

Innovazioni tecnologiche nella filiera dell'oliva da olio e da mensa

WP2 «Tecnologie avanzate per la selezione qualitativa in post-raccolta delle olive da mensa e da olio»

Centro di ricerca Ingegneria e Trasformazioni agroalimentari (CREA-IT) - Monterotondo

WP Leader Dr. Federico Pallottino – federico.pallottino@crea.gov.it

06/12/2022

Hanno collaborato: Corrado Costa; Francesca Antonucci; Simone Figorilli; Lavinia Moscovini; Simona Violino; Simone Vasta; Francesco Tocci; Luciano Ortenzi; Pietro Toscano; Lucia Giansante; Paolo Del Re & Luciana Di Giacinto.



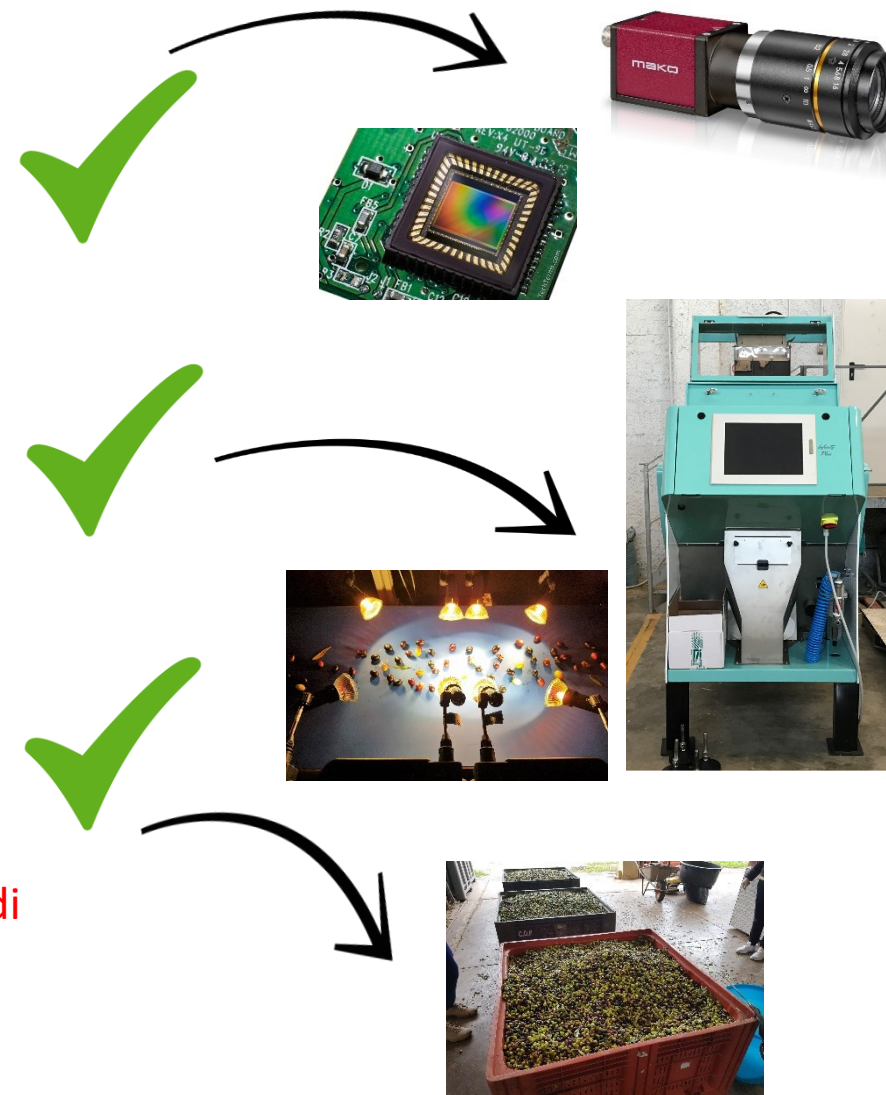
- Task 2.1 Screening delle tecnologie ottiche (meccanica impiegata, sensori, algoritmi)

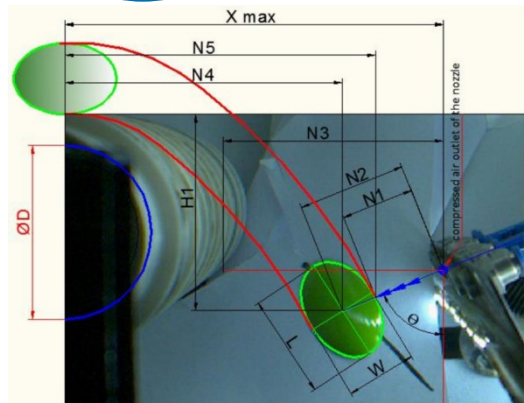


- Task 2.2 Realizzazione di un prototipo opto-meccanico (integrazione meccanico-digitale ed attuazione del segnale)



- Task 2.3 Sperimentazione e valutazione del prototipo (performance reali, test e applicazione di algoritmica avanzata)





Dumanay et al. 2016



Raytec Vision S.p.A.



Tomra Sorting

Caratteristiche diverse per:

- Sensori (RGB; Nir; X-ray)
- Linguaggi di programmazione;
- Algoritmica;
- Struttura meccanica;
- Capacità operativa

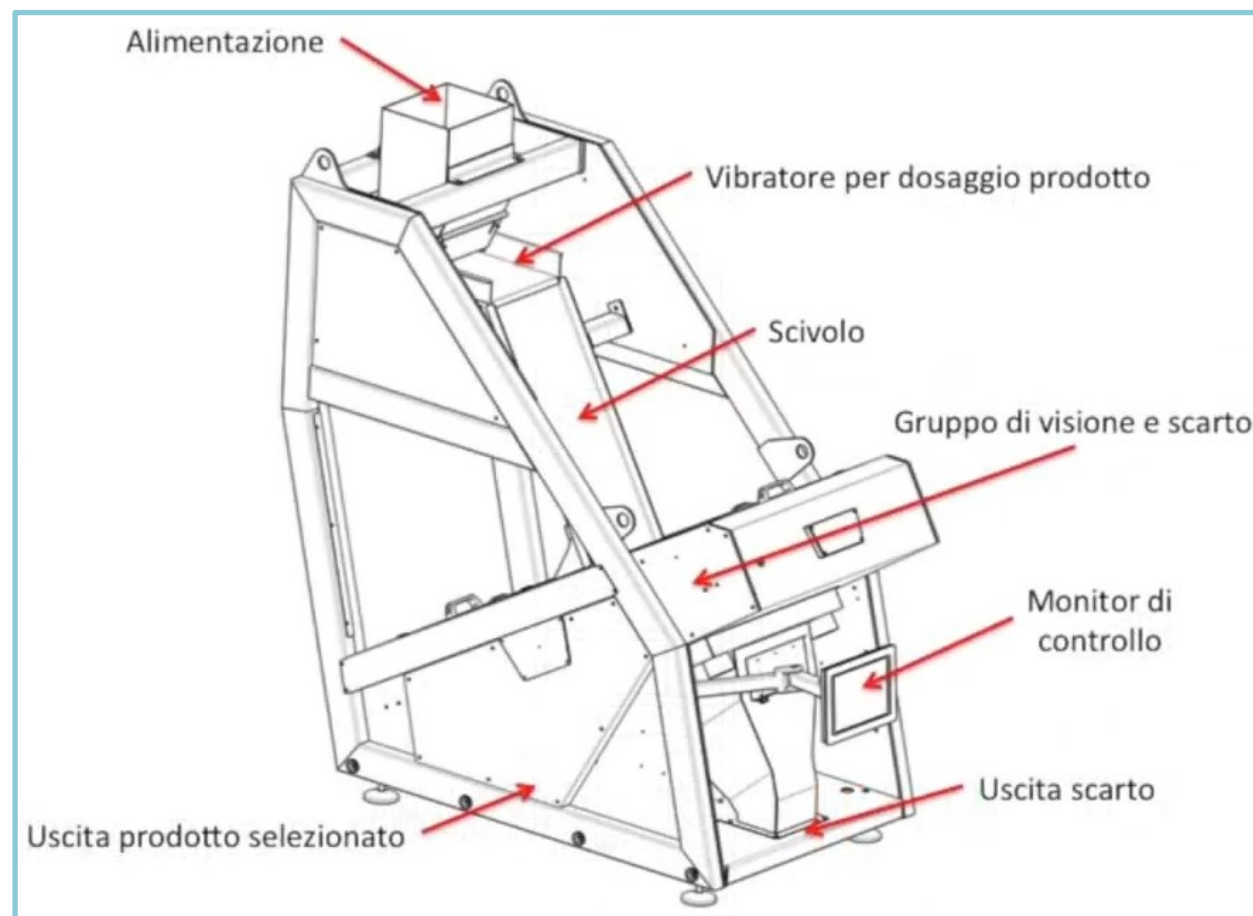
Multiscan Technologies SL



Shenzhen Wesort Optoelectronic Co., Ltd.



*Molte selezionatrici offrono solo grading non multiparametrica e senza acquisizione a 360°... sistemi chiusi!
Mancano studi sull'applicazione nel settore olivicolo oleario*



IST Italian Sorting Machine – 1 via

Sviluppo di algoritmica specifiche esigenze di selezione ottica

Macchina con possibilità di operare modifiche hardware e software inserendo algoritmica non proprietaria

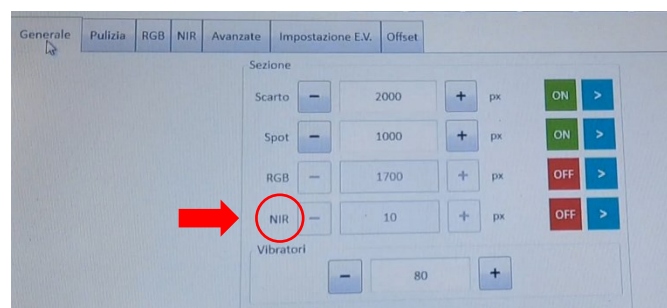
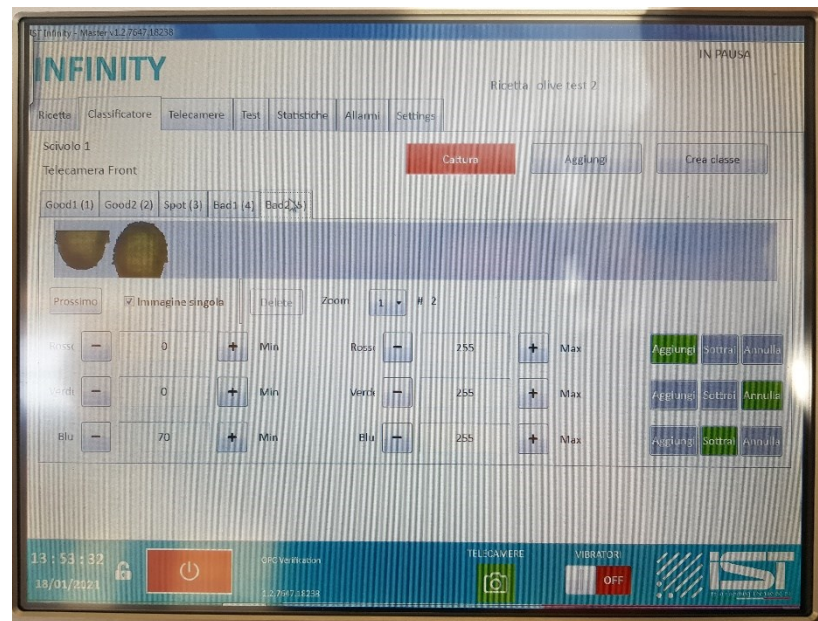


Selezionatrice piccola ma con alte potenzialità di lavoro, capacità di acquisire in RGB (x2) a 360°, dotata di sensore Nir 825 ±25 nm con filtro passa-banda

Sorting machine opto-meccanica

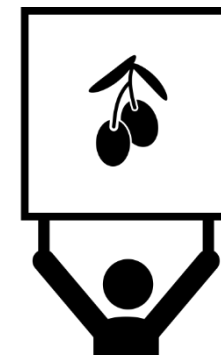


Test preliminari di setup della macchina...



Problematiche della selezione sono di diverso tipo:

- *Taratura meccanica;*
- *Taratura pneumatica*
- *Algoritmi utilizzati*



«Criticità principali: lentezza dell'azienda nel fornire le modifiche software necessarie per il testing dell'algoritmica in sviluppo»

IST Infinity - Master v1.2.7514.9157

INFINITY

IN PAUSA

Ricetta 2021_01_itrana_bianca_verde

Ricetta

Classificatore

Telecamere

Test

Statistiche

Allarmi

Settings

2021_01_itrana_bianca_verde

Carica

Salva

Copia

Nuova

Backup

Cancella

Generale

Pulizia

RGB

NIR

Avanzate

Impostazione E.V.

Offset

Sezione

Scarto px

ON >

Spot px

OFF >

RGB px

OFF >

NIR px

OFF >

Vibratori

09 : 57 : 42

19/01/2021



OPC Verification

1.2.7514.9157

TELECAMERE



VIBRATORI

ON





Valutazione qualitativa rapida dello stato di maturazione e classificazione in campo mediante smartphone/camera RGB economica

3 CLASSI di colore: NERO VERDE E VIOLA

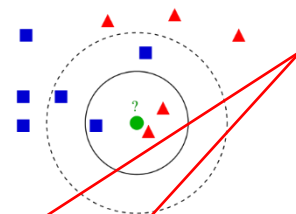
Cv Carboncella Frantoio e Leccino

A.A. Antonio Ponzani (Montorio Romano)

K-Nearest Neighbors (k-NN)

Algoritmo per la classificazione di oggetti basandosi sulle caratteristiche degli oggetti vicini a quello considerato

Menesatti, P., Angelini, C., Pallottino, F., Antonucci, F., Aguzzi, J., & Costa, C. (2012). RGB color calibration for quantitative image analysis: The "3D Thin-Plate Spline" warping approach. *Sensors*, 12(6), 7063-7079.



Step analisi:

Trasformazione da RGB in HSV
Estrazione canali H e S
Median filter
KNN sulle immagini risultanti 5-channel RG

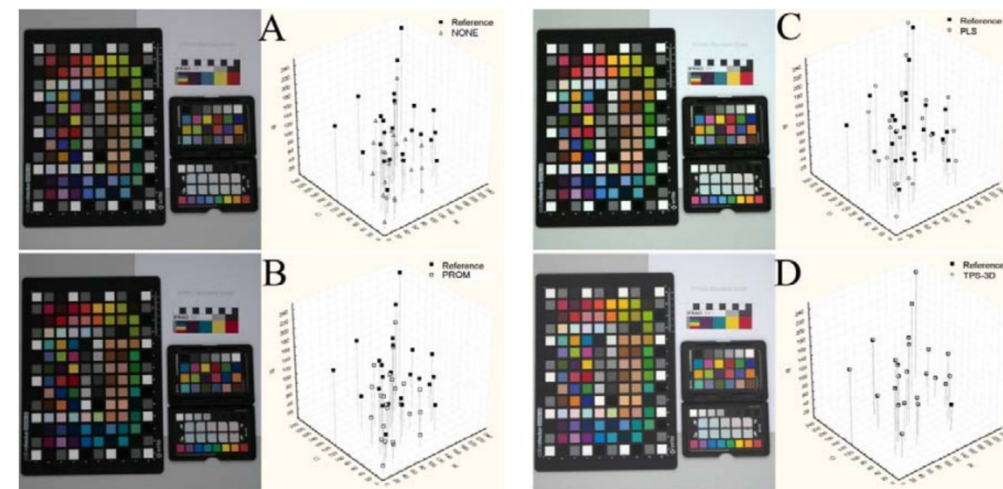
Immagini acquisite direttamente in campo

Communication

A Machine Vision Rapid Method to Determine the Ripeness Degree of Olive Lots

Luciano Ortenzi ¹, Simone Figorilli ¹, Corrado Costa ¹, Federico Pallottino ¹, Simona Violino ¹, Mauro Pagano ¹, Giancarlo Imperi ¹, Rossella Manganiello ¹, Barbara Lanza ² and Francesca Antonucci ^{1,*}

Per aumentare le performance → Algoritmo di *calibrazione colorimetrica*

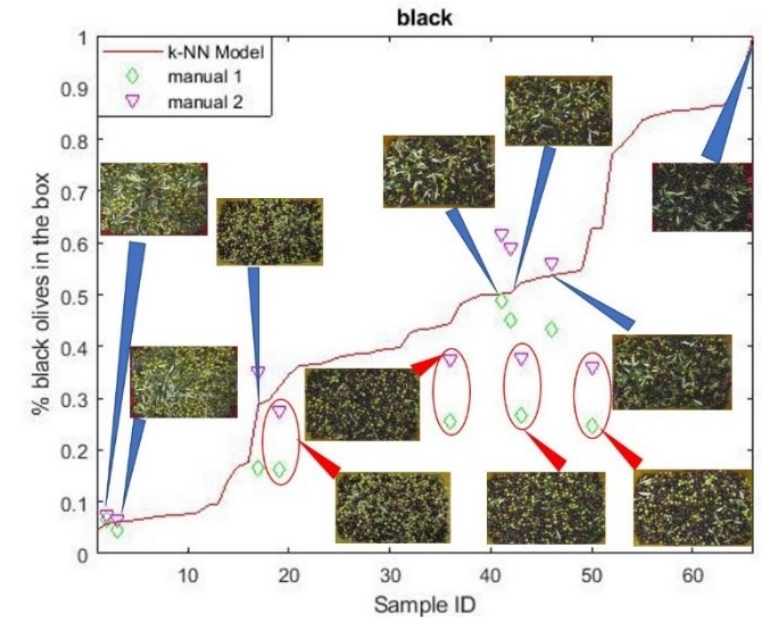
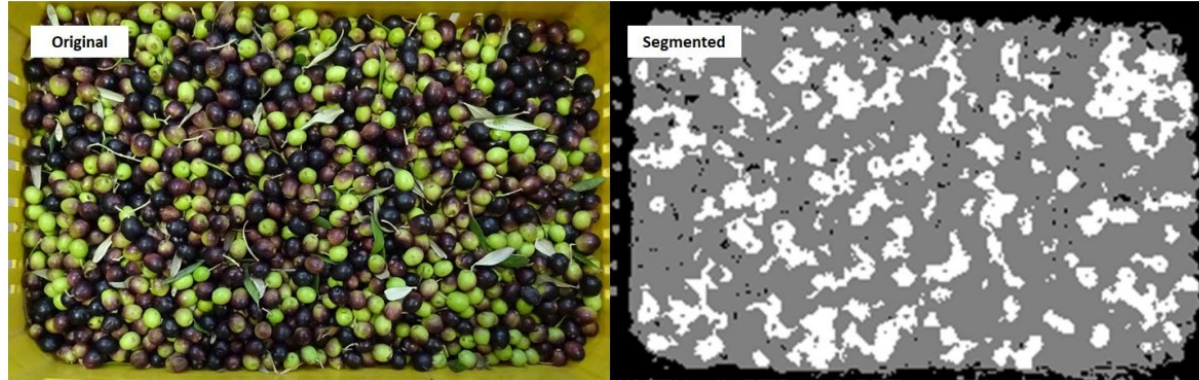


	CV	N Images/Trays	Harvest	
			by Hand	Mechanical
Automatic evaluation	Frantoio	13	0	13
	Carboncella	51	35	16
	Leccino	2	0	2
	TOT	66	35	31
Visual evaluation	Frantoio	2	0	2
	Carboncella	8	8	0
	Leccino	0	0	0
	TOT	10	8	2

Per comparazione le cassette sono state sottoposte a valutazione occhiometrica da parte di due operatori esperti

Training

1025 patches di training totali per tutte le 7 classi (10 × 10 pixels ognuna):
background, cassetta gialla, cassetta rossa, foglie, olive nere, olive viola, olive verdi



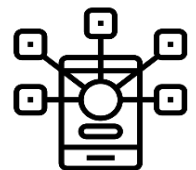
Performance del 70% nel test

Ampio margine di miglioramento considerando numerosità dei campioni e le variabili in gioco
In campo aperto

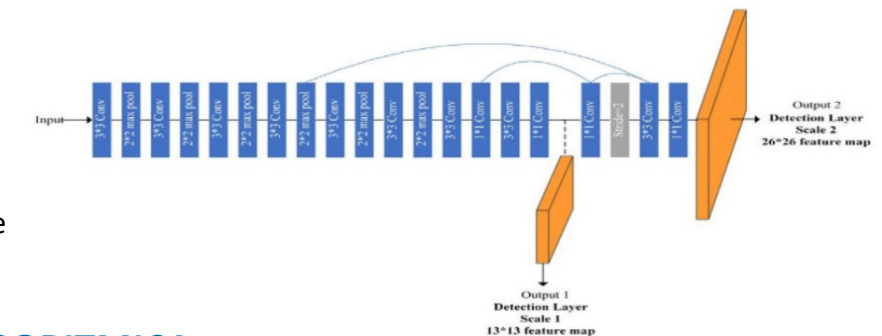
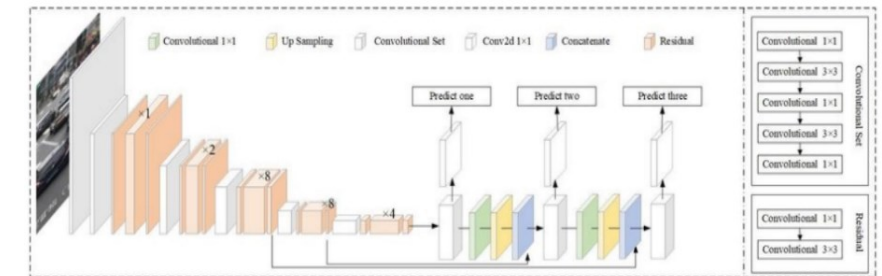
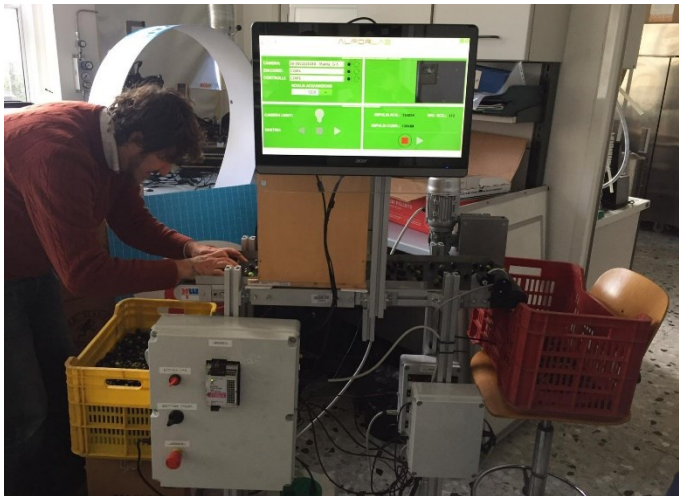
In futuro, tramite compilazione in Java e ottimizzazione in Android

INNOLIVAPP

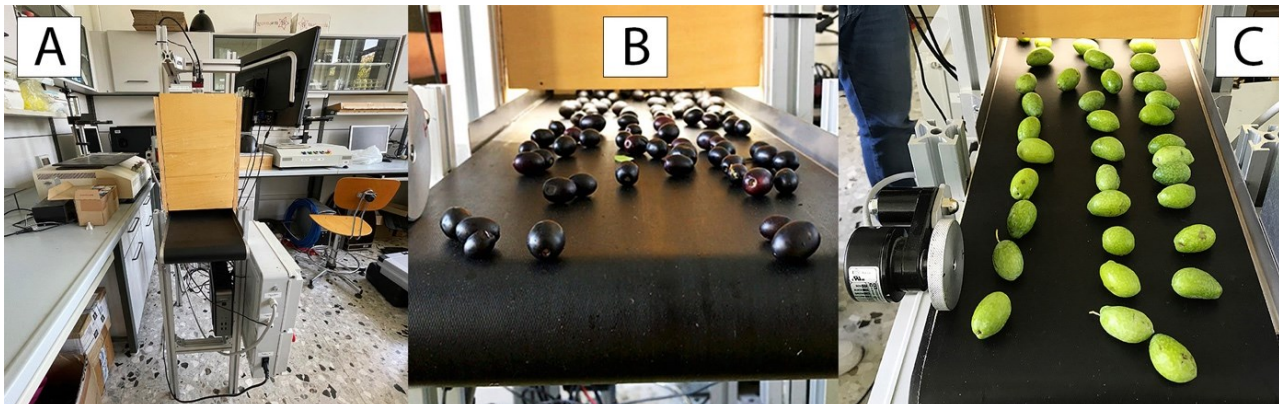
Per la valutazioni georiferite real-time in campo



Screening algoritmico su conveyor belt da banco – Camera Industriale Mako RGB (Mako G, Allied Vision, Stadtroda, Germany)



Az. agricola e frantoio Antonio Ponzani (Montorio Romano) e Azienda Ficacci Castel Madama su colive da olio e mensa (cv. Frantoio, Carboncella, Leccino, Bella di Cerignola)



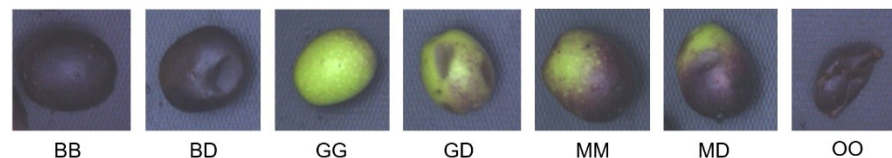
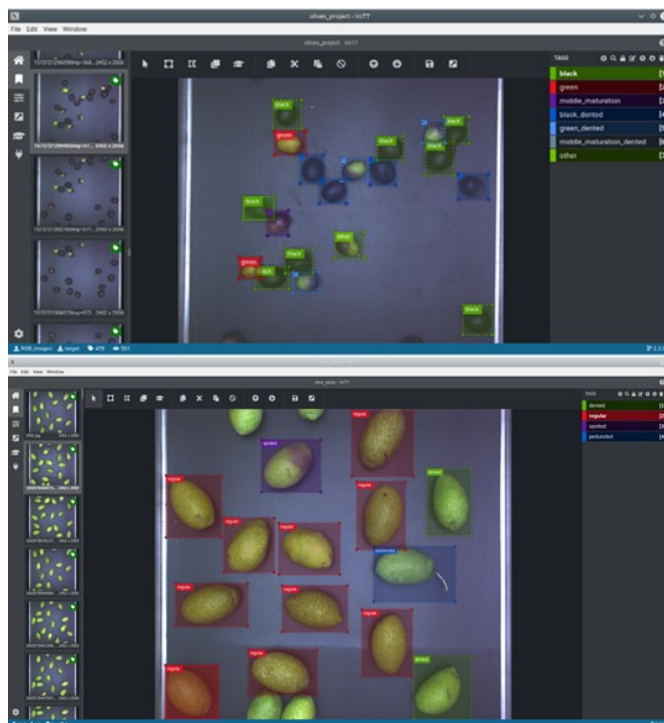
ALGORITMICA

Schema di elaborazione dell'algoritmo scelto YOLOv3

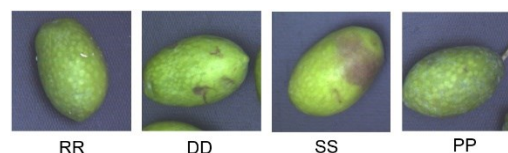
CNN (Convolutional Neural Network)

- YOLOv3 model (You Only Look Once)
- YOLOv3-tiny model (You Only Look Once)

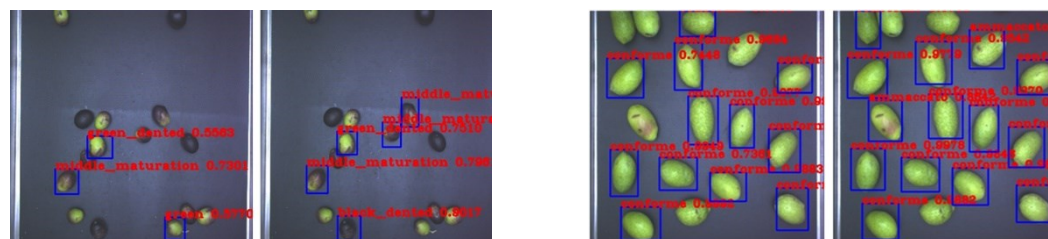
Scelto per rapidità e precisione



CLASSI: Black (BB); black dented (BD); green (GG); green dented (GD); middle maturation (MM); middle maturation dented (MD); other (OO).

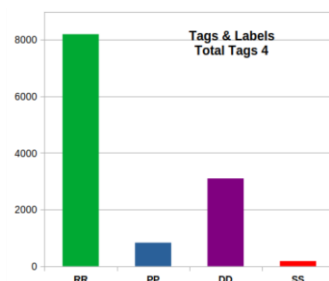
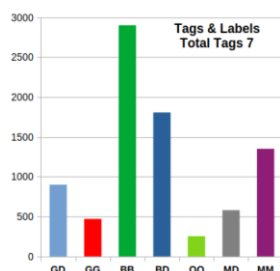


Regular (RR); Dented (DD);
Spotted (SS); Peduncled (PP)



- **Costruzione dataset ad occhio mediante VoTT (Visual Object Tagging Tool) software open-source, sviluppato da Microsoft;**
- **OLIVE DA OLIO Addestramento inizialmente su un dataset di 1500 immagini (2452x2056 pixel);**
- **OLIVE DA MENSA Addestramento inizialmente su un dataset di 930 immagini (2452x2056 pixel).**

Auspicabile
aumento del
dataset e
training



OLIO- (YOLO_v3) accuratezza = 98.3%
OLIO - (YOLO_v3_tiny) accuratezza = 96.1%
MENSA - (YOLO_v3) accuratezza = 95.2%
MENSA - (YOLO_v3_tiny) accuratezza = 95.9%

European Food Research and Technology (2022) 248:1395–1405
<https://doi.org/10.1007/s00217-022-03971-7>

ORIGINAL PAPER

Fast olive quality assessment through RGB images and advanced convolutional neural network modeling

Giorgia Salvucci^{1,2} · Federico Pallottino² · Leonardo De Laurentis¹ · Fabio Del Frate¹ · Rossella Manganiello² · Francesco Tocci² · Simone Vasta² · Simone Figorilli² · Beatrice Bassotti² · Simona Violino² · Luciano Ortenzi² · Francesca Antonucci²



La selezionatrice optoelettronica utilizzata è basata sul modello INFINITY Plus (Italian Sorting Technology, I.S.T. Srl, Ferrara, Italia) e consente, attraverso l'acquisizione di immagini con telecamere RGB, di separare le olive più mature da quelle meno mature e di identificare frutti difettati.

Cultivar Salviana e Leccino - Narducci di Moricone (RM), membro del Consorzio SABINA DOP, che ha inoltre svolto le oleificazioni. *Per valutare le performance della selezionatrice ottica industriale è stata eseguita da operatori qualificati una classificazione visiva.*



1. Impostazione soglie dei valori di colore RGB e numero di pixel da acquisire.



2. Posizionamento del prodotto su scivolo con velocità di vibrazione regolabile.



3. Selezione del prodotto tramite getto d'aria regolato da elettrovalvole.



Circa 10 quintali selezionati

Le classi impostate nella "ricetta" sono: **"Prima scelta"** (olive prevalente verdi), **"Seconda scelta"** (olive prevalentemente nere) e **"Miste"**. Le percentuali di errore per le due classi sono state:

Classe	% errore
Olive verdi	13%
Olive nere	36%

Olive selezionate: "Prima scelta" (A), "Seconda scelta" (B) e "Miste" (C)



A



B



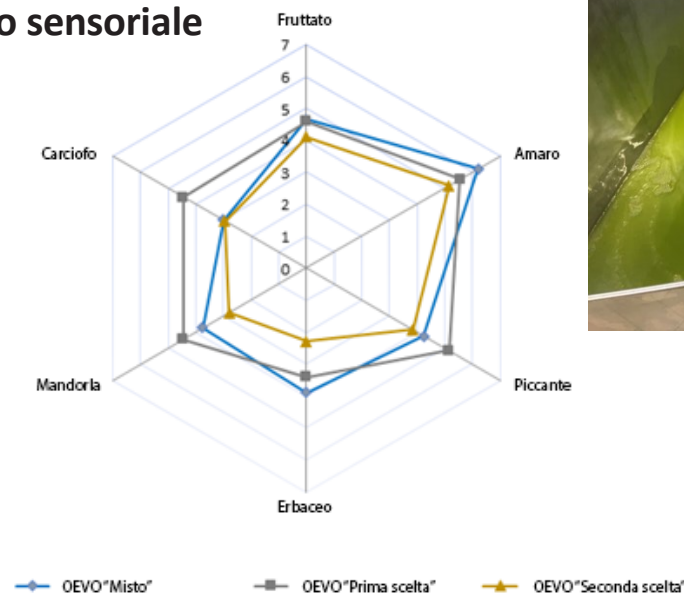
C

Dopo la classificazione tramite selezionatrice ottica, sono stati prodotti tre olii, uno per ogni classe, con la seguente resa dell'olio prodotto per ogni classe:

Classe	Resa %
Prima scelta	12,10%
Seconda scelta	20,40%
Miste	15,44%

Tutti e tre gli olii sono stati classificati come Extra Vergini (EEC/2568/91). L'olio ottenuto da olive più mature ha un contenuto più basso di fenoli e secoiridoidi che con i lignani agiscono sugli attributi di amaro e piccante. I profili degli oli sono caratterizzati da un ottimo **bilanciamento tra le note di fruttato, amaro e piccante**, in quello ottenuto con olive di "Seconda scelta" gli attributi risultano meno accentuati.

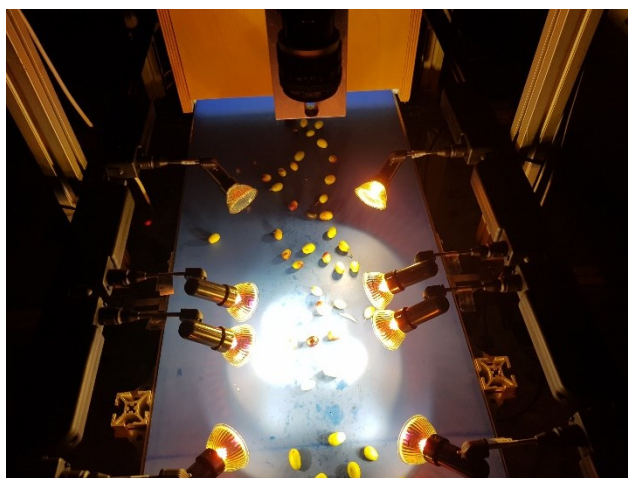
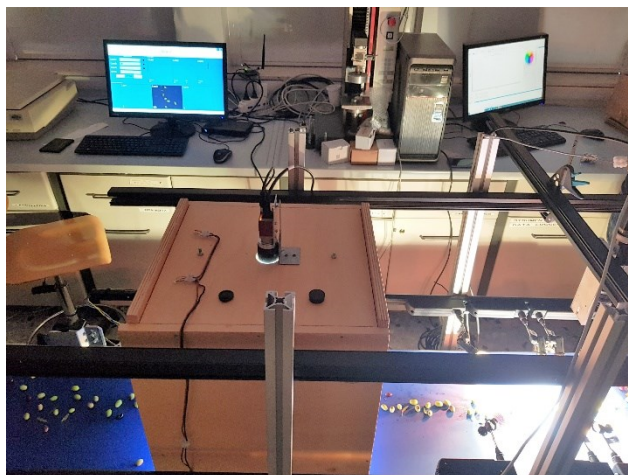
Profilo sensoriale



Il lavoro mira ad individuare la modellistica più performante fine di valutarne il potenziale per la classificazione di olive in diverse classi di qualità per scopi industriali



Prototipo di banco optoelettronico per l'acquisizione in continuo delle immagini da utilizzare per lo sviluppo degli algoritmi. Dotato di sensore Mako CMOS (30 FPS). Velocità nastro - 1 cm/s, permettendo l'acquisizione ogni 15 secondi. Illuminazione mediante lighting box costruita per la diffusione omogenea della luce



ANALISI VISIVA SVOLTA DA OPERATORE ESPERTO

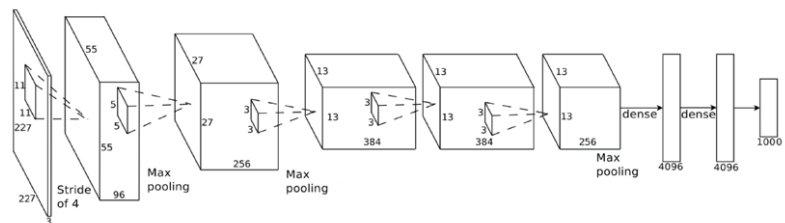
Le due cultivar considerate sono Salviana e Leccino, fornite dal Frantoio Narducci di Moricone (RM), membro del Consorzio SABINA DOP, che ha inoltre svolto le oleificazioni. Per valutare le performance della selezionatrice ottica industriale è stata eseguita da operatori qualificati una classificazione visiva da cui sono state determinate cinque classi in base al colore dei frutti, considerando la presenza di difetti:



"Top Green" (A); "Good Green" (B); "Good Black" (C); "Bad Green" (D); "Bad Black" (E).

Il banco è stato realizzato mediante tecnologie open source low-cost

Le immagini sono state elaborate con diversi approcci algoritmici: il più performante è risultato essere quello basato su CNN (Convolutional Neural Network)



Schema dei layer della Rete Neurale Convolutionale (CNN) utilizzata.

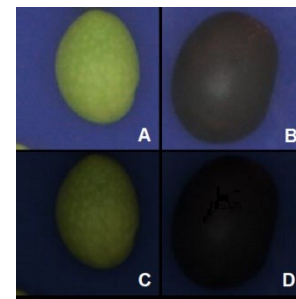
Caratteristiche CNN	Calibrati	Non Calibrati
Numero di campioni	557	557
Numero di strati convoluzionali	8	8
Training time	26'' 40'	23'' 35'
Training/Test (%)	70/30	70/30
r Training (%)	98,7	97,9
r Test (%)	90,4	88,0

Calibrated Total Confusion Matrix

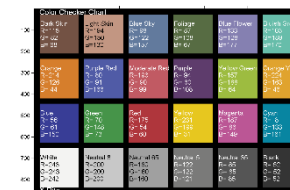
Output Class \ Target Class	Bad_black	Bad_green	Good_black	Good_green	Top_green
Bad_black	108 19.4%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%
Bad_green	2 0.4%	75 13.5%	0 0.0%	1 0.2%	1 0.2%
Good_black	3 0.5%	0 0.0%	113 20.3%	2 0.4%	0 0.0%
Good_green	1 0.2%	1 0.2%	0 0.0%	104 18.7%	1 0.2%
Top_green	0 0.0%	4 0.7%	0 0.0%	5 0.9%	136 24.4%
	94.7% 5.3%	93.8% 6.3%	100% 0.0%	92.9% 7.1%	98.6% 1.4%
	96.2% 3.8%				

Non calibrated Total Confusion Matrix

Output Class \ Target Class	Bad_black	Bad_green	Good_black	Good_green	Top_green
Bad_black	113 20.3%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%
Bad_green	0 0.0%	71 12.7%	0 0.0%	8 1.4%	0 0.0%
Good_black	1 0.2%	0 0.0%	110 19.7%	0 0.0%	0 0.0%
Good_green	0 0.0%	4 0.7%	3 0.5%	97 17.4%	0 0.0%
Top_green	0 0.0%	5 0.9%	0 0.0%	7 1.3%	138 24.8%
	99.1% 0.9%	88.8% 11.3%	97.3% 2.7%	86.6% 13.4%	100% 0.0%
	95.0% 5.0%				

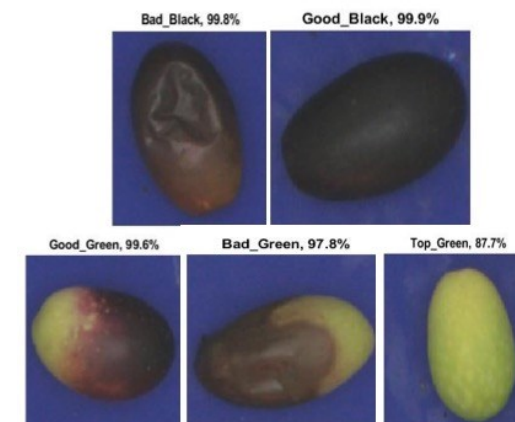


La rete è stata addestrata considerando immagini calibrate e non calibrate. I campioni A e B si riferiscono alle immagini calibrate mentre le immagini C e D non sono calibrate, per le classi "Top Green" (A, C) e "Good Black" (B, D).



POTENZIALITÀ:

- implementare algoritmo per calibrazione di macchinari industriali
- adattare algoritmo a diversi tipi di prodotti (olive, frutti, cereali, legumi)
- processo rapido, economico e oggettivo



Esempio di classificazione



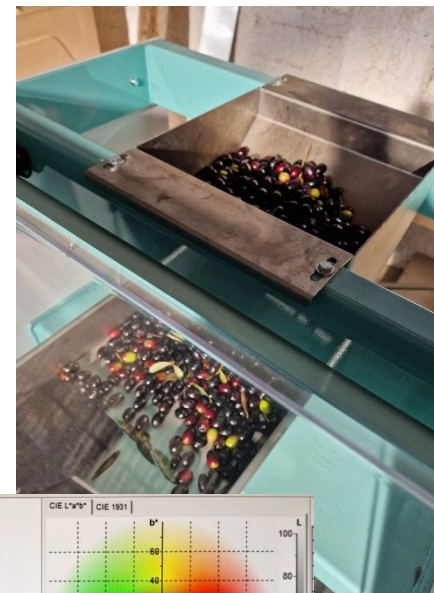
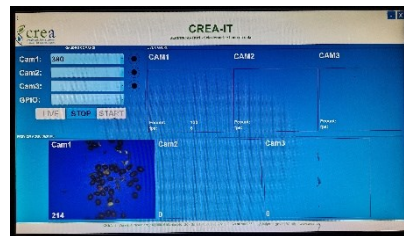
Article

Olive Fruit Selection through AI Algorithms and RGB Imaging

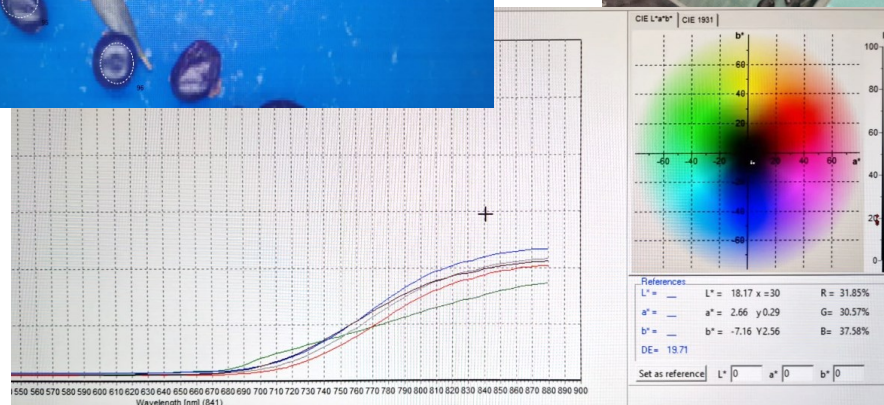
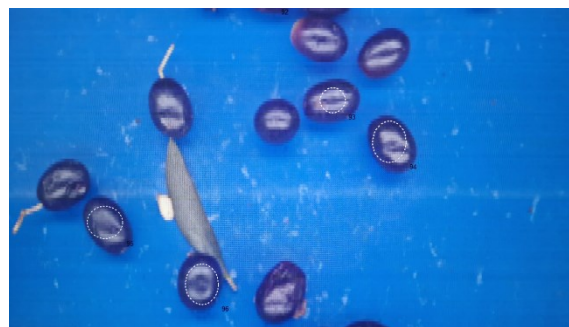
Simone Figorilli ¹, Simona Violino ¹, Lavinia Moscovini ¹, Luciano Ortenzi ¹, Giorgia Salvucci ^{1,2}, Simone Vasta ¹, Francesco Tocci ¹, Corrado Costa ¹, Pietro Toscano ³ and Federico Pallottino ^{1,*}

Caratteristiche e prestazioni della CNN. L'accuratezza di validazione (r) risulta migliore per la rete addestrata con i campioni calibrati colorimetricamente.

Test svolto su richiesta del frantoio Narducci di Moricone (Rm) per scartare olive sovra mature a fine campagna molitoria – rilevante in particolare alla luce dei cambiamenti climatici che determinano temperature elevate e fenomeni di marcescenze.



Acquisizioni mediante banco e
nuova camera iperspettrale
Specim FX10 400-1000 nm
Alta risoluzione 1024 pixels
Sia RGB che Vis-Nir sono in
elaborazione...



***I test hanno mostrato forti criticità
nell'acquisizione delle immagini
nello spettro NIR della camera
implementata sulla sorting machine***



Nuovo software sviluppato

Area nera = mancata acquisizione da parte della camera



Codici sorgente

KITARA – GESTIONE REAL-TIME

Kithara develops real-time software for automation, communication, industrial machine vision, automotive engineering and hardware-dependant programming. The real-time functions are commonly used in product development, manufacturing, packaging, quality assurance as well as for test facilities.

HALCON – GESTIONE MODELLI DI MACHINE VISION

MVTec HALCON is the comprehensive standard software for machine vision with an integrated development environment (HDevelop) that is used worldwide. It enables cost savings and improved time to market. HALCON's flexible architecture facilitates rapid development of any kind of machine vision application.

Attraverso il codice sorgente è possibile integrare i modelli di riconoscimento basati su reti neurali, per effettuare un confronto con le attuali librerie impiegate dall'azienda.

PUBBLICAZIONI SCIENTIFICHE INTERNAZIONALI (n.5)

- ❖ Figorilli S, Violino S, Moscovini L, Ortenzi L, Salvucci G, Vasta S, Tocci F, Costa C, Toscano P, Pallottino F. **Olive Fruit Selection through AI Algorithms and RGB Imaging.** *Foods* 2022, 11(21):3391. <https://doi.org/10.3390/foods11213391>;
- ❖ Violino S, Moscovini L, Costa C, Del Re P, Giansante L, Toscano P, Tocci F, Vasta S, Manganiello R, Ortenzi L, Pallottino F. **Superior EVOO Quality Production: An RGB Sorting Machine for Olive Classification.** *Foods* 2022; 11(18):2917. <https://doi.org/10.3390/foods11182917>;
- ❖ 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. **Fast olive quality assessment through RGB images and advanced convolutional neural network modeling.** *European Food Research and Technology* 2022, 248(5):1395-1405. <https://doi.org/10.1007/s00217-022-03971-7>;
- ❖ Ortenzi L, Figorilli S, Costa C, Pallottino F, Violino S, Pagano M, Imperi G, Manganiello R, Lanza B, Antonucci F. **A Machine Vision Rapid Method to Determine the Ripeness Degree of Olive Lots.** *Sensors* 2021, 21(9):2940. <https://doi.org/10.3390/s21092940>;
- ❖ Ortenzi L, Violino S, Pallottino F, Figorilli S, Vasta S, Tocci F, Antonucci F, Imperi G, Costa C. **Early estimation of olive production from light drone orthophoto, through canopy radius.** *Drones* 2021, 5:118. <https://doi.org/10.3390/drones5040118>;

ARTICOLI DIVULGATIVI (n.3)

- ❖ Pallottino F, Moscovini L, Costa C, Del Re P, Giansante L, Tocci F, Vasta S, Toscano P, Certelli E, Ripa C, Cervellini C, Violino S. **Oli extravergine di oliva di qualità superiore selezionando le olive.** *L'Informatore Agrario* N. 26/2022, sezione Olivicoltura, pp. 51-53. ISSN: 0020-0689;
- ❖ **Cos'è il progetto Innolitec, Una macchina che aiuta a concentrarsi sulla qualità.** Intervista al Dr. F. Pallottino. *TIBURNO*, sezione Economia, Martedì 9 novembre 2021, pp. 34;
- ❖ **Innovazioni tecnologiche per olive da olio e da mensa.** Articolo giornalistico di Letizia Tozzini sul webinar dei risultati intermedi del progetto INNOLITEC, *Olio e Olio* n. 6 Novembre 2021, pp. 4-6.

CONTRIBUTI IN CONVEGNI (n.5)

- ❖ Ortenzi L, Violino S, Figorilli S, Vasta S, Tocci F, Antonucci F, Costa C, Pallottino F. **Machine learning e IA a supporto del settore olivicolo-oleario.** Presentazione orale, abstract pp. 54 del Libro dei riassunti, *V Convegno Nazionale dell'Olio e dell'Olio*, Alghero (SS), 26-28 ottobre 2022. ISBN 978-88-903404-7-5;
- ❖ Manganiello R, Ortenzi L, Violino S, Tocci F, Vasta S, Figorilli S, Costa C, Pallottino F, Lanza B, Antonucci F. **Approcci di machine learning per la selezione qualitativa real-time di diversi stadi di lavorazione di olive da mensa.** *V Convegno Nazionale dell'Olio e dell'Olio*, Alghero (SS), 26-28 ottobre 2022. ISBN 978-88-903404-7-5;
- ❖ 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. **Valutazione della qualità delle olive tramite immagini RGB e modellazione avanzata di una rete neurale convoluzionale.** Poster 25, abstract pp. 91 del Libro dei riassunti, *V Convegno Nazionale dell'Olio e dell'Olio*, Alghero (SS), 26-28 ottobre 2022. ISBN 978-88-903404-7-5;
- ❖ Violino S, Moscovini L, Costa C, Del Re P, Giansante L, Toscano P, Tocci F, Vasta S, Salvucci G, Cervellini C, Ripa C, Pallottino F. **La selezione ottica RGB per un olio di qualità superiore.** Poster 26, abstract pp. 92 del Libro dei riassunti, *V Convegno Nazionale dell'Olio e dell'Olio*, Alghero (SS), 26-28 ottobre 2022. ISBN 978-88-903404-7-5;
- ❖ Violino S, Moscovini L, Costa C, Toscano P, Tocci F, Vasta S, Salvucci G, Cervellini C, Ripa C, Pallottino F. **Un approccio multisensore per la caratterizzazione avanzata di olive da olio.** Poster 55, abstract pp. 124 del Libro dei riassunti, *V Convegno Nazionale dell'Olio e dell'Olio*, Alghero (SS), 26-28 ottobre 2022. ISBN 978-88-903404-7-5;

Grazie per
l'attenzione

