

Meeting scientifico
CENTRO DI RICERCA INGEGNERIA E TRASFORMAZIONI AGROALIMENTARI

**Sensori per applicazioni in agricoltura digitale,
analisi di immagine e modellistica avanzata**

Webinar, 24 gennaio 2024

Settori della ricerca

Utilizzo delle **tecniche digitali** all'intero processo produttivo (dalla semina alla raccolta, fino alla trasformazione e alla distribuzione dei prodotti agricoli), con l'obiettivo di rendere l'intero sistema agricolo più **efficiente, sostenibile e competitivo**.

Digital
Agriculture

Digital
Forestry

Digital
Farming



1) Sensoristica avanzata

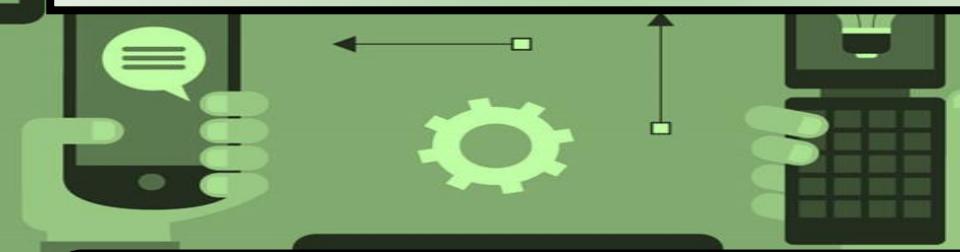


3) Realizzazione di app e device open source



5) Tracciabilità

2) Modellistica avanzata e Intelligenza Artificiale



4) Robotica e meccatronica



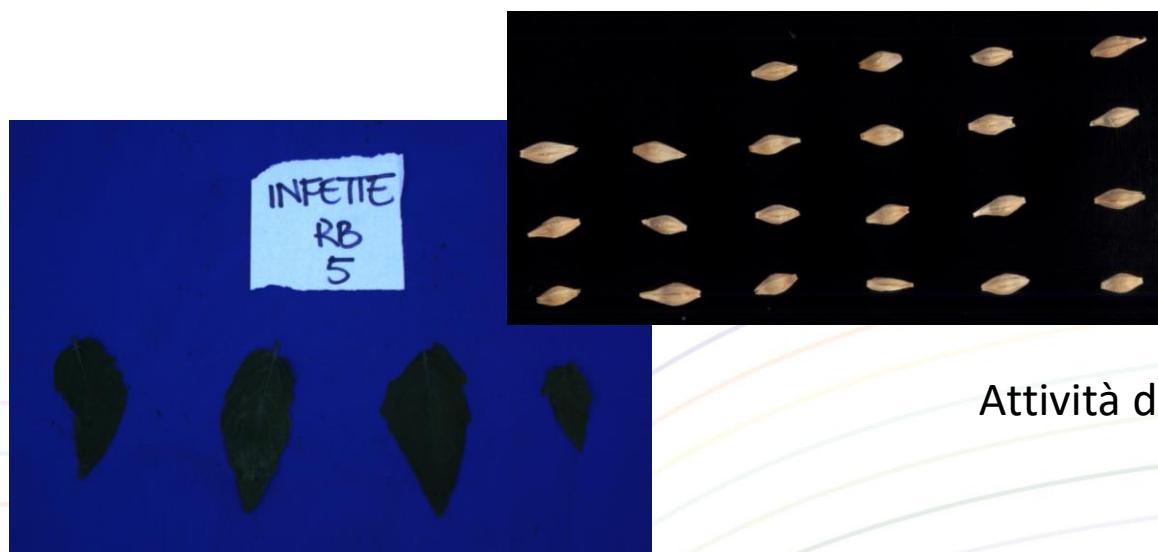
Laboratori tematici



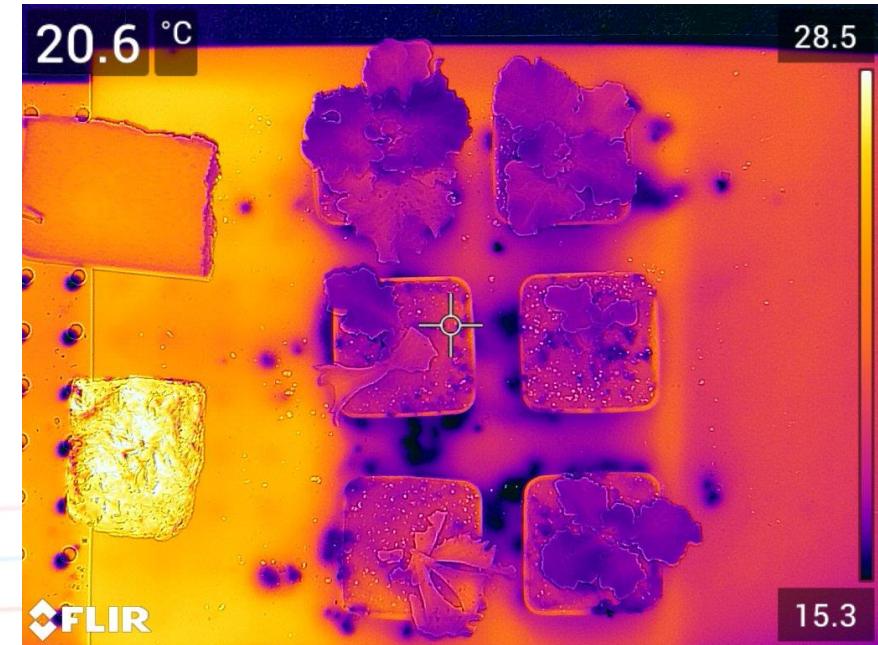
1) Sensoristica avanzata

Digitalizzazione delle operazioni agricole (smart farming)

- valutazione dello stato di salute delle colture
- programmazione di interventi mirati e ottimizzare le attività di monitoraggio

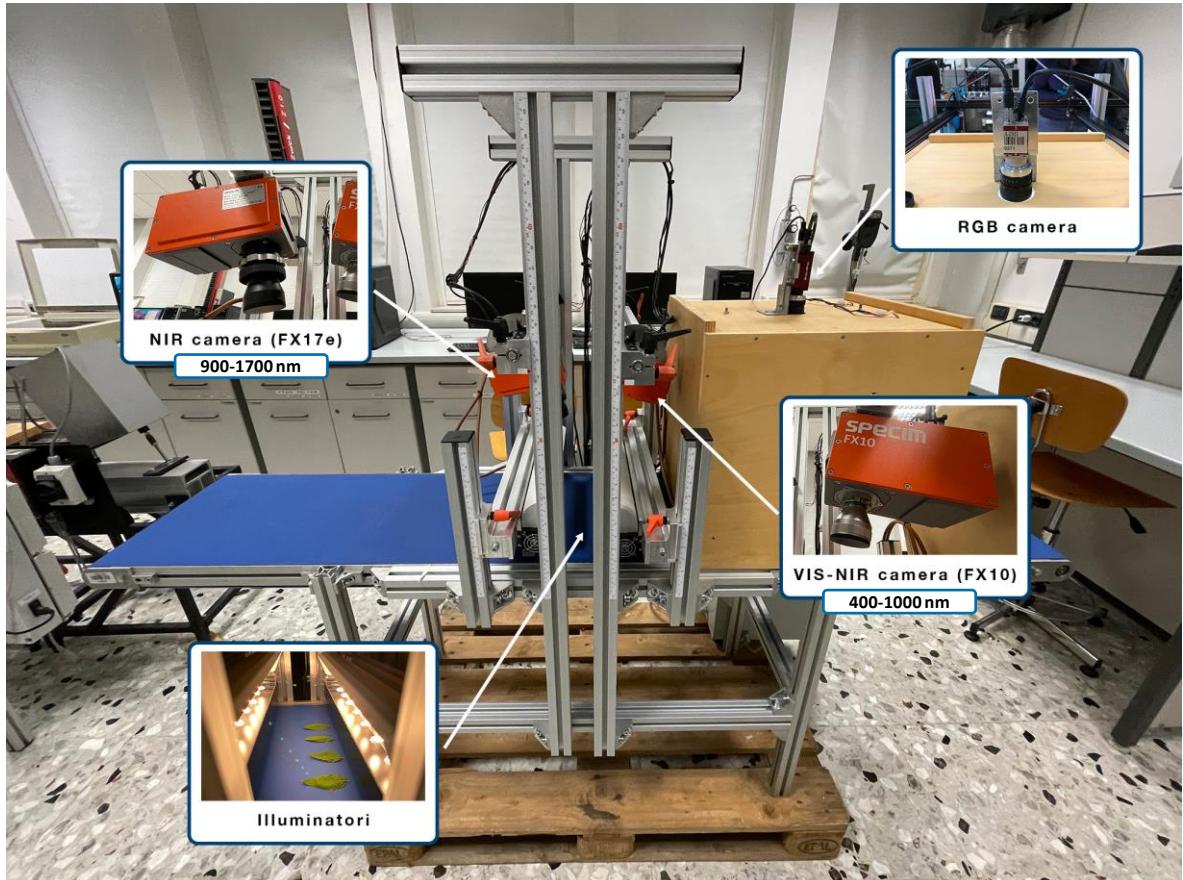


Termografia



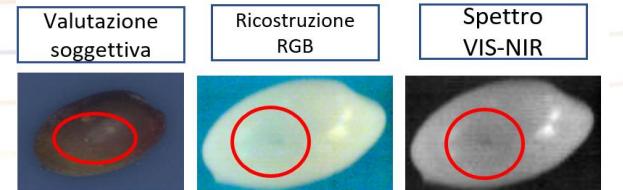
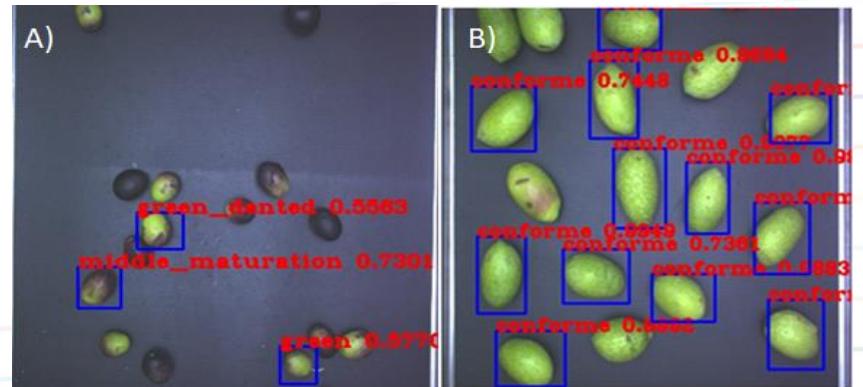
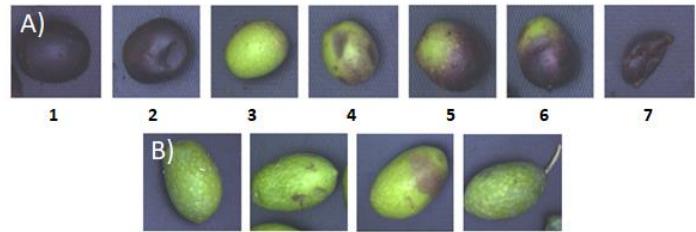
Sensori prossimali

Attività di monitoraggio a distanza ravvicinata o a contatto con ciò che viene osservato



Applicazioni: riconoscimento difetti esterni ed interni di olive da mensa (es. ammaccato, macchiato, peduncolato).

1) Sensoristica avanzata



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

ORIGINAL PAPER

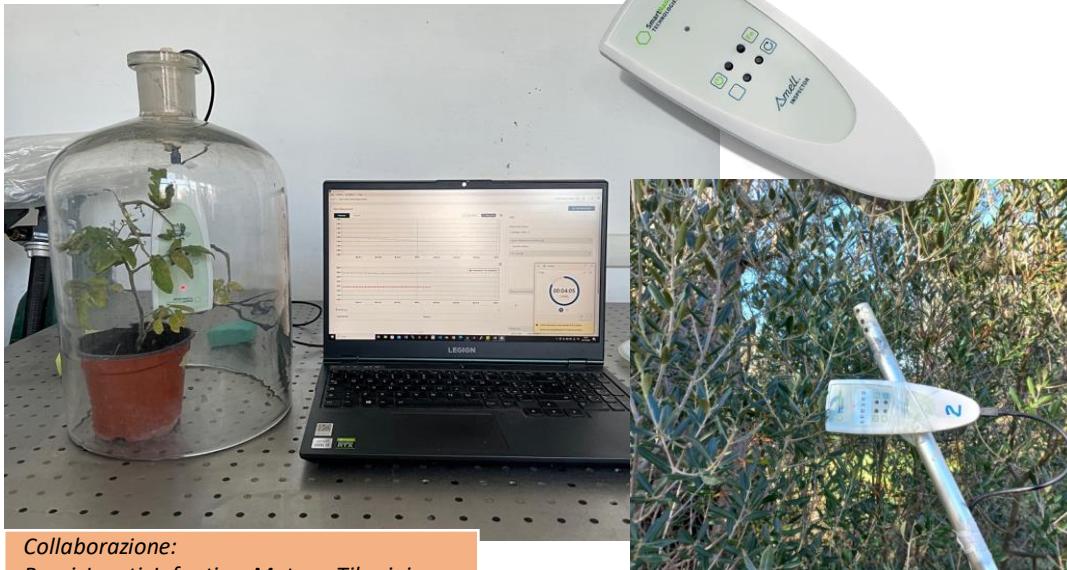


Fast olive quality assessment through RGB images and advanced convolutional neural network modeling

Giorgia Salvucci^{1,2} · Federico Pallottino² · Leonardo De Laurentiis¹ · Fabio Del Frate¹ · Rossella Manganiello² · Francesco Tocci² · Simone Vasta² · Simone Figorilli² · Beatrice Bassotti² · Simona Violino² · Luciano Ortenzi² · Francesca Antonucci²

1) Sensoristica avanzata

Sensori portabili IoT

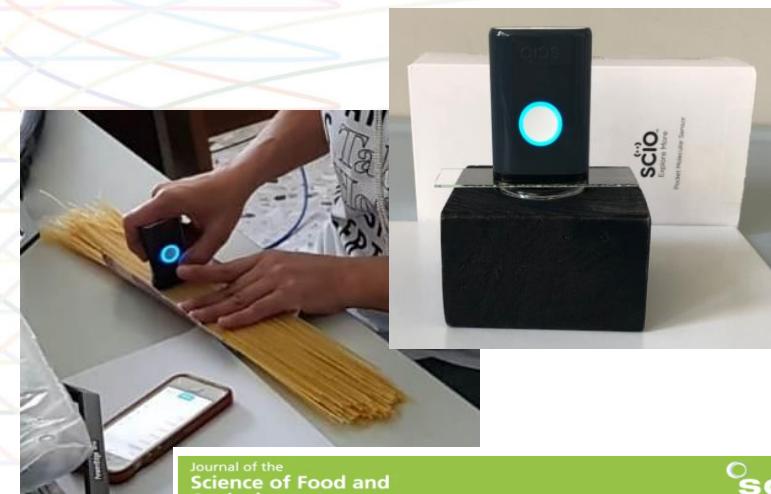


SCIO_{TM}

- Sensore a basso costo, ready-to-use, con sorgente luminosa incorporata, il cui segnale di riflettanza raccolto copre un intervallo **NIR 740-1070 nm**
- Il dispositivo utilizza la tecnologia wireless **Bluetooth** per comunicare con smartphone e l'applicazione "SCIO Lab"
- Applicazioni: valutazione della qualità della semola della pasta e dell'olio di oliva.

Naso elettronico digitale (*Smell Inspector*)

- Contiene quattro diversi chip multicanale rilevatori di gas (VOCs) dalla cui interazione si ottiene un'**impronta digitale dell'odore**
- Strumento low-cost, portatile, IoT, trasmette i dati in **Cloud**
- Applicazioni: in combinazione con **algoritmi di intelligenza artificiale** per fornire, per esempio, strumenti decisionali sulla early detection di patogeni (es. virus pomodori, *Xylella fastidiosa* olivo).



1) Sensoristica avanzata

Sensori portabili IoT



European Food Research and Technology (2021) 247:1013–1022
<https://doi.org/10.1007/s00217-021-03683-4>

ORIGINAL PAPER

AI-based hyperspectral and VOCs assessment approach to identify adulterated extra virgin olive oil

Simona Violino¹ · Cinzia Benincasa² · Cosimo Taiti³ · Luciano Ortenzi¹ · Federico Pallottino¹ · Elettra Marone⁴ · Stefano Mancuso³ · Corrado Costa¹

 foods

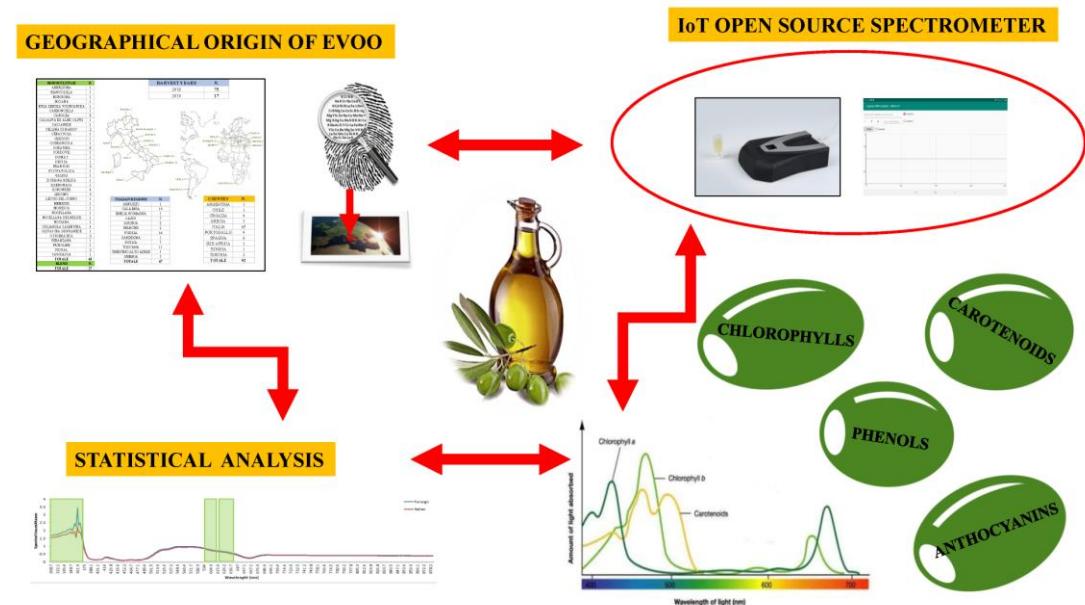
 MDPI

Article
An Artificial Intelligence Approach for Italian EVOO Origin Traceability through an Open Source IoT Spectrometer

Simona Violino¹, Luciano Ortenzi¹, Francesca Antonucci¹, Federico Pallottino^{1,*},
 Cinzia Benincasa², Simone Figorilli¹ and Corrado Costa¹

My spectral Lumini C

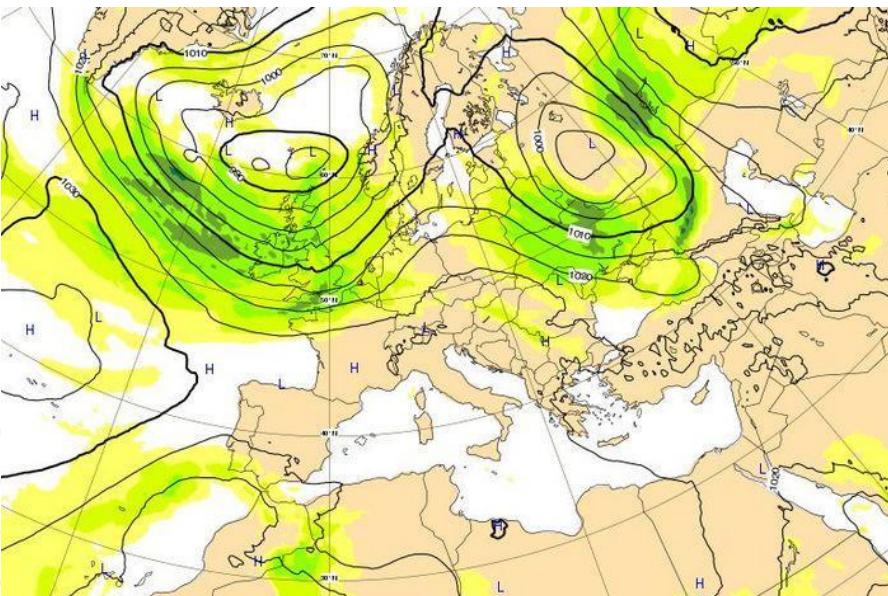
- La tecnologia Lumini C consiste di un sensore puntuale open-source ultra-portatile con funzionalità di misurazione della radianza spettrale (340-890 nm).
- I campioni siano posti all'interno dell'apposito strumento per l'analisi dei liquidi, tramite cuvette di plastica.
- Applicazioni: valutazione qualitativa, tracciabilità e adulterazione dell'EVOO



2) Modellistica avanzata e Intelligenza Artificiale

L'**Intelligenza Artificiale** è un sistema capace di eseguire compiti avvalendosi di algoritmi complessi (modelli) che consentono di apprendere, analizzare dati e prendere decisioni.

Si tratta di ambienti dinamici che possono evolvere diventando sempre più precisi ed affidabili.



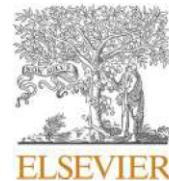
2) Modellistica avanzata e Intelligenza Artificiale

NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)

descrive il livello di vigoria della coltura e si calcola come il rapporto tra la differenza e la somma delle radiazioni riflesse nel vicino infrarosso e nel rosso, ossia come $(\text{NIR}-\text{RED})/(\text{NIR}+\text{RED})$

Stima dell'NDVI pixel per pixel a partire da immagini RGB standard

Computers and Electronics in Agriculture 216 (2024) 108536



Contents lists available at ScienceDirect

Computers and Electronics in Agriculture

journal homepage: www.elsevier.com/locate/compag



Sviluppo di modelli multivariati basati su:

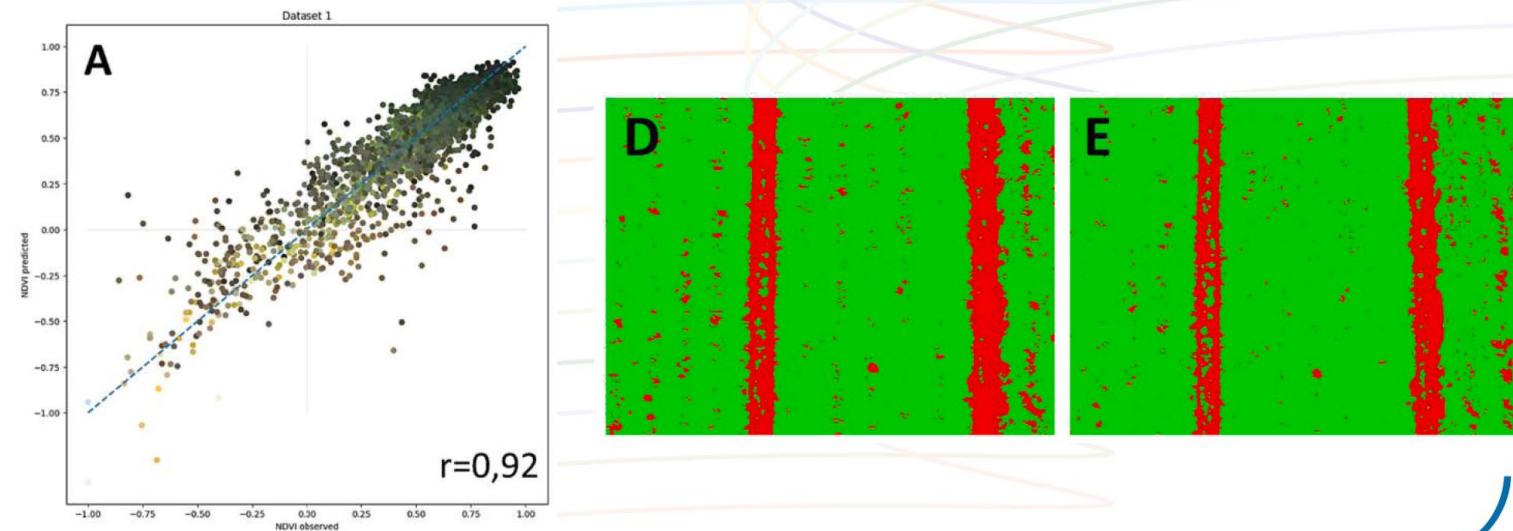
- ✓ Approcci lineari
- ✓ Modelli di Intelligenza Artificiale
(Machine Learning, Deep-Learning,
Generative AI)
- ✓ Time series analysis

Con applicazioni su:

- ✓ Matrici di dati
- ✓ Immagini (RGB, Multi- e Iper-spettrali)
- ✓ Video

An open-source machine-learning application for predicting pixel-to-pixel NDVI regression from RGB calibrated images

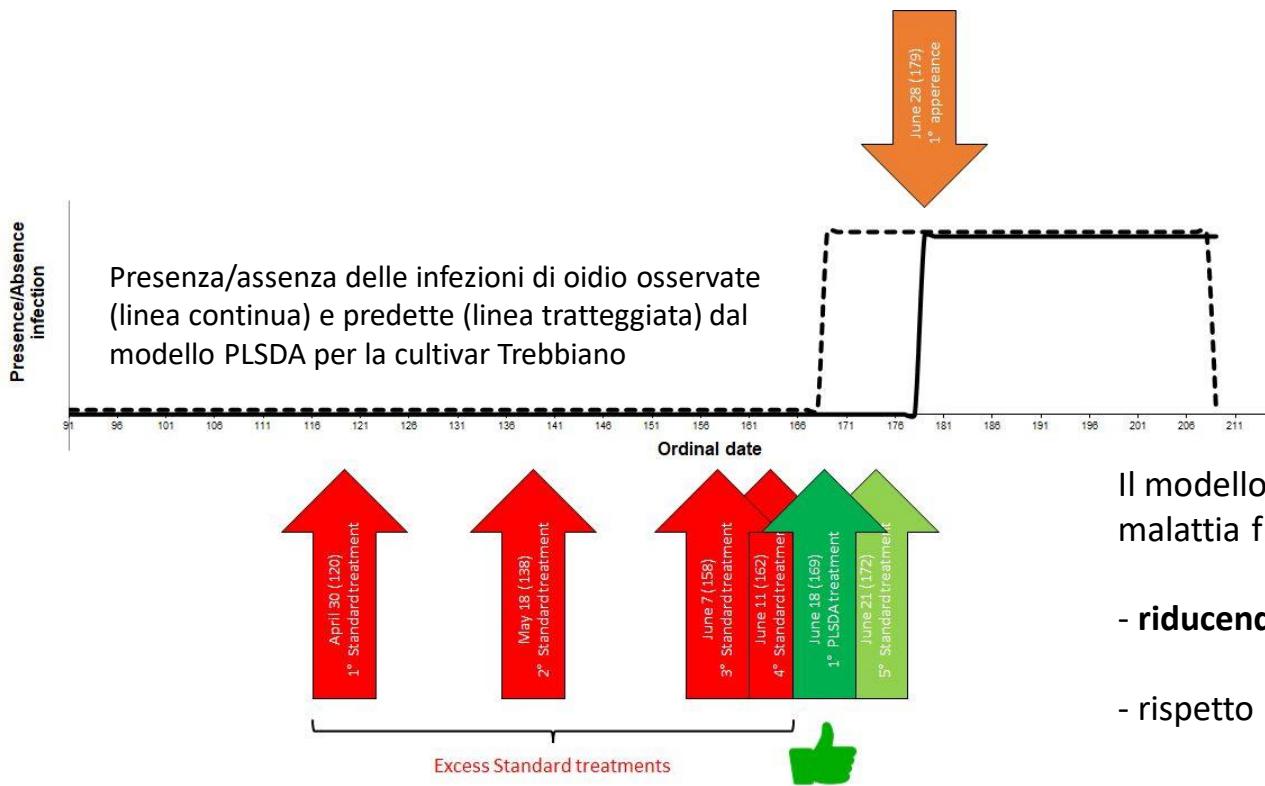
Lavinia Moscovini ^a, Luciano Ortenzi ^{a,b}, Federico Pallottino ^a, Simone Figorilli ^a,
Simona Violino ^a, Catello Pane ^c, Valerio Capparella ^d, Simone Vasta ^a, Corrado Costa ^{a,*}



2) Modellistica avanzata e Intelligenza Artificiale

Modellistica previsionale (oidio della vite)

Programmazione e applicazione di un **sistema previsionale generalizzabile** per monitorare il primo attacco dell'oidio su vite e **diminuirne** la diffusione a partire da **dati meteoclimatici e rilievi fitopatologici**



Article

Advanced Forecasting Modeling to Early Predict Powdery Mildew First Appearance in Different Vines Cultivars

Roberto Valori ¹, Corrado Costa ², Simone Figorilli ², Luciano Ortenzi ^{2,3}, Rossella Manganiello ², Roberto Ciccoritti ⁴, Francesca Cecchini ⁵, Massimo Morassut ⁵, Noemi Bevilacqua ⁵, Giorgio Colatostì ⁶, Giovanni Pica ⁶, Daniele Cedroni ⁶ and Francesca Antonucci ^{2,*}

Il modello PLSDA ha previsto in anticipo la prima comparsa della malattia fungina:

- riducendo il numero dei trattamenti
- rispetto a quelli convenzionali



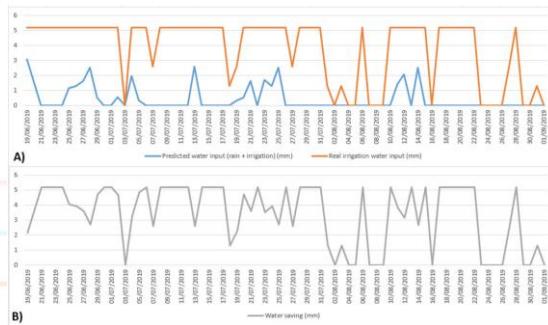
2) Modellistica avanzata e Intelligenza Artificiale

Modellistica previsionale (irrigazione di precisione)

Sviluppo di **modelli previsionali adattativi** e supervisionati per **ottimizzare la gestione delle pratiche di irrigazione di precisione** agricola. Questi approcci sono definiti adattativi perché si calibrano con l'acquisizione di nuovi dati, aggiornando nel tempo il modello.

Input idrico campo (H_2O input)

Pioggia (H_2O rain) + Acqua irrigata (H_2O irr)



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO



Article

An Open Source Low-Cost Device Coupled with an Adaptive Time-Lag Time-Series Linear Forecasting Modeling for Apple Trentino (Italy) Precision Irrigation

Simone Figorilli¹, Federico Pallottino^{1,*}, Giacomo Colle², Daniele Spada², Claudio Beni¹, Francesco Tocci¹, Simone Vasta¹, Francesca Antonucci¹, Mauro Pagano¹, Marco Fedrizzi¹ and Corrado Costa^{1,*}



Range risparmio idrico
197-255mm/m²



Risparmio energetico
34000-44000KW



3) Realizzazione di app e device open source

Utilizzo della **tecnologia** per semplificare le attività agricole in un'ottica di sostenibilità



3) Realizzazione di app e device open source



Network LoRaWAN CREA

Con il network **LoRaWAN (open-source)** si riescono a trasmettere i dati raccolti in campo a grande distanza (15 km).

Il **network** è composto da una rete di **Gateway LoRaWAN** su territorio nazionale ubicati in punti strategici e da sensoristica e centraline progettate nel **Laboratorio prototipale Open-Hardware** di Monterotondo.

Applicazioni: es. rilievo dei parametri ambientali, monitoraggio di macchine agricole, monitoraggio consumi energetici, etc.

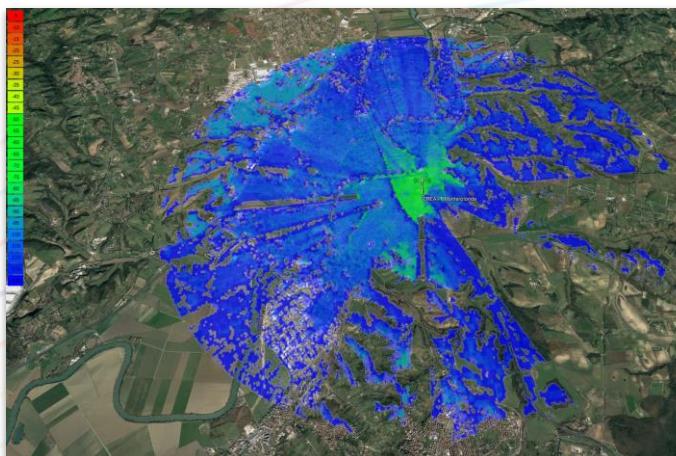
Tecnologia LoRaWAN

PRO:

- Ottima capacità di roaming
- Ampia copertura (fino a 15 km)
- Bassi consumi
- Basso costo

CONTRO:

- Dimensione dati trasmessa ridotta
- Velocità di trasmissione limitata.



Coltivazione del mais

Collaborazione:
Pari, Assirelli CREA-IT



3) Realizzazione di app e device open source

Esempi applicazioni Network LoRaWAN CREA

Consumi energetici in serra e in stalla

Collaborazione:
Cutini, Fedrizzi CREA-IT



Oliveti

Collaborazione:
Biocca CREA-IT



Temperatura fogliare IR

Collaborazione:
Santangelo CREA-IT



Bachicoltura

Collaborazione:
Cappellozza CREA-AA



Frutticoltura

Collaborazione:
Verde, Vendramin CREA-OFA

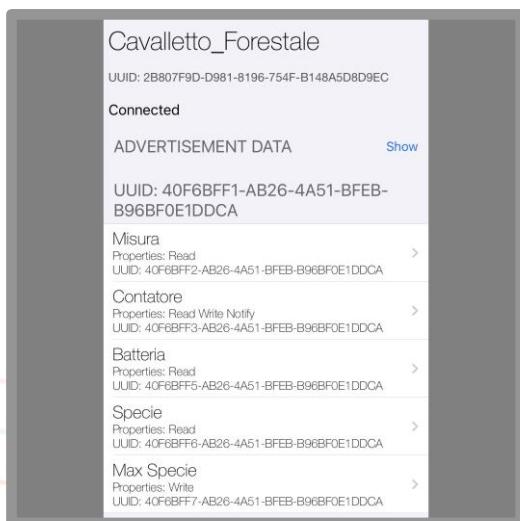


3) Realizzazione di app e device open source

Device open source (Precision forestry)

Il cavalletto dendrometrico è uno strumento utilizzato per misurare il diametro dei fusti di alberi in piedi, di pali, di legname tagliato, etc.

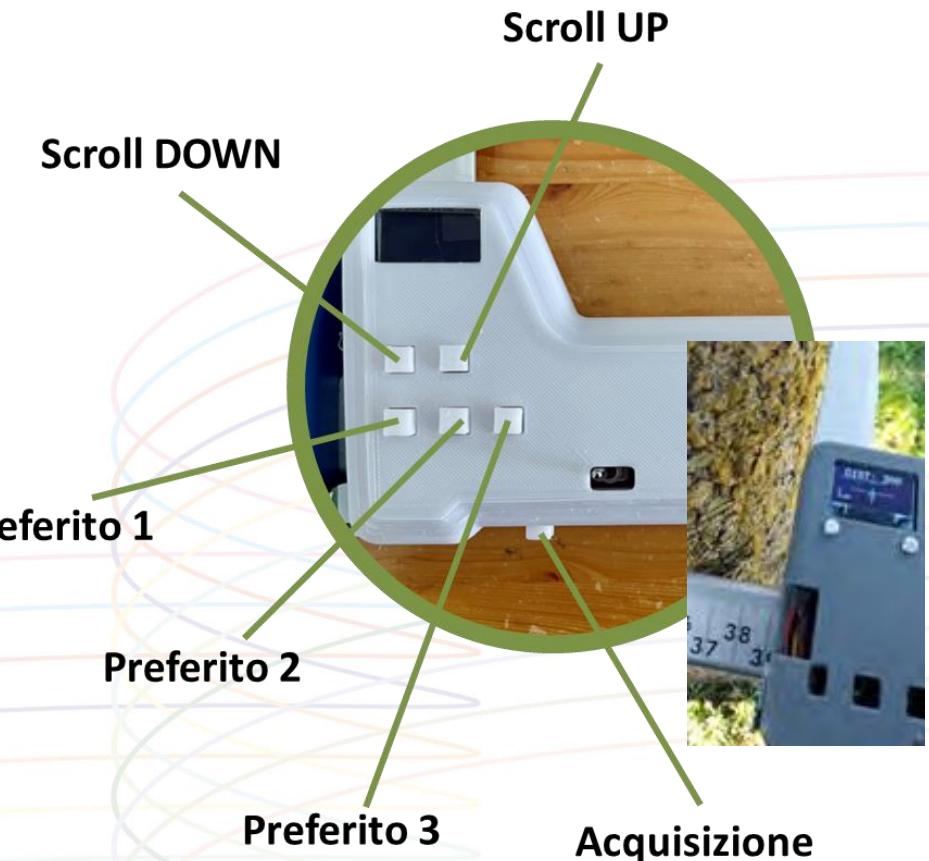
È stato sviluppato un **cavalletto dendrometrico elettronico** retrofit utilizzando la tecnologia **open source Arduino** per permettere lo scambio di dati tra lo strumento e l'app appositamente realizzata su smartphone tramite protocollo di comunicazione basato sulla tecnologia Bluetooth.



DIST: 800
COUNT: 45
TYPE: 1
78 %



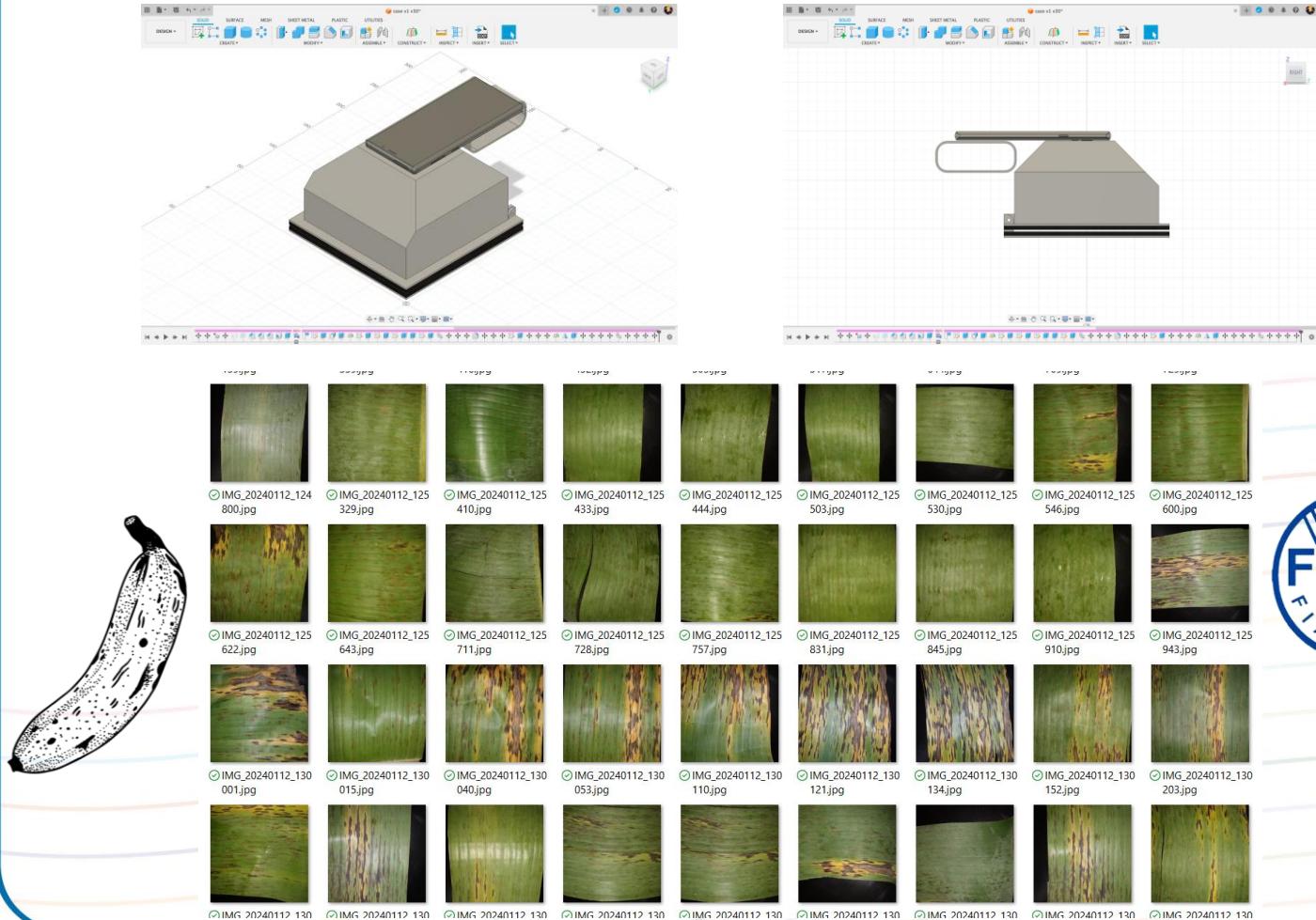
In brevettagione CEDUOMETRO



- I due tasti scroll fanno scorrere tra le specie (selezionate in precedenza nell'app).
- I tre preferiti impostano una tra le prime tre specie presenti nella lista.
- Acquisizione invia la misura e altri dati allo smartphone.

3) Realizzazione di app e device open source

SMART BSD (*Black Sigatoka Disease*) DEVICE



4) Robotica e meccatronica



Droni

I droni consentono di osservare da un punto di vista privilegiato e i dati hanno ricadute positive sia sulla precisione con cui i campi vengono coltivati, sia sull'efficientamento delle risorse in un'ottica di sostenibilità.

Rover a guida autonoma

Permettono il "monitoraggio attivo" del campo riconoscendo le caratteristiche rilevanti (es. stato di salute del campo e di crescita delle coltivazioni) per poter definire le migliori strategie di gestione e adottare soluzioni mirate alle singole piante.

Leggeri



Pesanti



4) Robotica e meccatronica

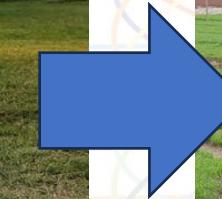
Rover a guida autonoma

Rover UGV

- Utilizzato come **carrier** per azioni real-time in campo;
- Fornisce l'alimentazione e la ricarica autonoma;
- Settings 50 FPS



Implementazione di un **sensore lineare iperspettrale** in combinazione con software open-source e algoritmi



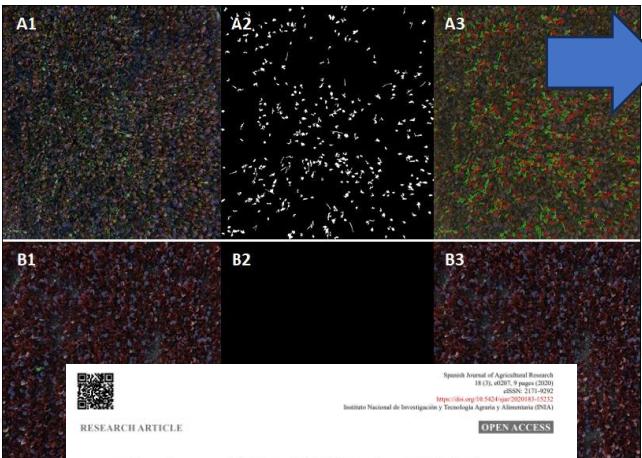
Detection precoce dei focolai d'infezione per migliorare l'efficacia della difesa preventiva

4) Robotica e meccatronica

Droni leggeri



Confronto tra metodi tradizionali (profilometro laser e setacciatura manuale) ed un drone leggero per il rilevamento della rugosità e della zollatura del suolo lavorato con tre tecniche agricole differenti (aratura, erpicatura e lasciato erboso)



Phenotyping di cultivar di frumento duro in campo tramite ricostruzione orto-foto da drone q08



Chapter 18

Light Drones for Basic In-Field Phenotyping and Precision Farming Applications: RGB Tools Based on Image Analysis

Federico Pallottino, Simone Figorilli, Cristina Cecchini, and Corrado Costa

Stima del grado di infestazione da malerbe in colture in serra di lattuga rossa baby-leaf mediante uso di droni leggeri



Article

Light Drone-Based Application to Assess Soil Tillage Quality Parameters

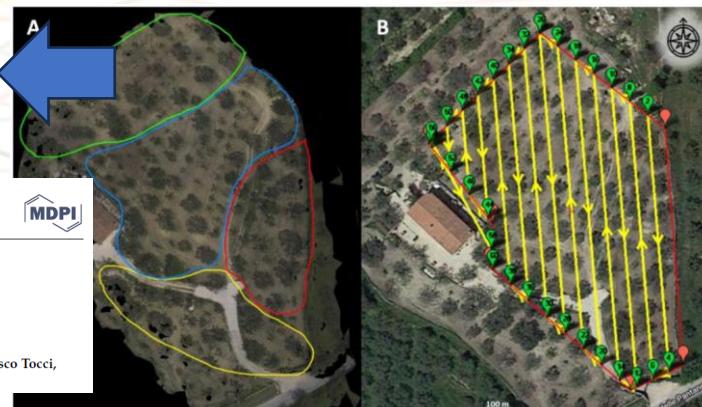
Roberto Fanigliulo , Francesca Antonucci , Simone Figorilli, Daniele Pochi, Federico Pallottino , Laura Formaciari, Renato Grilli and Corrado Costa



Stima precoce della produzione di olive (olio) per singola pianta a partire dalla la mappa aziendale ricostruita da drone.



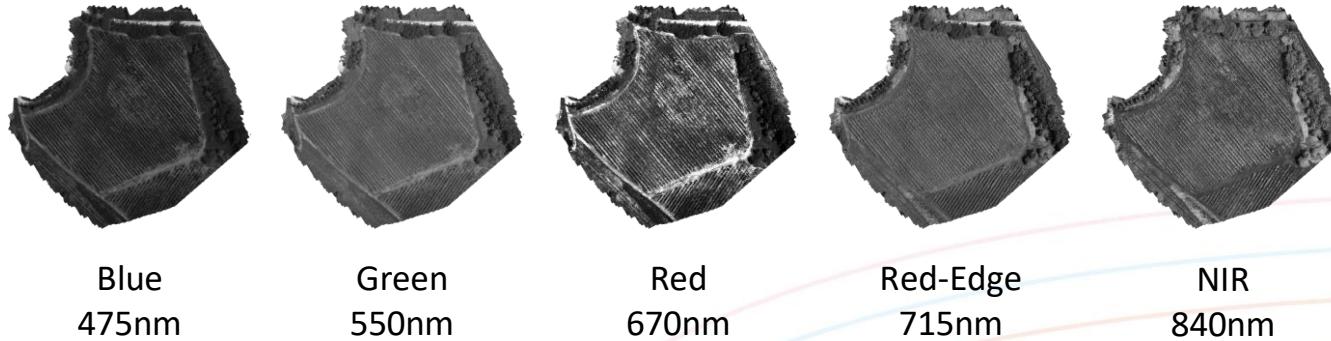
drones



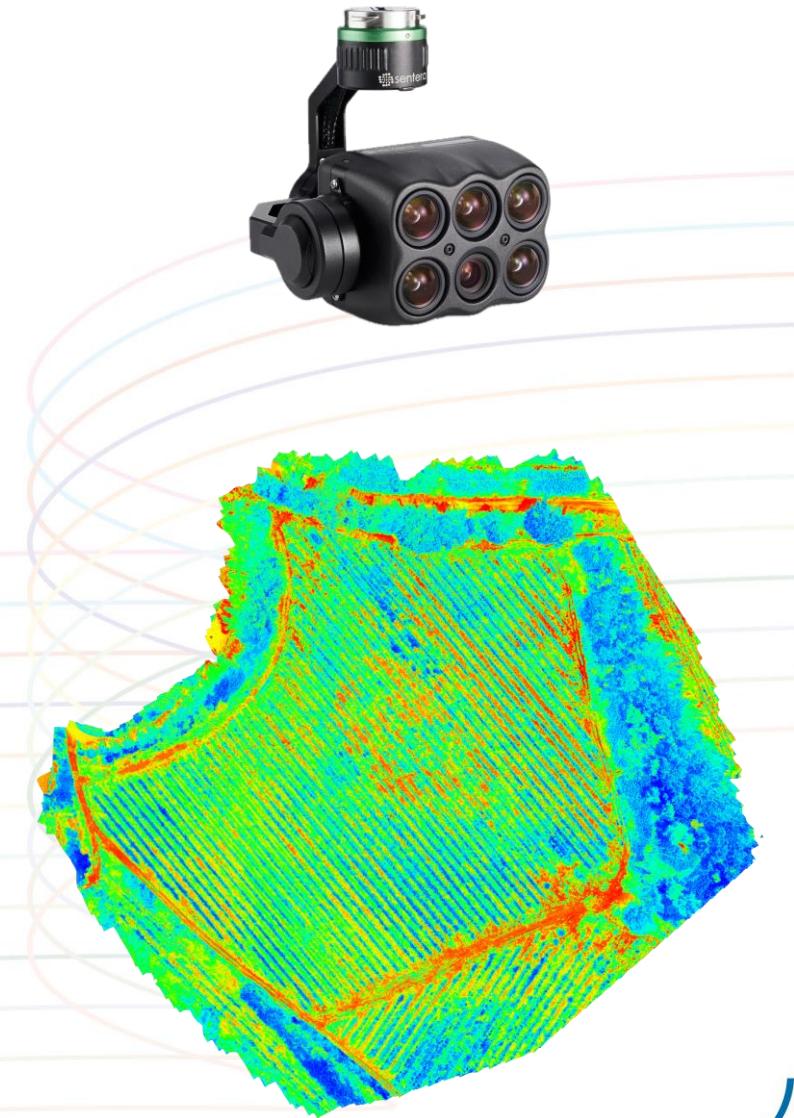
4) Robotica e meccatronica

Droni pesanti

Grazie all'utilizzo di sensori complessi si possono realizzare analisi approfondite del terreno. Un esempio è la camera multispettrale Sentera 6X che con i suoi 6 sensori (5 spettri + 1 RGB) permette la ricostruzione e la successiva analisi di orto-foto su bande spettrali differenti.

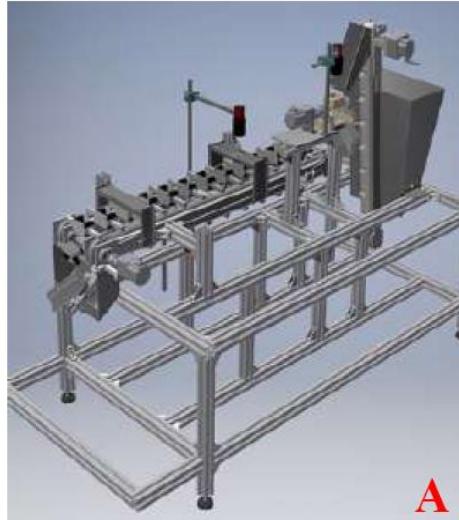


Tra le possibilità di analisi c'è quella di fondere i dati provenienti dai sensori NIR e Red per realizzare orto-foto con indici vegetativi NDVI, consentendo per esempio il riconoscimento delle zone del terreno sotto stress e quindi il conseguente stato vegetativo delle colture.



4) Robotica e meccatronica

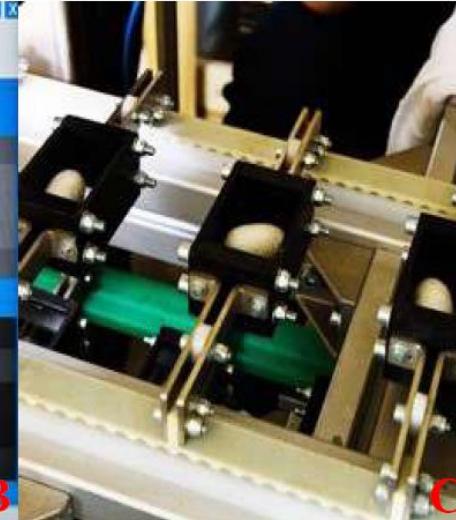
Prototipo di macchina selezionatrice di bachi da seta



A



B



C

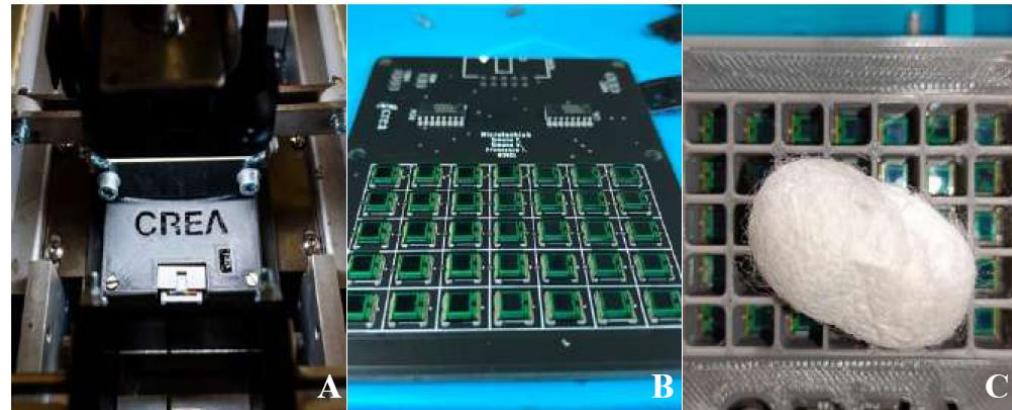
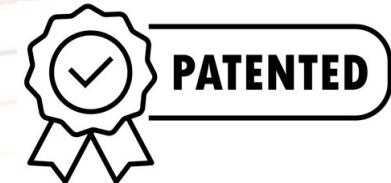
 sensors

MDPI

Article

Automated Prototype for *Bombyx mori* Cocoon Sorting Attempts to Improve Silk Quality and Production Efficiency through Multi-Step Approach and Machine Learning Algorithms

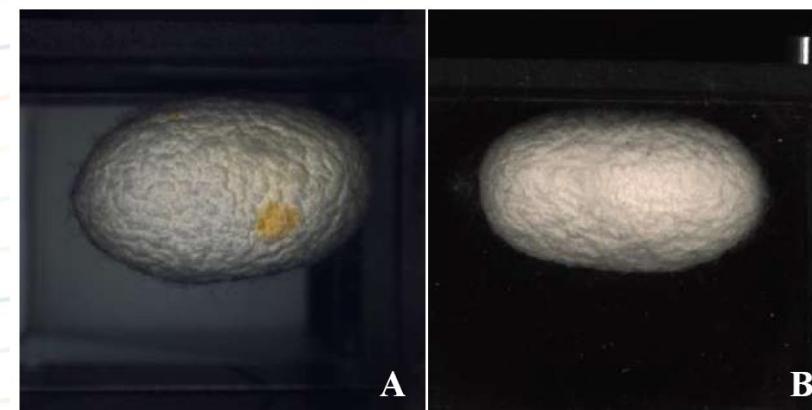
Simone Vasta ¹, Simona Figorilli ^{1,*}, Luciano Ortenzi ^{1,2}, Simona Violino ¹, Corrado Costa ^{1,*}, Lavinia Moscovini ¹, Francesco Tocci ¹, Federico Pallottino ¹, Alberto Assirelli ¹, Alessio Saviane ³ and Silvia Cappellozza ³



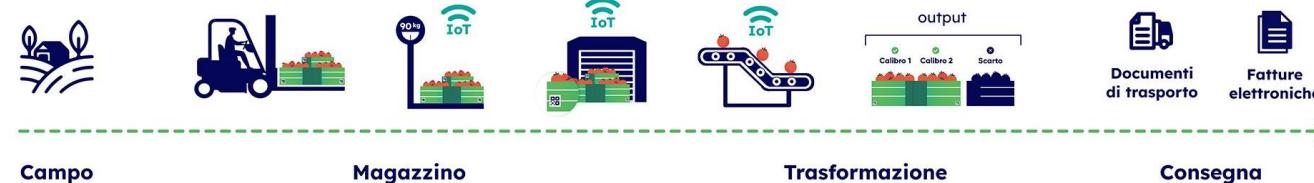
A

B

C



5) Tracciabilità



La tracciabilità è la capacità di tracciare un prodotto in tutte le fasi del suo ciclo di vita, dalla produzione, alla trasformazione e alla distribuzione, prendendo in considerazione anche i processi di importazione e arrivando fino alla vendita al dettaglio.

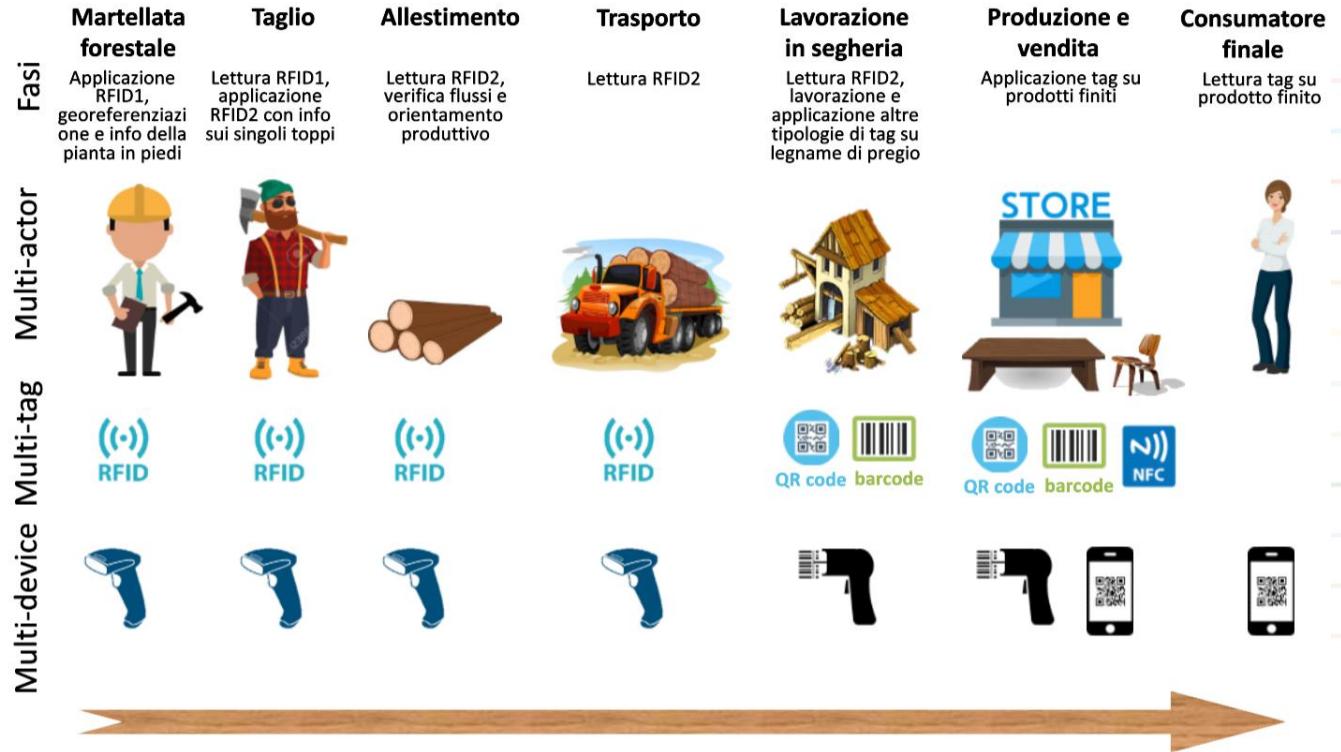
I sistemi di tracciabilità elettronica consentono l'identificazione di oggetti attraverso differenti frequenze e si compongono di tre elementi fondamentali:

- ✓ **tag**: transponder con circuito integrato (chip) con funzioni di controllo, memoria e connesso ad un'antenna
- ✓ **lettore**: ricetrasmettitore controllato da un microprocessore per interrogare e ricevere le informazioni in risposta dai tag
- ✓ **sistema di gestione informativo**: connesso in rete con i lettori che a partire dai codici identificativi provenienti dai tag ricava e gestisce le informazioni



5) Tracciabilità

Filiera di tracciabilità del legno



sensors

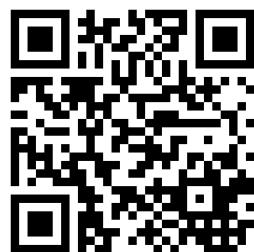
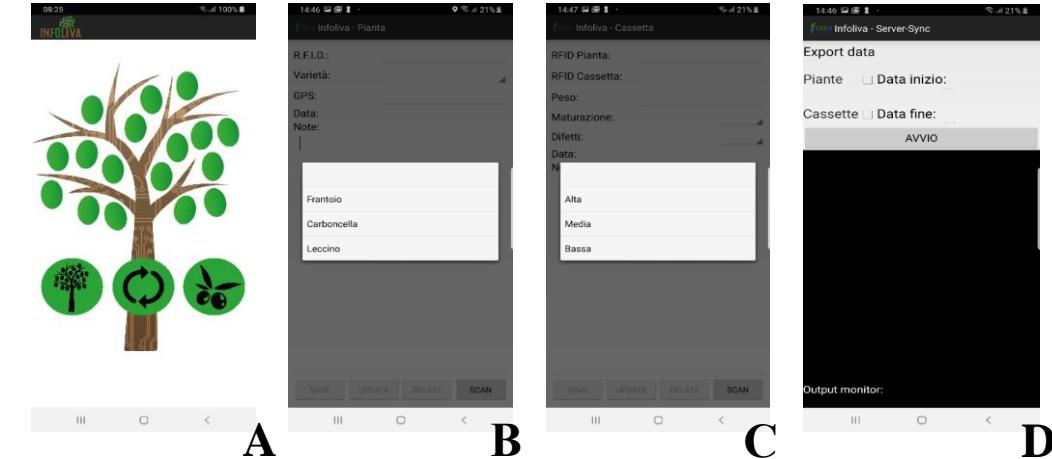
MDPI

Article
A Blockchain Implementation Prototype for the
Electronic Open Source Traceability of Wood along
the Whole Supply Chain

Simone Figorilli¹, Francesca Antonucci¹, Corrado Costa^{1,*}, Federico Pallottino¹,
Luciano Raso², Marco Castiglione², Edoardo Pinci², Davide Del Vecchio², Giacomo Colle³,
Andrea Rosario Proto⁴, Giulio Sperandio⁴ and Paolo Menesatti¹

5) Tracciabilità

Tracciabilità dell'olio extravergine di oliva



Article

A Full Technological Traceability System for Extra Virgin Olive Oil

Simona Violino , Federico Pallottino , Giulio Sperandio , Simone Figorilli, Luciano Ortenzi, Francesco Tocci, Simone Vasta, Giancarlo Imperi and Corrado Costa

5) Tracciabilità

Blockchain

È una “catena di blocchi” e viene comunemente definita come un “registro pubblico e decentralizzato” in cui poter non solo registrare ogni tipo di transazione, ma anche salvare qualsiasi documento.

La tecnologia è abbastanza complessa, in quanto principalmente si basa su codici e chiavi crittografiche, ma l’idea è in realtà di facile comprensione: l’utilizzo di Blockchain vuole creare un registro decentralizzato, ovvero esente da qualsiasi attore centrale di controllo, distribuito (nessun server centrale) e pubblico (non esiste un proprietario), in cui le transazioni vengono immediatamente eseguite e registrate su tale registro immutabile e facilmente accessibile in consultazione.



Potential blockchain applications in animal production and health sector

Harinder P.S. Makkar^{1*} and Corrado Costa²

Address: ¹International Consultant, Sustainable Bioeconomy, Vienna, 1210, Austria.

²Consiglio per la ricerca in agricoltura e l’analisi dell’economia agraria (CREA), Centro di ricerca Ingegneria e Trasformazioni agroalimentari, Rome, 00015, Italy.

Journal of the
**Science of Food and
Agriculture**

Review

A review on blockchain applications in the agri-food sector

Francesca Antonucci, Simone Figorilli, Corrado Costa, Federico Pallottino, Luciano Raso,
Paolo Menesatti

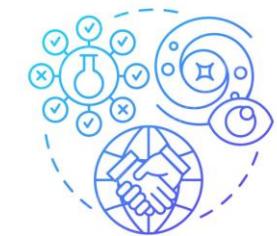


Negli ultimi **5 anni** (range 2019-2023) il gruppo ha pubblicato:

- 82 articoli (censiti Scopus – rispetto ad una media dei R/T CREA di 6.6 per lo stesso periodo)
- 1137 citazioni
- h-index=17
- con co-autori nazionali e internazionali (19 differenti paesi) appartenenti a oltre 80 università ed enti di ricerca.
- 5 brevetti
- Progetti:
 - 20 Nazionali
 - 6 Internazionali



...e altre istituzioni
internazionali



COOPERATION WITH
OTHER COUNTRIES

Grazie per l'attenzione!