

Intelligenza Artificiale per l'Agricoltura 4.0: idee e proposte

Fabio Maggio

Digital Agriculture/HPC for Energy and Environment @ CRS4
Scienze matematiche @ Università di Cagliari



Perché l'agricoltura digitale?

- settore di primaria importanza per i paesi in via di sviluppo e per economie avanzate
- in Europa: circa 10 milioni di occupati (il doppio con l'indotto)
- PAC (Politica Agricola Comune): uno dei pilastri dell'azione legislativa di Bruxelles
- circa il 35% del bilancio europeo è destinato all'agricoltura
- la Sardegna ha da sempre una vocazione agrifood di qualità che riveste un ruolo economico importante sia direttamente che come fattore di attrazione per il turismo
- **agricoltura 4.0: protocollo che mette assieme tecnologie avanzate di natura diversa per aumentare la qualità, la resa e la sostenibilità delle produzioni in campo**
- **formidabili potenzialità e significative difficoltà, è necessaria l'integrazione di tecnologie avanzate e di modi di pensare anche notevolmente diversi tra di loro**



FONDO EUROPEO AGRICOLO PER LO SVILUPPO RURALE: L'EUROPA INVESTE NELLE ZONE RURALI

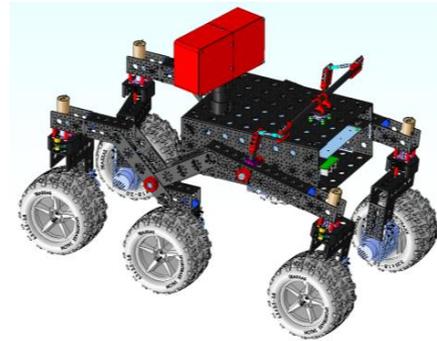
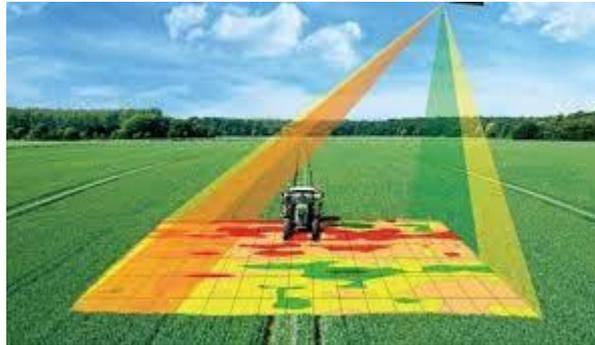


Qualità e sostenibilità
per un distretto
rurale integrato



Il nostro obiettivo

Sviluppo di tecnologie basate su **Intelligenza Artificiale (AI)** e **modelli fisico-matematici** per la definizione di **strumenti di supporto alle decisioni (DSS)** orientati all'agricoltura di **precisione**, la **fattoria automatica** e nuove **pratiche a impatto ambientale ridotto o nullo**.



Esempi di applicazioni di AI in agricoltura

- classificazione infestanti (cereali, ortive, etc) → trattamenti specifici
- riconoscimento fitopatologie da immagini fogliari o imaging spettrale
- monitoraggio *on-the-go* H₂O, antociani e *total soluble solids* (TSS) con imaging termico
- previsione quantitativa del raccolto
- stima del volume di vegetazione
- previsioni meteo su scala locale e «lungo» periodo
- riconoscimento di insetti
- previsione di eventi meteo/naturali avversi
- previsione produzione del latte ovino in Sardegna
- . . .

Machine Learning (ML)

Obiettivo: riversare in un algoritmo matematico le capacità del “medico di campagna”



Machine Learning (ML)

Obiettivo: riversare in un algoritmo matematico le capacità del “medico di campagna”

- Esperienza umana → addestramento (*training*) per l'algoritmo
 - ✓ costruzione *training set* annotato da esperti umani, anche di grande dimensioni
 - ✓ **la qualità dei dati è la cosa più importante!**
 - ✓ calcoli molto pesanti (ore o giorni)
- Diagnosi del medico → classificazione o inferenza per l'algoritmo
 - ✓ acquisizione delle *features* e confronto con il *training set*
 - ✓ **calcoli meno impegnativi → si può fare in tempo reale?**

The Economist - “The cost of training machines is becoming a problem” (giugno 2020)



... nell’attesa di un salto quantico della tecnologia computazionale, “i ricercatori dovranno spremere al massimo le tecnologie di calcolo esistenti” e “sono possibili miglioramenti considerevoli utilizzando hardware specifico e ottimizzando il software esistente per funzionare più velocemente”

Cause del “problema AI”

- problemi oggettivamente sempre più complessi, aumentano le aspettative
- quasi sempre si usano “a scatola chiusa” librerie di calcolo AI preconfezionate, molto comode ma non completamente ottimizzate (l’utente non ha nessuna idea della matematica sottostante)
- questi strumenti hanno un margine di miglioramento considerevole grazie ad una riformulazione del software di analisi pensata esplicitamente per aumentare le performance.
- al CRS4 esiste il know-how per ottimizzazione delle librerie AI grazie ad un mix di conoscenze di analisi e algebra numerica, calcolo parallelo e programmazione HPC anche su hardware dedicato



Intelligenza artificiale e HPC

Linee di sviluppo:

- uso di nuovi processori *manycore* e chip dedicati (acceleratori per l'AI come TPU, ecc.) ad altissime prestazioni e costo contenuto → algoritmi di intelligenza artificiale anche di grande scala su server locali per supporto delle decisioni;
- algoritmi matematici ottimizzati (algebra lineare, parallelismo, etc)

Vantaggi:

- miglioramento delle performance (tempi di calcolo)
- possibilità di effettuare l'addestramento AI anche su macchine meno prestazionali
- aumento della complessità dei modelli → inclusione di più fattori
- miglioramento della capacità previsionale dei modelli



FONDO EUROPEO AGRICOLO PER LO SVILUPPO RURALE: L'EUROPA INVESTE NELLE ZONE RURALI



Qualità e sostenibilità
per un distretto
rurale integrato





L'agricoltura 4.0: cosa c'è già

Alcune aree universalmente riconosciute come prioritarie dell'agricoltura 4.0 sono:

- l'uso di sistemi GNSS per la localizzazione a livello centimetrico dei mezzi agricoli e la predisposizione alla guida assistita/autonoma durante le operazioni in campo;
- l'automatizzazione delle operazioni e la *Variable Rate Application* (VRA), cioè l'applicazione mirata di irrigazione, semina, concimazione e altri trattamenti con modalità differenziate nelle diverse porzioni della coltura;

In buona parte queste tecnologie sono già disponibili commercialmente



FEASR



REPUBBLICA ITALIANA



REGIONE AUTONOMA
DI SARDEGNA
REGIONE AUTONOMA
Della Sardegna



PROGRAMMA REGIONALE
PSR Sardegna
2014-2020



GAL Sulcis
Igitur, Capere e Competere di Cagliari

FONDO EUROPEO AGRICOLO PER LO SVILUPPO RURALE: L'EUROPA INVESTE NELLE ZONE RURALI

Qualità e sostenibilità
per un distretto
rurale integrato



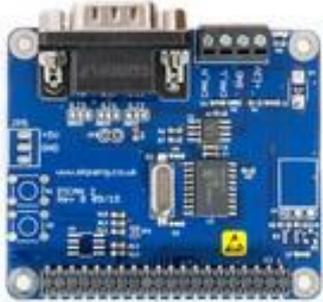
Tecnologia digitale: cosa c'è di nuovo?

- nodi di *edge-computing* molto compatti ed economici adatti ad applicazioni a bassa intensità numerica e facilmente installabili su mezzi agricoli e minirobot (2019)
- nuovi chip dedicati (in particolare acceleratori per l'AI come TPU, ecc.) ad altissime prestazioni e costo contenuto



Linee di sviluppo:

- ottimizzazione di algoritmi per inferenza AI su dispositivi edge;
- realizzazione HW a basso costo / basso consumo installabile su macchine agricole (standard *Isobus*) e robot



PiCAN2 CAN-Bus Board for Raspberry

Starting at: £26.90 Ex VAT
£32.28 Inc VAT



Linee di sviluppo:

- ottimizzazione di algoritmi per inferenza AI su dispositivi edge;
- realizzazione HW a basso costo / basso consumo installabile su macchine agricole (standard *Isobus*) e robot

Vantaggi:

- trasferimento pratiche agricoltura digitale dal cloud all'edge computing
- pratiche real time on-the-go: sensori per rateo variabile, riconoscimento specie infestanti, diagnosi fitopatologie, etc
- robotica di servizio per l'agricoltura



FONDO EUROPEO AGRICOLO PER LO SVILUPPO RURALE: L'EUROPA INVESTE NELLE ZONE RURALI

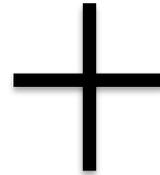
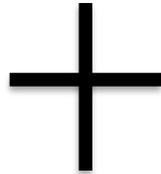


Qualità e sostenibilità
per un distretto
rurale integrato



Esempio: localizzazione GPS

- Tre livelli di precisione: «smartphone» (5 m), PPP (1 m), RTK (0.1 m)
- Soluzioni commerciali: costo 1.000 – 10.000 € (PPP-RTK)
- Soluzioni edge-computing: 500 – 1.000 € (PPP-RTK)





Le applicazioni

Necessità:

- coinvolgere un numero ristretto di end-users operanti nei settori più rappresentativi dell'agricoltura isolana
- identificazione di tecnologie dell'agricoltura digitale di interesse primario per il settore di appartenenza
- sperimentazione in azienda → esperienza di operatori del settore e informazioni necessarie sulle pratiche di campo
- attività **fortemente applicativa e multidisciplinare** → indispensabile la collaborazione con università, istituti di ricerca, agenzie pubbliche, organizzazioni professionali del comparto agricolo, partner tecnologici



FONDO EUROPEO AGRICOLO PER LO SVILUPPO RURALE: L'EUROPA INVESTE NELLE ZONE RURALI



Qualità e sostenibilità
per un distretto
rurale integrato





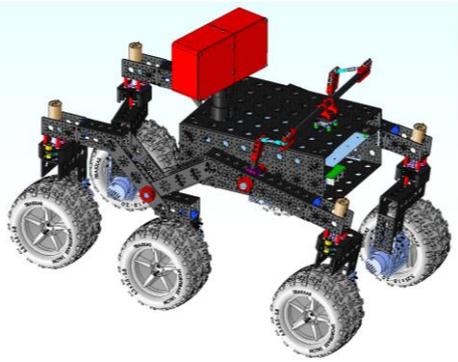
Applicazioni: robot e automatic farm

- Service robotics in agricoltura: una rivoluzione alle porte? Passaggio da agricoltura basata pesantemente sulla chimica ad una caratterizzata da pratiche sostanzialmente di tipo meccanico a bassa intensità, distribuite sull'arco temporale 24/7
- robot ormai di uso (quasi) comune per procedure specifiche legate alla fase di raccolto e trasformazione (cantina, azienda, etc);
- prototipi non commercializzati per usi particolari (barbabietola zucchero)
- robot autonomi, senza supervisione umana, richiedono massiccia presenza di AI su dispositivi edge, non da remoto
- implementazioni pionieristiche per manipolazione vegetali fragili, diserbo delle specie infestanti senza l'utilizzo di sostanze chimiche (era post-glifosato), monitoraggio delle colture in campo, con capacità previste di diversi ettari esaminati per giorno



Applicazioni: robot e automatic farm

- Idea alternativa: minirobot a basso costo, open source e adattabili a diversi tipi di coltivazioni
- Acquisizione autonoma dati/immagini, esecuzione real-time di algoritmi di machine learning, generazione reportistica georeferenziata
- Bassa difficoltà elettro-meccanica, alta difficoltà sul fronte AI



- Costo: 3000 € + 200 h assemblaggio
- Impronta a terra: 60 cm x 30 cm
- Peso: 12 kg
- Autonomia: 5 ore
- Navigazione adeguata per il campo
- Computer: Raspberry (+ chip AI)
- Personalizzabile con sensori, videocamere, etc



Conclusioni

- Area fortemente disciplinare, servono molte competenze diverse
- Sviluppi recentissimi (ultimi 2 anni) di hardware e software permettono soluzioni innovative
- C'è la possibilità di pensare nuovi paradigmi a costo limitato per l'agricoltura 4.0
- Agricoltura di precisione non è più limitata (per motivi economici) a medie/grandi aziende
- Sardegna può fare da apripista in questo campo (esistono tutte le competenze)
- Servono metodo, buon senso, cultura scientifica e... un pizzico di spregiudicatezza



FONDO EUROPEO AGRICOLO PER LO SVILUPPO RURALE: L'EUROPA INVESTE NELLE ZONE RURALI



Qualità e sostenibilità
per un distretto
rurale integrato

