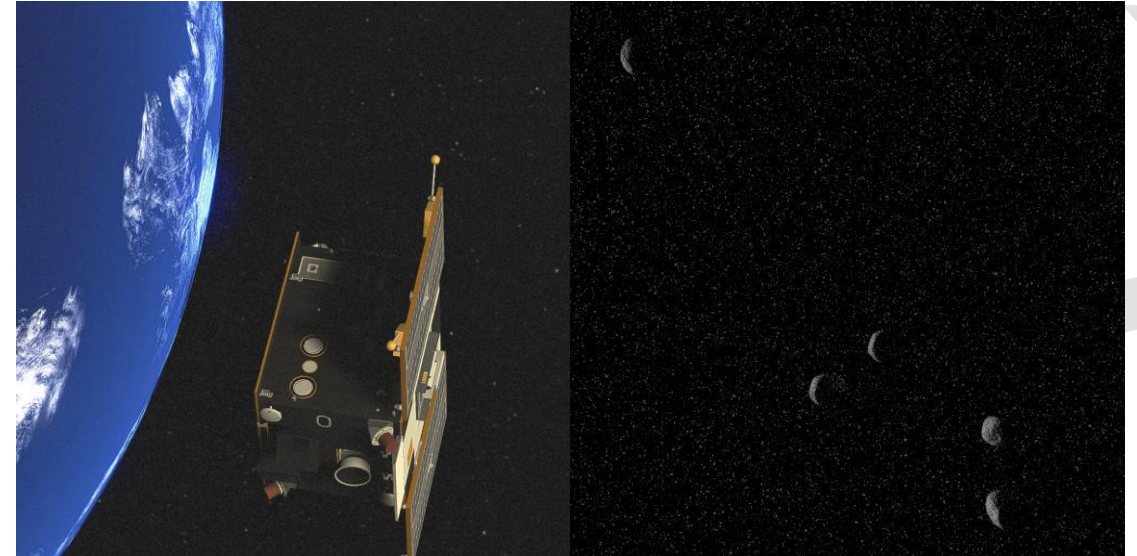
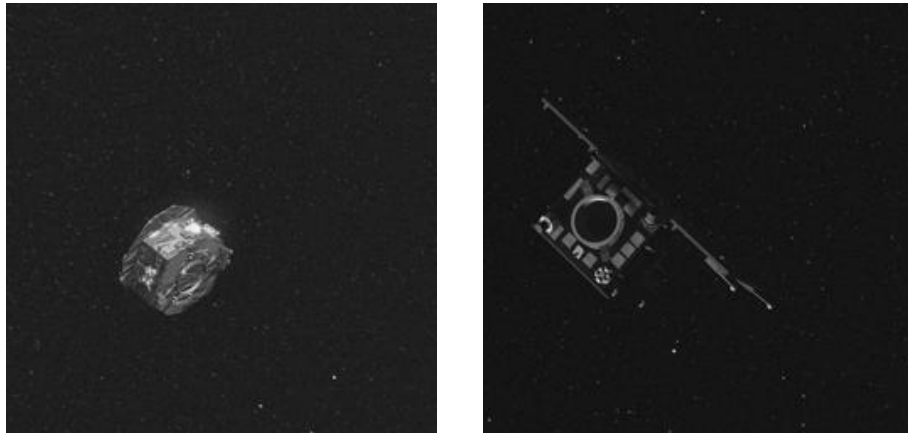
La rete è costituita di tre componenti:

- Encoder
- Decoder
- Detection Head

Per allenare la rete neurale a generare immagini dettagliate e a predire correttamente la posizione degli oggetti nell'immagine sono stati usati 2 dataset:

- SPARK 2022
- Space Debris Dataset

Immagini convertite per simulare gli strumenti di un CubeSat



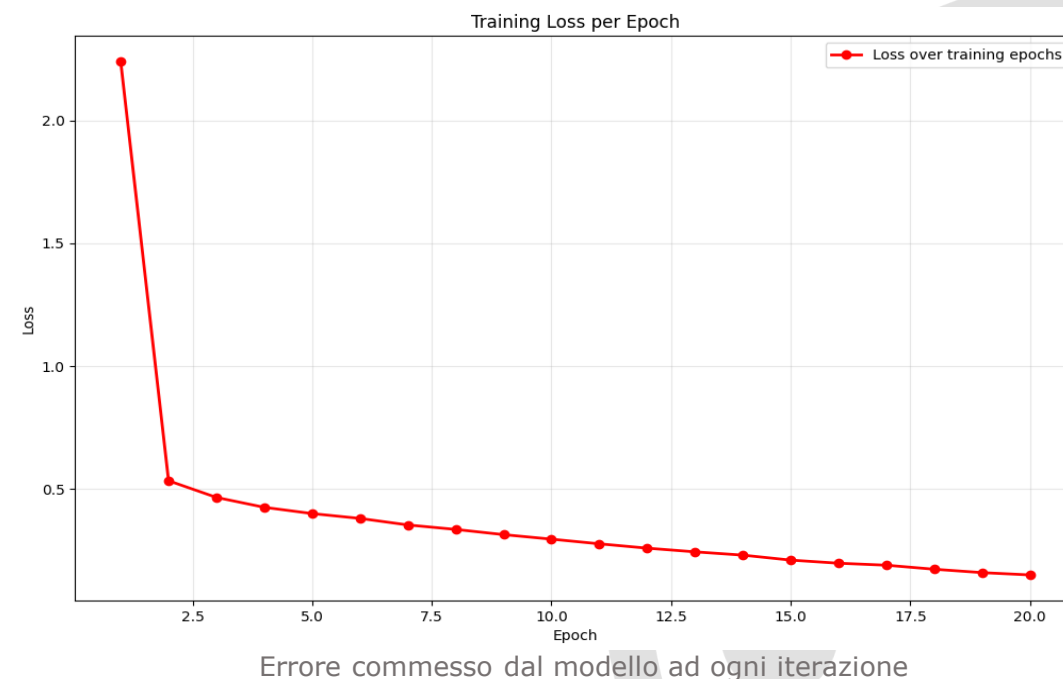
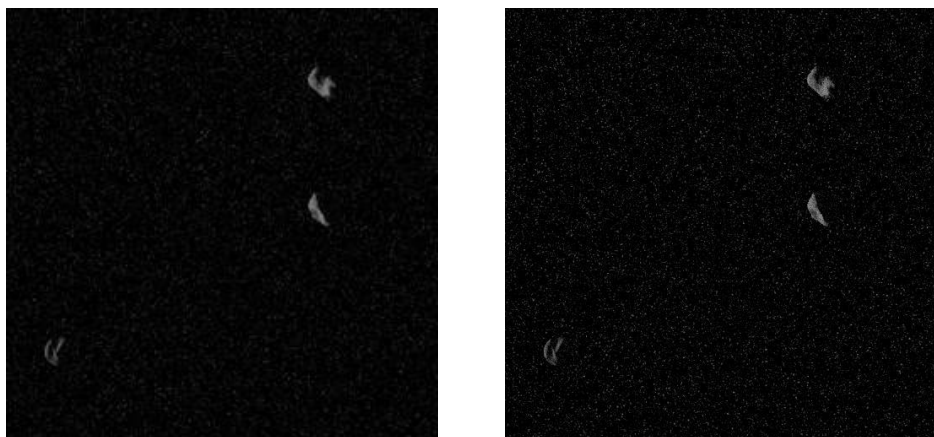
A sinistra un immagine da SPARK e a destra una da Space Debris Dataset

Per simulare le limitate risorse tecniche della strumentazione di bordo di un CubeSat le immagini sono state convertite in bianco e nero e portate ad una risoluzione di appena 256x256 pixel.

Il modello proposto è stato allenato con 20.000 immagini da ogni dataset.

La funzione errore è composta da più termini per spingere il modello a migliorare sia la *Super-Resolution* che la localizzazione degli oggetti.

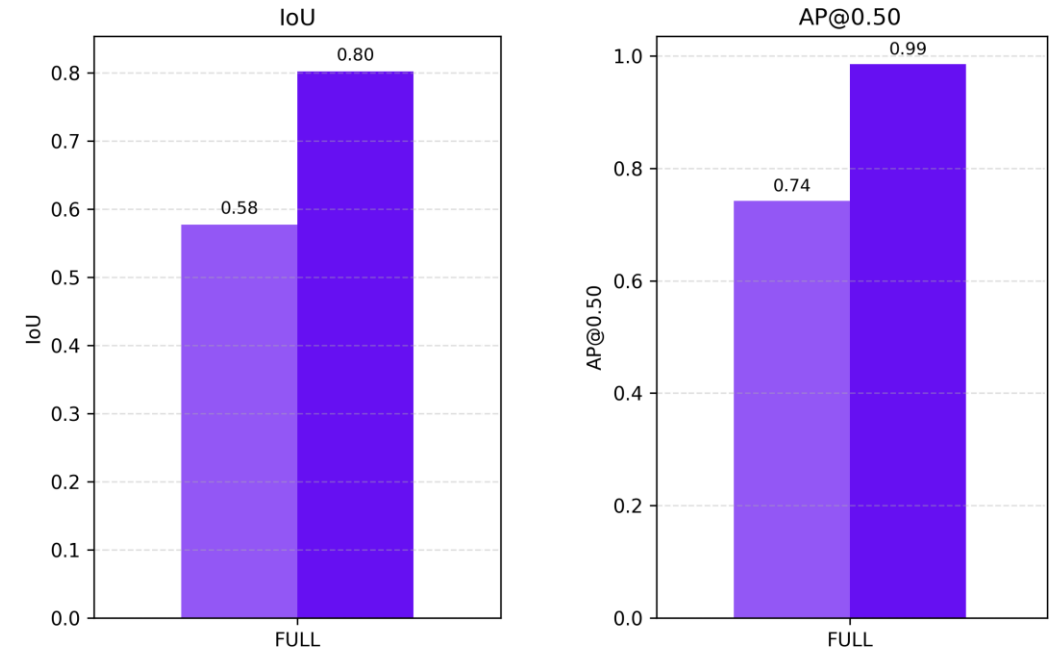
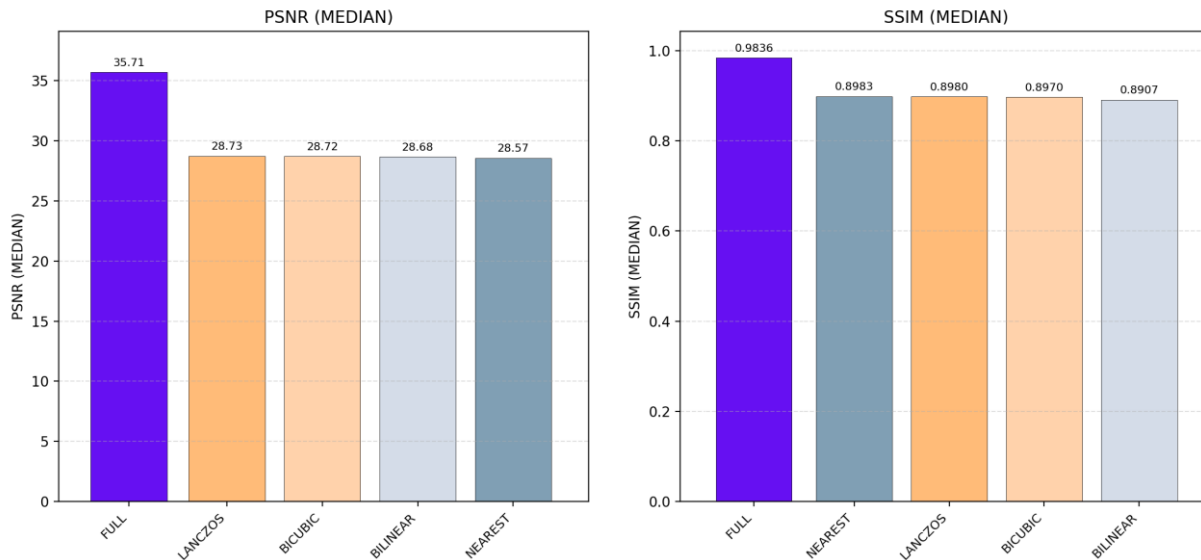
Immagine a bassa risoluzione e corrispondente immagine ad alta risoluzione



Il grafico mostra come l'errore commesso dal modello diminuisca ad ogni epoca di training, fino ad arrivare quasi a zero.

Per testare l'efficacia del metodo proposto sono state usate 5.000 immagini da ognuno dei due dataset che il modello non aveva mai incontrato nel training.

PSNR e SSIM ottenuti mostrano la capacità del modello di generare immagini dettagliate

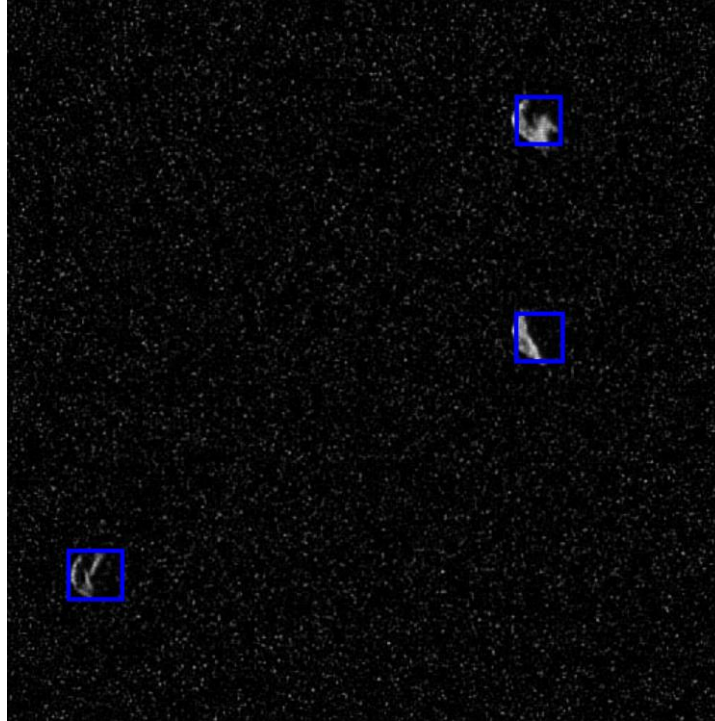


IoU e AP@0.50 mostrano la precisione con cui il modello identifica gli oggetti

I grafici a sinistra mostrano le metriche usate per valutare la *Super-Resolution*, in alto quelle per valutare la *Object-Detection*.



Immagine in bassa risoluzione



Output della rete neurale

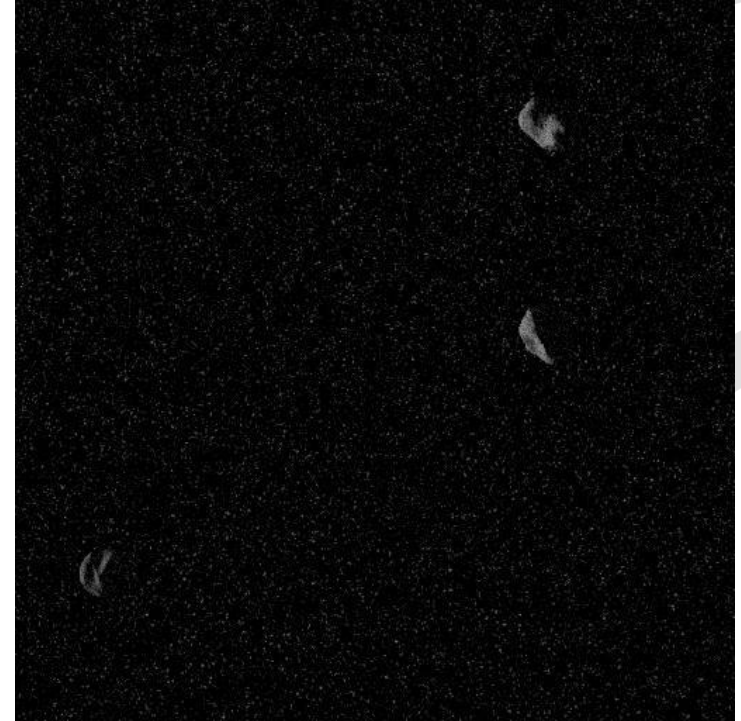


Immagine ad alta risoluzione di riferimento

Si è dimostrato quindi come la rete proposta possa svolgere in maniera ottima entrambe le task, mantenendo un costo computazionale e peso in RAM minimo.

Grazie!

Marco Milanese

Ingegneria Informatica e dell'Automazione

Relatore:

Prof. Nicola Cordeschi

Correlatore:

*Dott.ssa Mahshid Kenari
Narimani*