

Miglioramento della qualità, sostenibilità e sicurezza d'uso nella de-amarizzazione delle olive da tavola attraverso processi innovativi a scala pilota

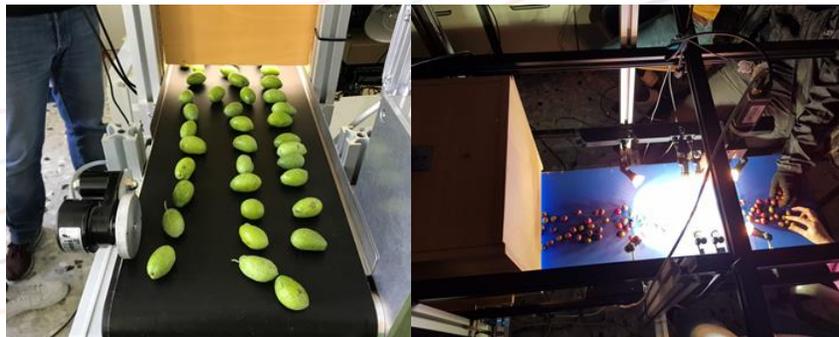
WP2: Implementazioni tecnologiche innovative

Task 2.2: Nuove tecniche di selezione ottica e spettrale

Task Leader: Francesca Antonucci
CREA-IT Monterotondo (RM)

25 Maggio 2023
CREA-IT Cepagatti (Pescara)

Identificazione del **grado di maturazione** e della presenza o meno di **difetti**, subito dopo la raccolta e/o dopo processi di deamarizzazione, attraverso metodi di **visione artificiale** rapidi, ripetibili ed oggettivi, in combinazione con metodi di **statistica multivariata** e **intelligenza artificiale**, a partire da immagini **statiche** (solo RGB) e da immagini **real-time** (RGB e/o VIS-NIR) acquisite tramite sistema optoelettronico traslante appositamente costruito



Sistemi offline



Maturazione

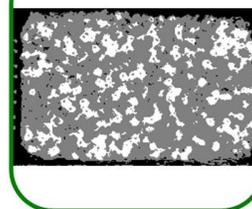


Immagini
RGB cassette



Analisi statistiche

k-NN



Sistemi real-time



Maturazione/Qualità



Esterna
(RGB)

Banco traslante
1 camera



Banco traslante
2 camere



Interna
VIS-NIR

Banco traslante
2 camere

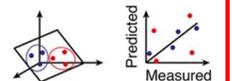


Analisi statistiche

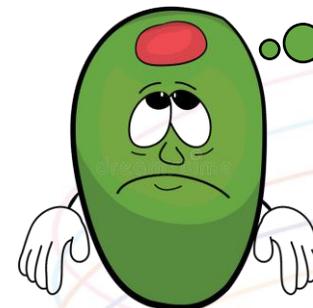
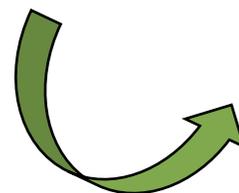
YOLO



Modelli classificatori
multivariati



Obiettivo: Identificare il **grado di maturazione** di lotti di olive (i.e., Carboncella, Frantoio e Leccino) attraverso un sistema di visione artificiale, **ripetibile ed oggettivo**, analizzando semplici immagini RGB di cassette di olive appena raccolte attraverso l'algoritmo di clustering *k-Nearest Neighbors* (k-NN)

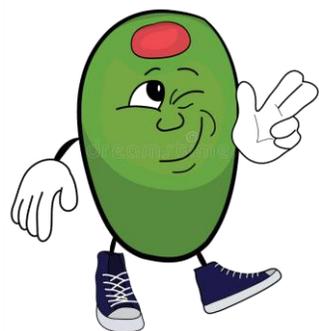
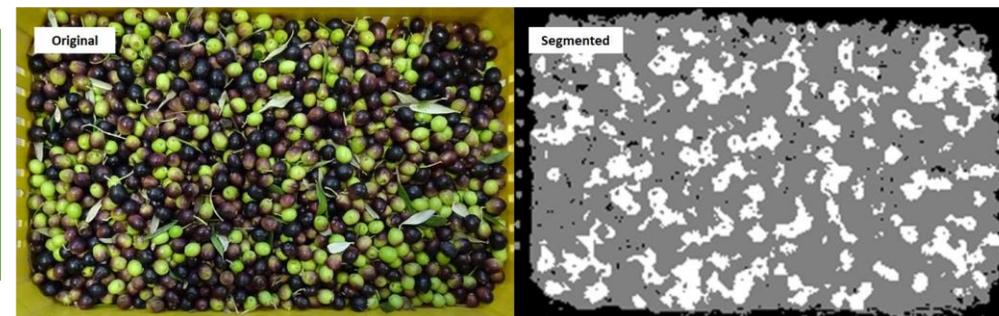


Indice di Jaén
unico metodo per
identificare
maturazione (non
oggettivo e lento)

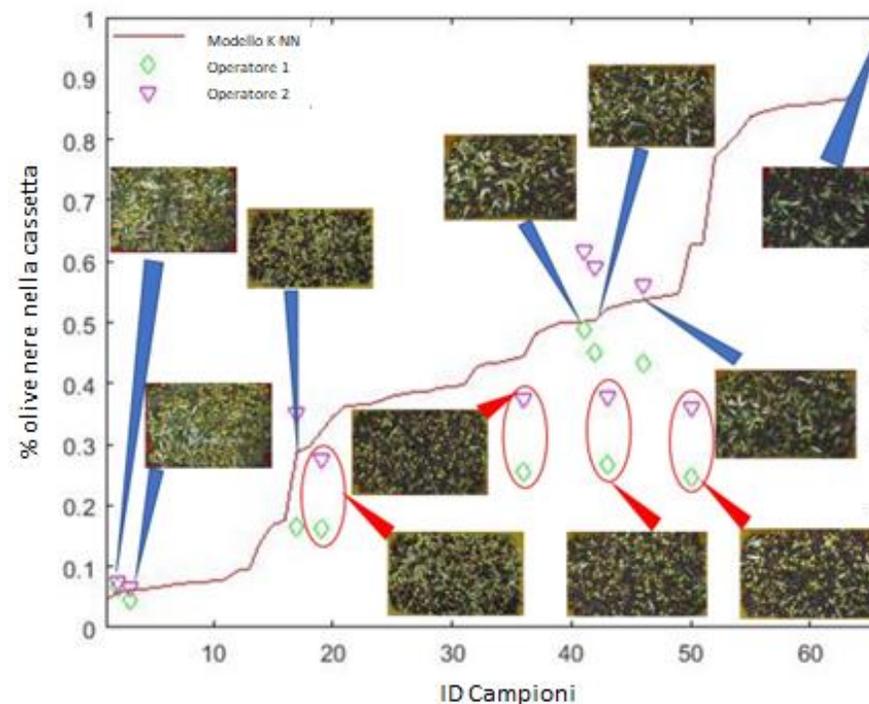
- Olive in diversi stadi di maturazione poste in **cassette**
- Acquisite **immagini** con *color checker* utile per la calibrazione colorimetrica automatica
- Validazione: **2 operatori** hanno identificato olive verdi, nere e invaiate

Classificazione pixel con *k-NN*:

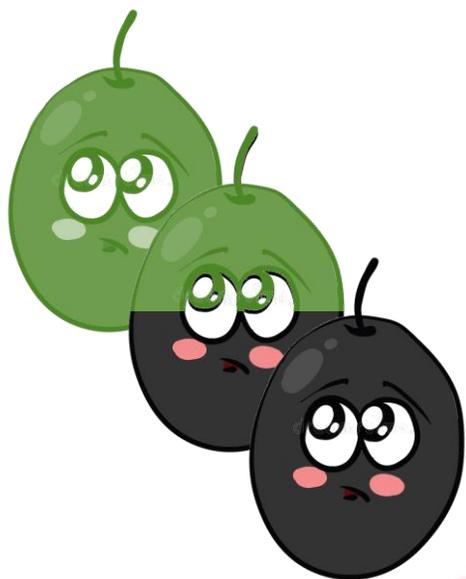
- pixel bianchi → olive mature (nere)
- pixel grigi → olive acerbe (verdi)
- pixel neri → altre classi (invaiate, sfondo...)



- Buona accuratezza di classificazione
- Metodo **oggettivo** e **ripetibile** grazie alla calibrazione colorimetrica automatica
- Possibile implementazione in **app mobile**
- Ottimizzazione delle **pratiche agronomiche** e della pianificazione della raccolta differenziate
- Sistema agricolo **più efficiente** con produzioni di **qualità superiore**



Obiettivo: Le tecniche rapide e non distruttive impiegate in questa attività di ricerca che vedono l'applicazione dell'analisi di immagine in combinazione all'utilizzo di algoritmi di intelligenza artificiale, hanno permesso di classificare il **grado di maturazione** delle olive ed i loro **aspetti qualitativi esterni ed interni** nelle fasi sia di **post-raccolta** che di **post-trasformazione**



- 1) classificazione dei **difetti (esterni)** di diversi lotti di olive attraverso **analisi di immagini RGB** in combinazione con l'utilizzo di **reti neurali convoluzionali**
- 2) classificazione del **grado di maturazione e dei difetti (esterni ed interni)** di diversi lotti di olive attraverso **analisi di immagini RGB e VIS-NIR** in combinazione con l'utilizzo di **reti neurali convoluzionali** e **modelli classificatori multivariati di intelligenza artificiale**
- 3) analisi di filiera: classificazione dei **difetti (esterni)** di lotti di **olive fresche e trasformate** in salamoia attraverso **analisi di immagini RGB** in combinazione con l'utilizzo di **reti neurali convoluzionali**

Sistemi real-time (1):

Classificazione dei **difetti (esterni)** di diversi lotti di olive attraverso **analisi di immagini RGB** in combinazione con l'utilizzo di **reti neurali convoluzionali**

Obiettivo: testare l'efficienza di un sistema real-time (sistema optoelettronico banco traslante con una camera RGB) per la selezione qualitativa massiva (difetti esterni generali) di cultivar di olive in combinazione con l'utilizzo di reti neurali convoluzionali

Sistema optoelettronico ad una camera RGB [Mako con sensore di tipo CMOS e risoluzione 1456 (H) × 1088 (V)]

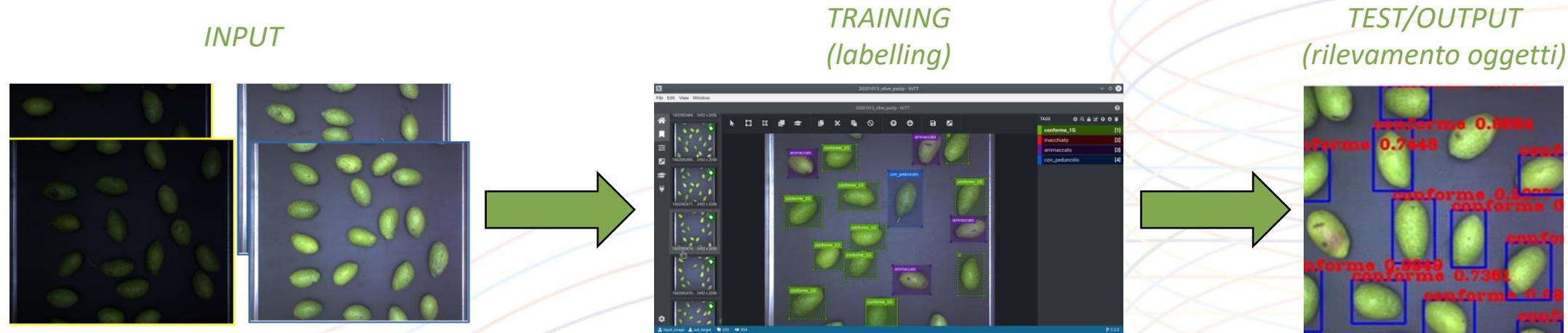


Sistemi real-time (1):

Classificazione dei **difetti (esterni)** di diversi lotti di olive attraverso **analisi di immagini RGB** in combinazione con l'utilizzo di **reti neurali convoluzionali**

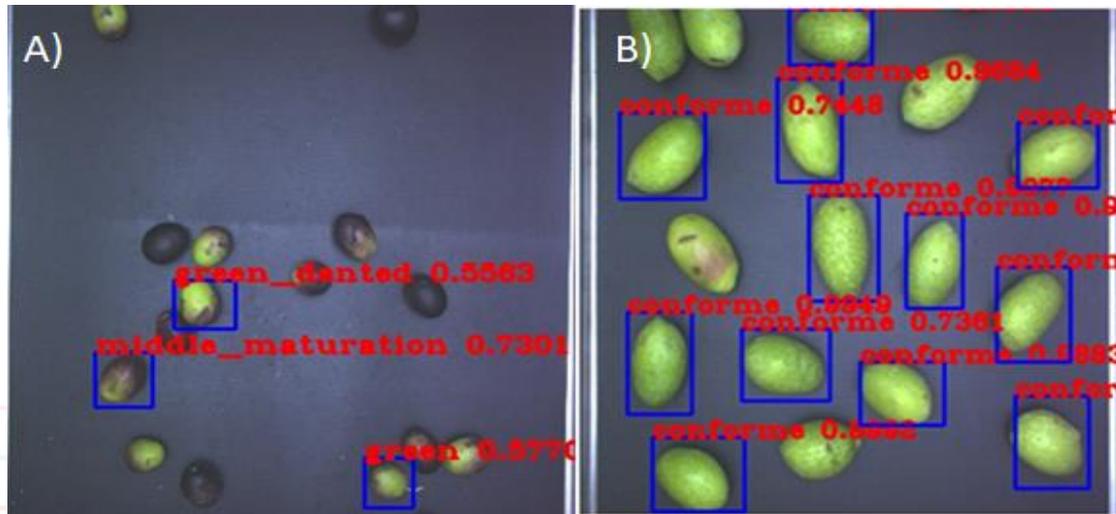
Reti neurali convoluzionali (CNN) → You Only Look Once (YOLO)

- Una CNN è un'architettura di **Deep Learning** che apprende direttamente dai dati
- Sono particolarmente utili per trovare dei pattern nelle immagini in modo tale da **riconoscere gli oggetti**
- Le YOLO sono sufficientemente veloci da poter riconoscere gli oggetti in **real-time**



- ✓ Testare la rete implica che, nel caso della classificazione di oggetti, devono essere fornite **immagini con associate delle etichette**
- ✓ L'algoritmo attiva delle funzioni che faranno questa associazione **automaticamente**
- ✓ In genere più il **dataset** è **ampio** più la rete diventa efficiente

- A) Classi di difetti delle cultivar **Carboncella, Frantoio e Leccino**: nero (1); nero ammaccato (2); verde (3); verde ammaccato (4); invaiato (5); invaiato ammaccato (6); altro (7)
- B) Classi di difetti delle cultivar **Bella di Cerignola**: regolare (1); ammaccato (2); macchiato (3); pedunculato (4).



Reti neurali convoluzionali (YOLO)

L'algoritmo della YOLO è stato addestrato sull'80% del dataset e testato sul restante 20% utilizzando due differenti set di dati:

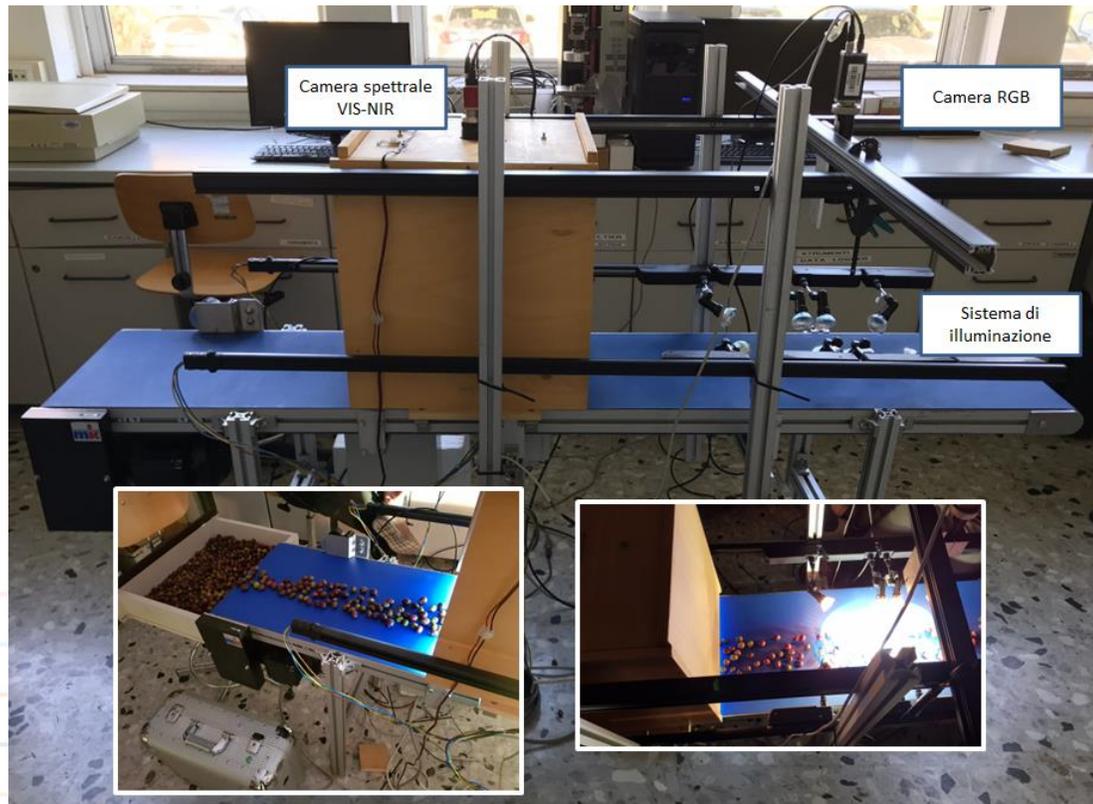
- il primo composto da 1500 immagini per le cultivar Carboncella, Frantoio e Leccino
- il secondo da 930 immagini per la cultivar Bella di Cerignola

I risultati hanno mostrato un'accuratezza di classificazione superiore al 95% per entrambi i tipi di olive con un errore marginale

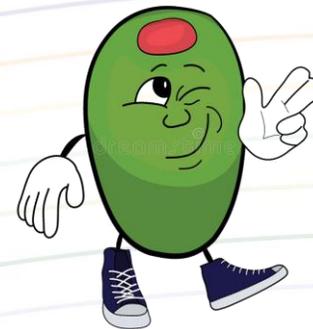
Sistemi real-time (2):

Classificazione del **grado di maturazione e dei difetti (esterni ed interni)** di diversi lotti di olive attraverso **analisi di immagini RGB e VIS-NIR** in combinazione con l'utilizzo di **reti neurali convoluzionali e modelli classificatori multivariati di intelligenza artificiale**

Obiettivo: ricavare un modello di classificazione, sia del **grado di maturazione** che della presenza o meno dei **difetti**, generalizzabile a prescindere dall'appartenenza alla cultivar tramite un sistema real-time optoelettronico banco traslante con due camere (RGB e VIS-NIR) appositamente implementato per il progetto



Banco traslante a due camere: una camera RGB MANTA G-504 con sensore CCD e una risoluzione 2452 (H) × 2056 (V) e una camera VIS-NIR mSpec V10 (Specim Ltd, Oulu, Finland) operante tra i 400-700 nm (step 10 per tot 32 bande) posizionata sopra la cassetta di legno per acquisire i valori di riflettanza spettrale ricavati dall'emissione della luce emessa dalle lampade



Sono stati analizzati, per quanto riguarda il grado di maturazione e i difetti sia interni (**VIS-NIR**) che esterni (**RGB**), lotti di olive provenienti da **diversi campionamenti ed anni** delle cultivar: **Grossa di Cassano, Itrana e Leccino**

Sistemi real-time (2): Analisi di difetti interni (immagini VIS-NIR)

- 1) Classificazione del **grado di maturazione** delle cultivar considerate tutte insieme
- 2) Classificazione dei **difetti** per ogni singola cultivar per ogni loro grado di maturazione



Algoritmi classificatori supervisionati (ogni classe è stata etichettata) con tool Weka

k-fold Cross validation per suddividere i dataset

Training con algoritmo Logistics regression

Test

Sistemi real-time (2): Analisi di difetti interni (immagini VIS-NIR)

Risultati

Classificazione del **grado di maturazione** (i.e., verdi, invaiate e nere) delle cultivar considerate tutte insieme (i.e., Grossa di Cassano, Itrana e Leccino)

Maturazione (Itrana, Leccino, Grossa di Cassano insieme)	% corretta classificazione
Verdi	100
Nere	98.31
Invaiate	98.96

Classificazione dei **difetti** (i.e., conformi vs danneggiate) delle singole cultivar considerando i gradi di maturazione insieme

Conformi vs Danneggiate (gradi di maturazione insieme)	% corretta classificazione
Itrana	72.76
Leccino	85.01
Grossa di Cassano	81.67

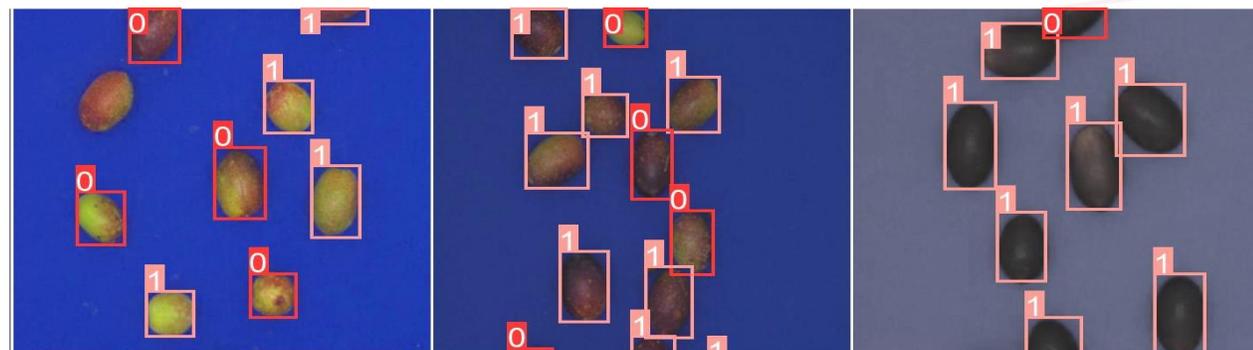
Sistemi real-time (2): Analisi di difetti esterni (immagini RGB)

- 1) Classificazione delle olive conformi e danneggiate per ogni **singola cultivar** (i.e., Grossa di Cassano, Itrana e Leccino)
- 2) Classificazione delle **olive conformi e danneggiate** a prescindere dall'appartenenza alla cultivar (modello "multi-cultivar")

Output di immagine classificata dalle YOLO:

"0" → olive danneggiate

"1" → olive conformi



Grossa di Cassano

Itrana

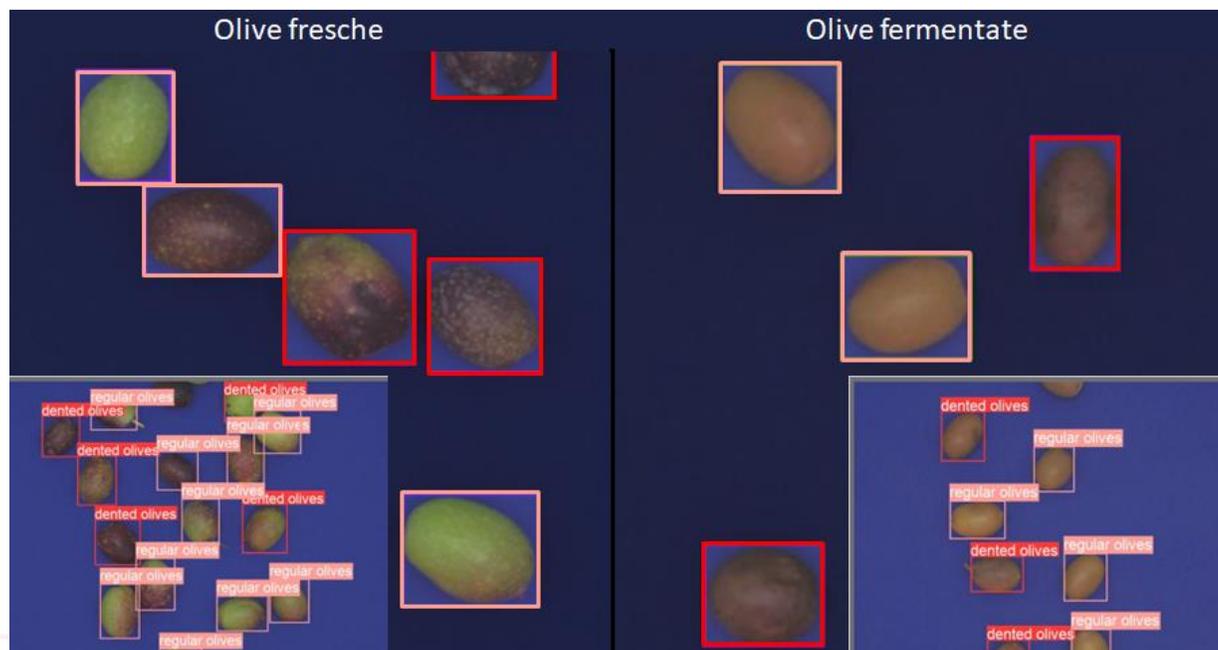
Leccino

Conformi vs Danneggiate	% accuratezza riconoscimento conformi	% accuratezza riconoscimento danneggiate
Cultivar separate	~ 70	~ 70
Multi-cultivar	77	82

Sistemi real-time (3):

Analisi di filiera: classificazione dei **difetti (esterni)** di lotti di **olive fresche e trasformate** in salamoia attraverso **analisi di immagini RGB** in combinazione con l'utilizzo di **reti neurali convoluzionali**

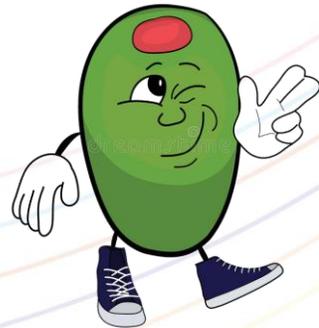
Obiettivo: classificare e confrontare i **difetti esterni** (i.e., conformi e danneggiate) dello stesso lotto di olive (cv Grossa di Cassano) **prima e dopo la loro trasformazione** in salamoia tramite **analisi di immagini RGB** (sistema optoelettronico banco traslante ad una camera) in combinazione con l'utilizzo delle reti neurali convoluzionali (i.e., **YOLO**)



Output delle YOLO nella fase di *training* (figure grandi) e di *test* (figure piccole): in **rosso** le **olive danneggiate** e in **rosa** quelle **conformi** sia per le fresche (sinistra) che per le fermentate (destra)

Risultati

- Sono state acquisite **più di 800 immagini** tra olive fresche e fermentate
- Il modello YOLO ha classificato correttamente:
 - buona percentuale sia le olive **fresche** danneggiate che conformi
 - minore percentuale sia le olive **fermentate** danneggiate che conformi



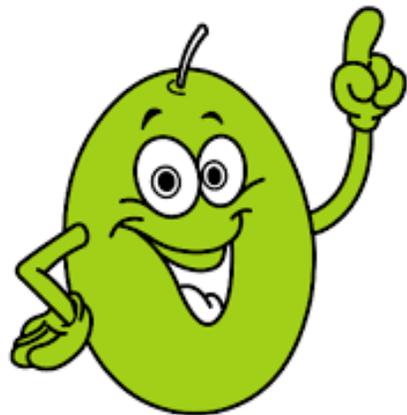
- Sistemi innovativi, **ripetibili ed oggettivi** per la selezione di diverse classi qualitative (e.g., difetti e grado di maturazione) dove in letteratura si utilizzano ancora analisi visive (es. l'indice di Jaén)
- La qualità delle drupe delle olive da mensa rappresenta un aspetto fondamentale per la commercializzazione, soprattutto per l'accettabilità e la disponibilità all'acquisto da parte del consumatore finale che tende a prediligere un **prodotto integro e privo di difetti**
- L'**analisi di filiera** ha permesso di quantificare lo scarto delle olive danneggiate da prima della lavorazione a dopo
- I prototipi dei sistemi optoelettronici **banchi traslanti** in combinazione con gli algoritmi di **intelligenza artificiale** sono risultati un buon metodo per discriminare olive danneggiate da conformi, sia fresche che deamarizzate
- Questo rende possibile il loro impiego nelle **linee di lavorazione** dei processi produttivi, consentendo inoltre di partire da un grado qualitativo più accettabile, **limitando spese, tempo e azzerando l'errore dell'occhio umano**
- Questi sistemi potrebbero contribuire a rendere il sistema agricolo più efficace ed efficiente, ottenendo produzioni di qualità superiore

Pubbligate

1. Manganiello R., Ortenzi L., Violino S., Tocci F., Vasta S., Figorilli S., Costa C., Pallottino F., Lanza B., Antonucci F., 2022. Approcci di machine learning per la selezione qualitativa real-time di diversi stadi di lavorazione di olive da mensa. Presentazione orale al V Convegno Nazionale dell'Olivo ed Olio, Alghero (SS), 26-28 ottobre 2022: 59.
2. Ortenzi L., Figorilli S., Costa C., Pallottino F., Violino S., Pagano M., Imperi G., Manganiello R., Lanza B., Antonucci F., 2021. A machine vision rapid method to determine the ripeness degree of olive lots. *Sensors*, 21: 2940.
3. Ortenzi L., Violino S., Figorilli S., Vasta S., Tocci F., Antonucci F., Costa C., Pallottino F., 2022. Machine learning e IA a supporto del settore olivicolo-oleario. Presentazione orale al V Convegno Nazionale dell'Olivo ed Olio, Alghero (SS), 26-28 ottobre 2022: 54.
4. Salvucci G., Pallottino F., De Laurentiis L., Del Frate F., Manganiello R., Tocci F., Vasta S., Figorilli S., Bassotti B., Violino S., Ortenzi L., Antonucci F., 2022. Fast olive quality assessment through RGB images and advanced Convolutional Neural Network modeling. *European Food Research and Technology*, 248(5): 1395-1405.
5. Salvucci G., Pallottino F., Costa C., De Laurentiis L., Del Frate F., Manganiello R., Tocci F., Vasta S., Figorilli S., Bassotti B., Violino S., Ortenzi L., Antonucci F., 2022. Valutazione della qualità delle olive tramite immagini RGB e modellazione avanzata di una rete neurale convoluzionale. Poster al V Convegno Nazionale dell'Olivo ed Olio, Alghero (SS), 26-28 ottobre 2022: 91.

In preparazione

1. Manganiello R., Moscovini L., Figorilli S., Violino S., Ortenzi L., Costa C., Pallottino F., Vasta S., Tocci F., Antonucci F., IN PREPARAZIONE. Machine learning approaches for the simultaneous qualitative assessment of different table olive cultivars. In preparazione per *Sensors* (Special Issue: "Innovative Imaging Sensors Combined with Artificial Intelligence Approaches to Support Precision Agriculture").



**GRAZIE PER
L'ATTENZIONE**