

# ESPAI

Enhancing Signal Purity with Artificial Intelligence in radio telescopes

*Luca Naso, Koexai S.r.l.*

Spoke 3 Progetti Bandi a Cascata, 09/01/2025

# ESPAI

## Enhancing Signal Purity with Artificial Intelligence in radio telescopes

### Tematica: 4

Intelligenza Artificiale applicata alla feature detection e characterization

### Sotto-tematica: a)

Tecniche innovative per il rilevamento, il riconoscimento e la classificazione di strutture coerenti e la discriminazione del segnale dal rumore in immagini, serie temporali e spettri di natura astrofisica

## Project Overview: challenge and proposed solution

A significant challenge in radio astronomy is related to anthropogenic **interference**, which acts as noise that complicates the identification of astronomical signals.

This interference originates from various **human activities** (communication systems, satellites, power grids, electronic appliances, etc.). Their characteristics can differ significantly based on the geographic location, leading to unique systematic interference profiles for each telescope site. In addition to complicating the scientific analysis, this noise also exacerbates technological challenges by increasing the **volume of data** collected without adding any value. For instance, a single three-hour observation in radio astronomy can generate between **1 to 10 TB** of raw data.

To address these challenges, ESPAI aims to develop a Machine Learning-based system that can identify interferences in observations. The first step involves creating a **realistic synthetic dataset of celestial signals** using Generative AI, which will serve as a benchmark for distinguishing genuine astronomical signals from noise. Then, an **anomaly detection system** will be designed to analyse real observations and identify instances of human interference. Finally, a **parametric system** will be implemented to allow customization based on the specific geographic location of each radio telescope.

## Technical Objectives and Methodologies

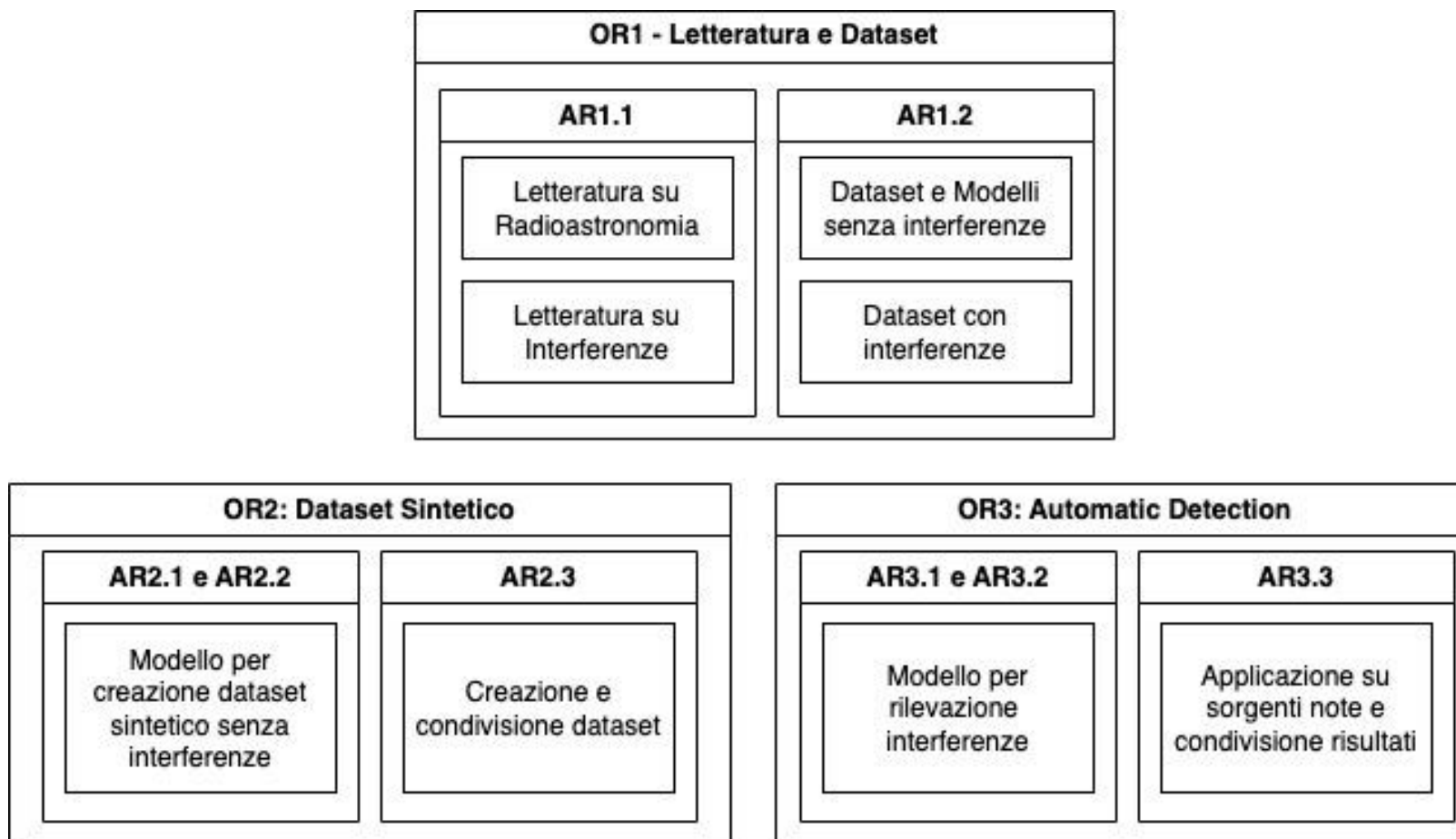
**Anomaly Detection system:** development of an automatic system for identifying human-made radio interference using cutting-edge AI algorithms. The project will explore the possibility of implementing the system for real-time usage, thus reducing the data storage volume.

**Synthetic dataset of pure observations:** development of an innovative framework based on Generative AI algorithms, such as Variational Autoencoders, Stable Diffusion models, and Generative Adversarial Networks (GANs). This framework will facilitate the generation of realistic synthetic celestial data that is free from human-made interferences, providing a valuable resource for training and validating detection models.

**Parametric System:** creation of a parametric system of interference detection, that allows for customization based on the geographic location of the radio telescope.



# Technical Objectives and Methodologies



## Involved Staff and new recruitments

**Spoke Scientific Advisor:** Prof. Pasquale Mazzotta, Università degli studi di Roma, Tor Vergata

**Koexai Team** size: 2,67 FTE = 4.600 hours

1. Luca Naso: Project Lead (PhD in Astrophysics)
2. Marco Cataldo: Project Administrative Manager
3. Romina Anfuso: Project Manager
4. Vincenzo Del Zoppo: Data Scientist Team Lead
5. Stefano Calì: Senior Data Scientist (PhD in Elementary Particle Physics)
6. Aldo Barca: Data Scientist

# Gantt

OR	AR	Titolo	T1			T2			T3			T4		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		<i>Studio e qualificazione del dominio radioastronomico e dei dataset disponibili</i>	█	█	█	█								
	1.1	Studio e ricerca dello stato dell'arte sulle interferenze nelle osservazioni radioastronomiche	█	█										
	1.2	Studio e ricerca di dataset di interferenze e di modelli teorici di segnali celesti senza interferenze di origine umana, e preparazione dei dati		█	█	█								
2		<i>Ricerca e determinazione di un framework di AI generativa per la creazione di dati sintetici senza interferenze di origine umana</i>			█	█	█	█	█	█	█	█		
	2.1	Ricerca e ideazione di tecniche di AI generativa per la creazione di dati sintetici di segnali privi di interferenze umane			█	█	█	█	█					
	2.2	Evoluzione e caratterizzazione del modello di AI generativa							█	█	█	█	█	
	2.3	Creazione di un catalogo di osservazioni sintetiche prive di interferenze umane e condivisione dei risultati di ricerca										█	█	█
3		<i>Studio e definizione di modelli di Anomaly Detection per la rilevazione di interferenze di origine umana nei segnali radioastronomici</i>					█	█	█	█	█	█	█	
	3.1	Studio e ideazione di tecniche di Anomaly Detection per la rilevazione dei segnali di interferenza umana dalle osservazioni					█	█	█	█	█	█		
	3.2	Evoluzione e caratterizzazione del modello di rilevazione delle interferenze								█	█	█	█	
	3.3	Valutazione del modello su osservazioni radioastronomiche reali e condivisione dei risultati											█	█

## Timescale, Milestones, SAL

Project start: Dec 2024

