Integrazione di analisi d'immagine e tecnologia RGB-D per il rilevamento e la stima dimensionale dei frutti di arancio in pieno campo

Roberto Massenti[1*], Alessandro Carella[1], Baptiste Paul Ernest Lucas[2], Safouane El Ghazouali[2], Pedro Tomas Bulacio Fischer[1], Gabriele Milazzo[1], Francesca Venturini[2,3], Umberto Michelucci[2,4], Riccardo Lo Bianco[1]

[1] Dipartimento Scienze Agrarie, Alimentari e Forestali (SAAF), Università degli Studi di Palermo, Palermo, Italy

[2] TOELT LLC Machine Learning Research and Development, Duebendorf, Switzerland

[3] ZHAW Zurich University of Applied Sciences, School of Engineering, Institute of Applied Mathematics and Physics, Winterthur, Switzerland

[4] HSLU Lucerne University of Applied Sciences and Arts, Computer Science Department, Risch-Rotkreuz, Switzerland

[*] roberto.massenti@unipa.it

Gruppo di Lavoro in Sensoristica ed Intelligenza Artificiale in Ortoflorofrutticoltura

II Giornate Tecniche SOI
Bari 10-11 settembre 2026

INTRODUZIONE

Gruppo di Lavoro in Sensoristica ed Intelligenza Artificiale in Ortoflorofrutticoltura





Perché misurare i frutti in campo?

- ✓ **Carico produttivo**
- ✓ **Pezzatura**
- ✓ **Stima della resa**

- x **Misure manuali**

OCCLUSIONE



SOVRAPPOSIZIONE



ILLUMINAZIONE



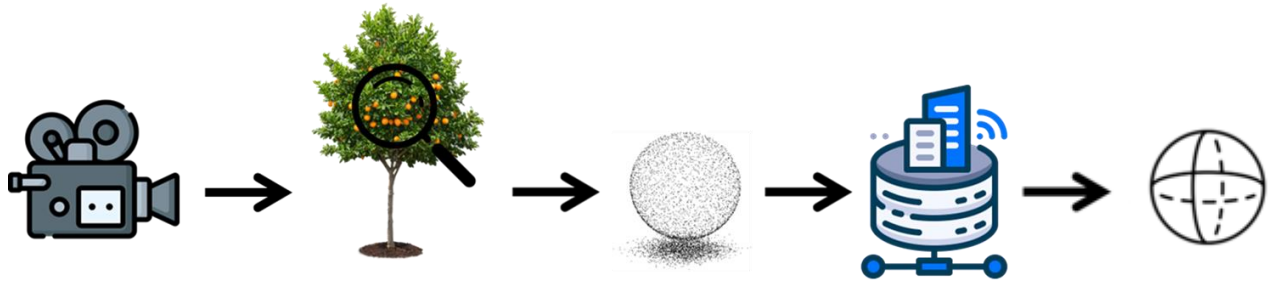
DISTANZA



Gruppo di Lavoro in
Sensoristica ed Intelligenza Artificiale
in Ortoflorofrutticoltura

OBIETTIVI

Rilevare in modo non distruttivo i frutti di arancio direttamente sulla pianta e stimarne le dimensioni



Rilevamento automatico dei frutti



Stima del diametro dei frutti





MATERIALI E METODI

Gruppo di Lavoro in Sensoristica ed Intelligenza Artificiale in Ortoflorofrutticoltura





Navelina





Washington Navel





Tarocco





Sanguinello moscato







Valencia



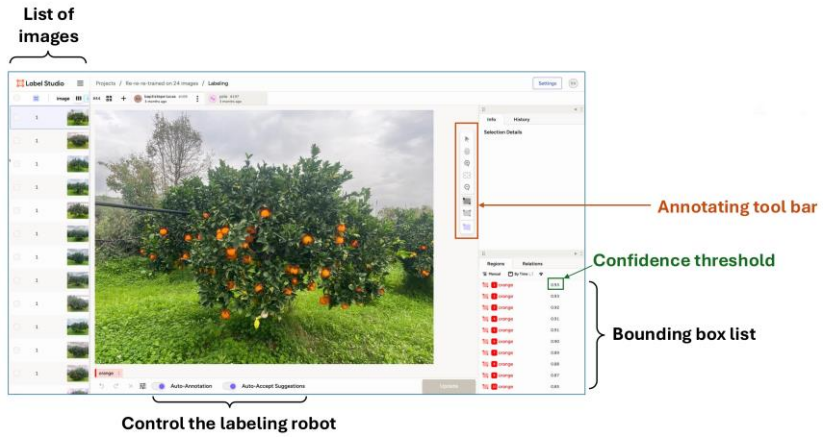
Gruppo di Lavoro in Sensoristica ed Intelligenza Artificiale in Ortoflorofrutticoltura

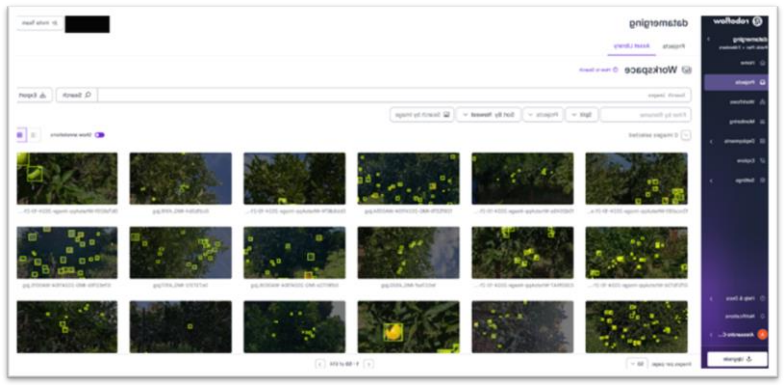
865 IMMAGINI ORIGINALI





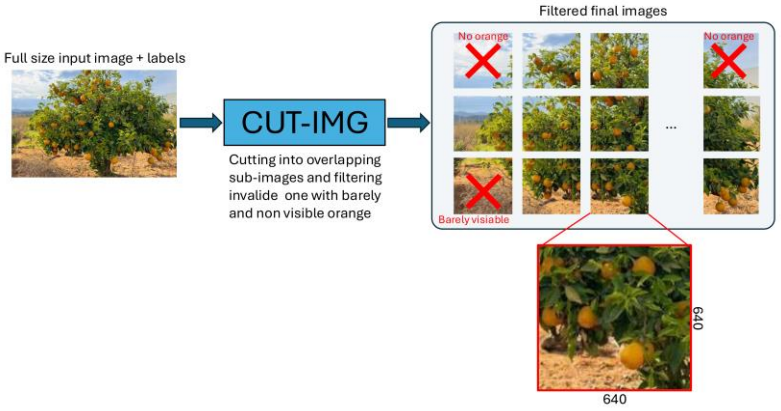
PRE-ANNOTAZIONE CON YOLO + LABEL STUDIO





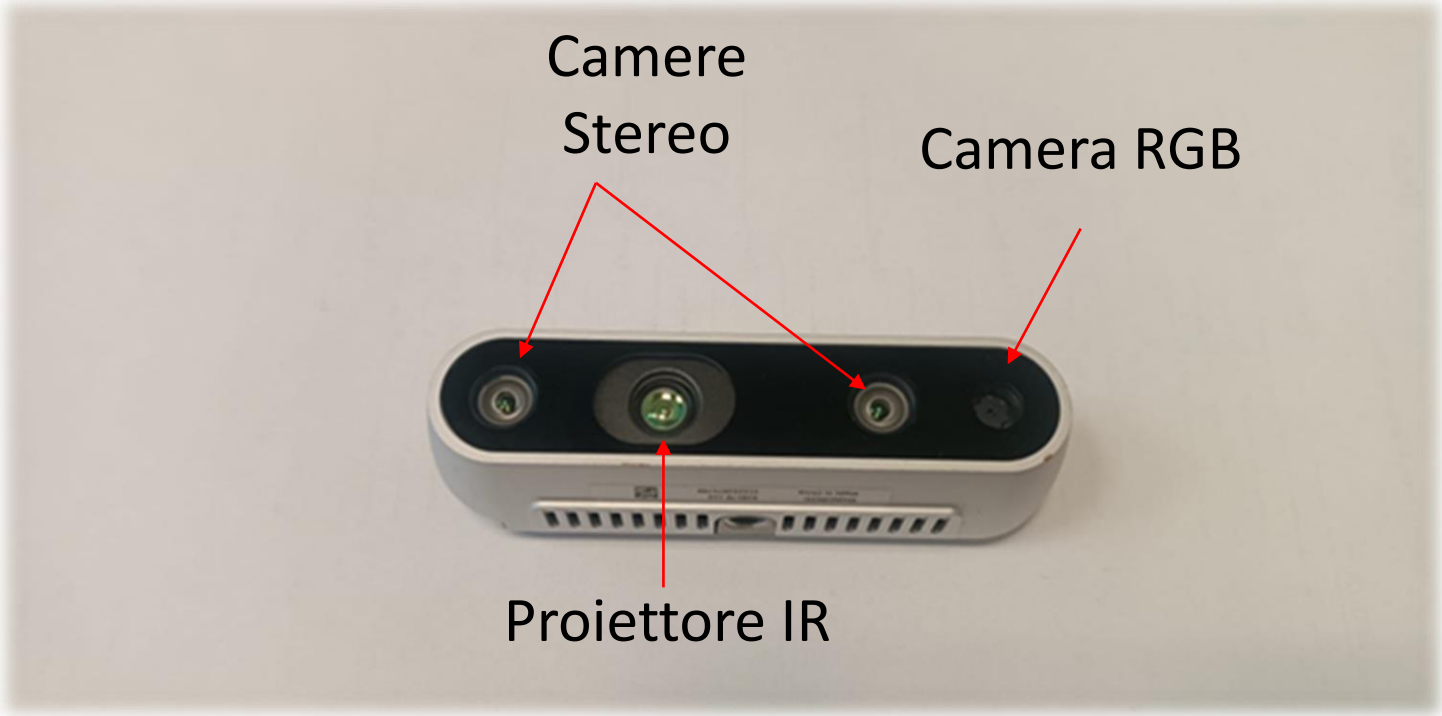
REVISIONE MANUALE CON ROBOFLOW

SUDDIVISIONE IN IMMAGINI 640X640 CON CUT-IMG



CONTROLLO E REVISIONE CON CLIP

5025 IMMAGINI FINALI E 43038 FRUTTI ANNOTATI

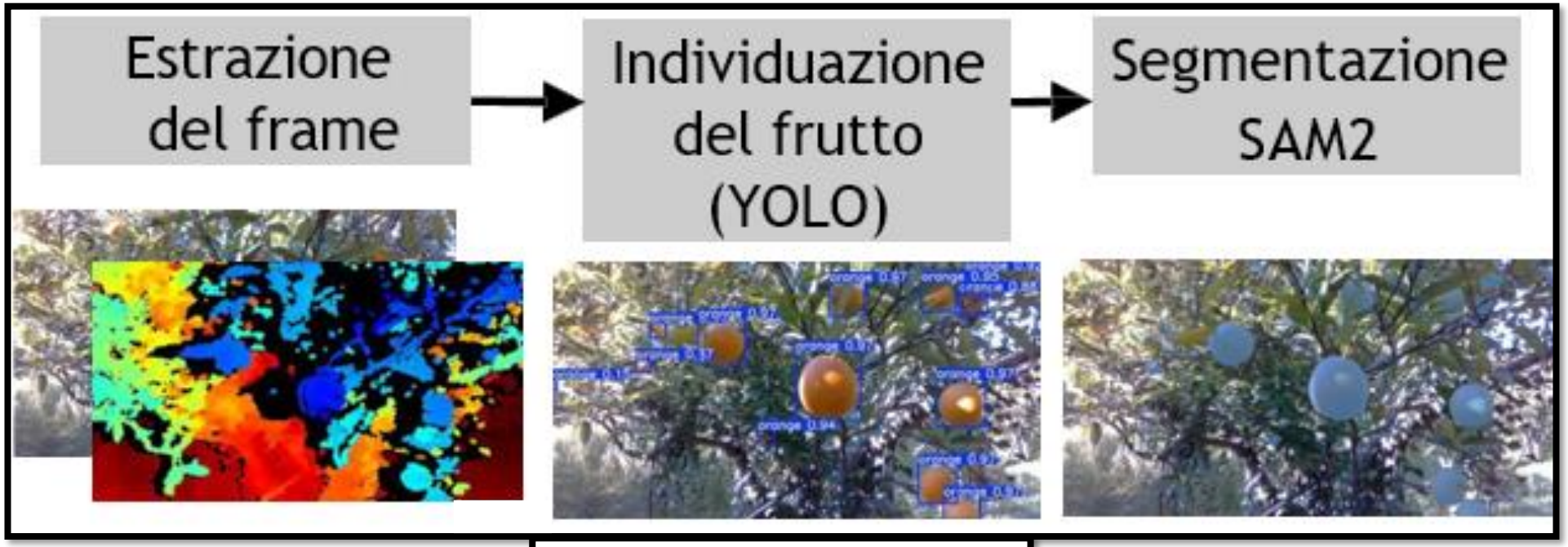


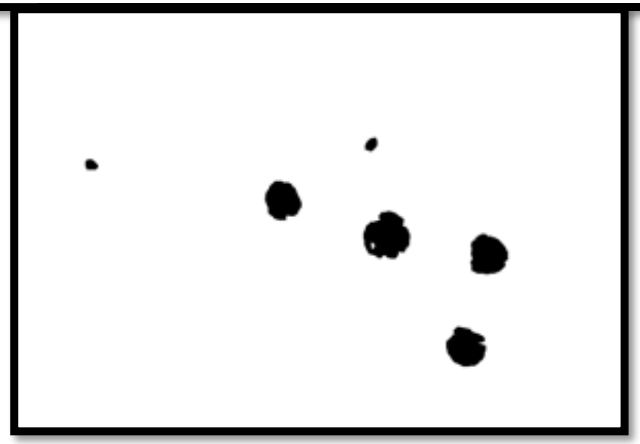
- ✓ Arancio ‘Valencia’ 44 frutti
- ✓ Intel RealSense D435i 1280 × 720 px
- ✓ Distanza ≈ 40 cm
- ✓ Calibro elettronico





Dall'immagine RGB-D alla ricostruzione tridimensionale del frutto





Nuvole di punti filtrate

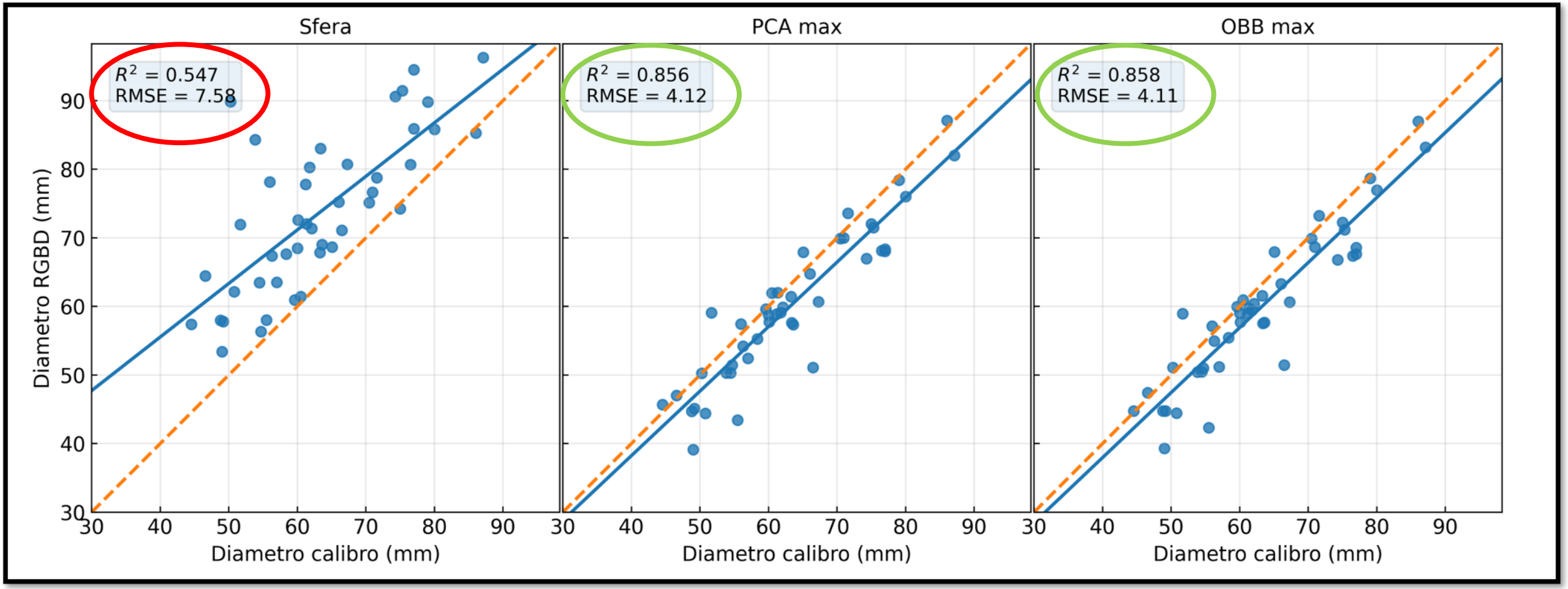
- ✓ Fitting sferico
- ✓ Principal Component Analysis
- ✓ Oriented Bounding Box

RISULTATI

Gruppo di Lavoro in Sensoristica ed Intelligenza Artificiale in Ortoflorofrutticoltura

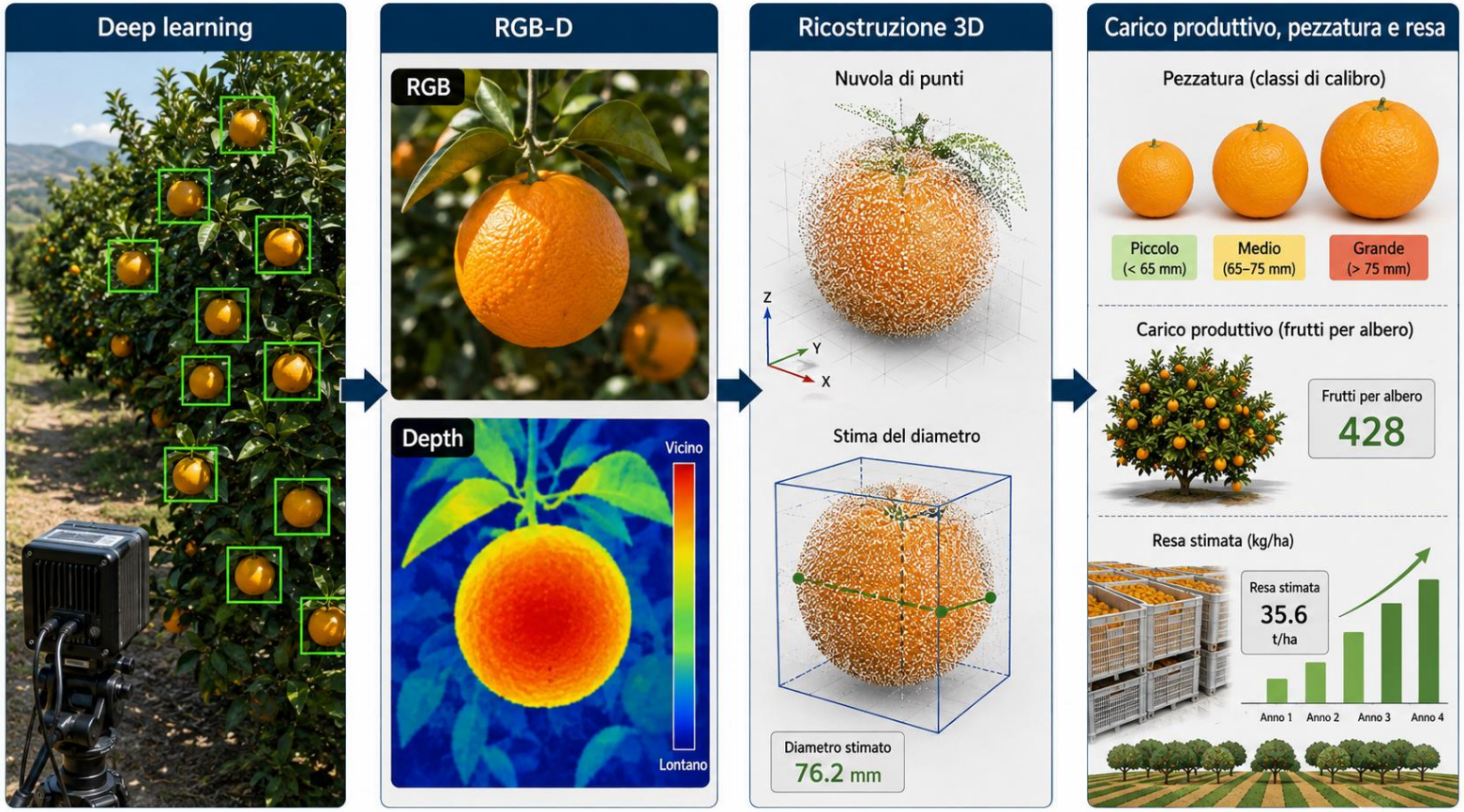
YOLOv10x	vs	RT-DETR
0,91	Precisione	0,73
0,88	Sensibilità	0,92
0,89	mAP@0.5	0,85

RT-DETR → + frutti rilevati ma anche + falsi positivi → > sensibilità, < precisione


Sfera
R^2 = 0.547
RMSE = 7.58
PCA max
R^2 = 0.856
RMSE = 4.12
OBB max
R^2 = 0.858
RMSE = 4.11
Diametro RGBD (mm)
Diametro calibro (mm)
Diametro calibro (mm)
Diametro calibro (mm)
30
40
50
60
70
80
90

CONCLUSIONI

Gruppo di Lavoro in Sensoristica ed Intelligenza Artificiale in Ortoflorofrutticoltura



È possibile passare dal semplice rilevamento del frutto alla sua misura 3D direttamente sulla pianta.

PCA e OBB hanno stimato il diametro con un errore di circa 4 mm in condizioni reali di campo.

L'integrazione tra deep learning e tecnologia RGB-D apre quindi la strada al monitoraggio non distruttivo della crescita, della pezzatura e, in prospettiva, del carico produttivo e della resa.

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

