



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA**

**Dip. AGRONOMIA ANIMALI ALIMENTI RISORSE NATURALI E AMBIENTE**

**Dip TERRITORIO E SISTEMI AGRO-FORESTALI**

**Corso di laurea in SCIENZE E TECNOLOGIE AGRARIE**

**POTENZIALITÀ, ASPETTI RILEVANTI E AMBITI DI  
UTILIZZO DELL'INTELLIGENZA ARTIFICIALE IN  
AGRICOLTURA**

**RELATORE:**

Dott. Francesco Marinello

**LAUREANDO:**

Tommaso Rosso

Matricola n. 1201417

**ANNO ACCADEMICO 2022-2023**



# RIASSUNTO

Si è scelto di trattare il tema dell'Intelligenza Artificiale impiegata in agricoltura perché si ritiene che sia un'integrazione quasi obbligatoria nelle aziende del futuro in quanto aiuta le suddette che ne faranno utilizzo ad essere all'avanguardia e di restare al passo con le tecnologie e le altre imprese. È un ausilio che porta gli agricoltori del presente e del futuro a relazionarsi in maniera nuova e diversa sia con il terreno che con gli allevamenti, aiutando a prendere decisioni che possono salvaguardare l'ambiente, le sue risorse e le aziende stesse. Per questo motivo si è voluto analizzare le potenzialità, le applicazioni dove l'intelligenza artificiale già è entrata a far parte dei macchinari utilizzati da agricoltori e allevatori, le implicazioni e le prospettive future.

Nel panorama agricolo moderno l'integrazione dell'intelligenza artificiale sta rivoluzionando radicalmente la produzione alimentare e l'agricoltura sostenibile. L'AI offre un potenziale rivoluzionario per migliorare l'efficienza, la qualità e la sostenibilità delle pratiche agricole, affrontando sfide cruciali come il cambiamento climatico la crescita demografica e la sicurezza alimentare globale. Questa tesi esplora le profonde implicazioni e le prospettive future dell'utilizzo dell'AI nell'agricoltura, analizzando come questa tecnologia sta trasformando il settore.

Attraverso l'analisi di sistemi di monitoraggio, raccolta dati, diagnosi e decision-making alimentati dall'AI, questa ricerca evidenzia il ruolo cruciale della tecnologia nell'ottimizzazione delle colture, nella gestione delle risorse idriche e nella lotta contro le malattie delle piante. Tuttavia, insieme alle promettenti potenzialità emergono anche sfide legate all'etica, alla privacy dei dati e all'accessibilità. Inoltre, si esplorerà come approcci futuri, tra cui l'apprendimento automatico, la robotica agricola e la sostenibilità ambientale, possono modellare ulteriormente il futuro dell'agricoltura intelligente.

Questa tesi si propone di fornire una panoramica completa delle opportunità e delle sfide legate all'AI in agricoltura, incoraggiando una discussione critica sulle implicazioni etiche, sociali ed economiche di questa trasformazione tecnologica. Alla luce di queste considerazioni è fondamentale esaminare in profondità come l'AI possa contribuire a soddisfare la crescente domanda alimentare globale, mentre si affrontano le sfide ambientali e sociali dell'agricoltura contemporanea.

# ABSTRACT

The topic of Artificial Intelligence employed in Agriculture was chosen because it is believed to be an almost essential integration in the farms of the future as it helps those who use it to be at the forefront of technology and to keep pace with other businesses. It is a tool that will lead the farmers of today and tomorrow to engage in a new and different way with both the land and the livestock, helping them to make decisions that can preserve the environment, its resources and the farms themselves. This is why we wanted to analyse the potential, the applications where artificial intelligence is already part of the machinery used by farmers and breeders, the implications and future prospects.

In the modern agricultural scenario, the integration of artificial intelligence is radically revolutionising food production and sustainable agriculture. AI offers revolutionary potential to improve the efficiency, quality and sustainability of agricultural practices, addressing crucial challenges such as climate change, population growth and global food security. This thesis explores the profound implications and future prospects of using AI in agriculture by analysing how this technology is transforming the industry.

Through the analysis of AI-powered monitoring, data collection, diagnosis and decision-making systems, this research highlights the critical role of technology in crop optimisation, water management and plant disease control. However, alongside the promising potential, challenges related to ethics, data privacy and accessibility also emerge. Furthermore, we will explore how future approaches, including machine learning, agricultural robotics and environmental sustainability, can further shape the future of smart agriculture.

This thesis aims to provide a comprehensive overview of the opportunities and challenges associated with AI in agriculture and to encourage a critical discussion on the ethical, social and economic implications of this technological transformation. In light of these considerations, it is crucial to examine in depth how AI can contribute to meeting the growing global food demand while addressing the environmental and social challenges of contemporary agriculture.

# SOMMARIO

RIASSUNTO .....	1
ABSTRACT .....	2
SOMMARIO .....	3
Capitolo 1 .....	1
INTRODUZIONE .....	1
1.1 L'uso di tecnologie digitali in agricoltura .....	1
1.2 Il presente lavoro.....	5
Capitolo 2.....	7
L'INTELLIGENZA ARTIFICIALE .....	7
2.1 Intelligenza artificiale .....	7
2.1.1 Reti neurali, machine learning, deep learning .....	9
2.2 Potenziale, aspetti rilevanti e impatto dell'IA nella società e nelle imprese .....	11
Capitolo 3.....	1
L'IA IN AGRICOLTURA.....	1
3.1 Utilizzi di IA in ambito agricolo.....	1
3.1.1 Aspetti di rilievo e di interesse.....	1
3.1.2 Esempi applicativi presenti sul mercato .....	3
3.1.3 principali esempi interessanti nel mercato o ancora in fase prototipale .....	6
3.2 Utilizzi di IA in ambito zootecnico .....	1
3.2.1 Aspetti di rilievo e di interesse.....	1
3.2.2 Esempi applicativi presenti sul mercato .....	3
3.2.3 principali esempi interessanti nel mercato o ancora in fase prototipale .....	7
Capitolo 4.....	1
CONCLUSIONI .....	1

BIBLIOGRAFIA .....	1
Documenti scientifici .....	1
SITOGRAFIA .....	1

# Capitolo 1

## INTRODUZIONE

### 1.1 L'uso di tecnologie digitali in agricoltura

La digitalizzazione nell'ambito agricolo si sta rivelando indispensabile a causa dei numerosi vantaggi che offre a questo settore estremamente ampio e cruciale per l'economia e la sopravvivenza della popolazione mondiale. L'agricoltura digitale, attraverso le sue soluzioni innovative, sta attualmente rivoluzionando l'intero sistema agricolo, rappresentando un elemento fondamentale per il raggiungimento dell'obiettivo di un'agricoltura sostenibile. Esamineremo ora le nuove tecnologie attualmente disponibili per un'agricoltura digitale, i miglioramenti e i vantaggi che hanno apportato.

Negli ultimi anni, gli agricoltori stanno diventando sempre più competenti nell'utilizzo di tecnologie, sia digitali che tradizionali, per la gestione delle loro attività agricole. Sempre più spesso, si trovano a dover adottare l'approccio dell'agricoltura di precisione mediante l'utilizzo di piattaforme web-based, reti interne ed esterne all'azienda e analisi dei Big Data. Grazie a questi strumenti, gli agricoltori sono in grado di analizzare dati raccolti da ciascun appezzamento di terreno per ottenere informazioni sulla qualità del suolo, sulle condizioni meteorologiche, sui modelli di crescita delle colture e, di conseguenza, ottimizzare la produttività, ridurre l'uso di prodotti chimici sintetici, prevenire le perdite e fornire cure tempestive.

La digitalizzazione consente agli agricoltori di gestire tutte queste operazioni comodamente dal proprio computer aziendale o attraverso applicazioni installate su tablet o smartphone. L'agricoltura digitale integra tecnologie intelligenti, tra cui sensori, sistemi di guida automatica, droni, imaging computerizzato, robot e telecamere, tutti connessi in rete e installati nell'azienda per raccogliere dati e generare informazioni preziose.

I droni, dotati di fotocamere multispettrali e sensori avanzati, rappresentano un'altra innovazione che semplifica le operazioni agricole, risparmiando tempo e costi grazie all'uso di strumenti di monitoraggio. Oltre ai sensori a terra, ai sistemi GPS e alle attrezzature di telerilevamento, i droni offrono una prospettiva aerea che consente di valutare lo stato del terreno, raccogliere dati su ogni singola pianta, monitorare la salute

delle colture, prevedere l'insorgenza di malattie e adottare tecniche di coltivazione più efficaci.

L'agricoltura digitale permette una gestione più efficiente delle aziende agricole, riducendo gli sprechi e aumentando la produttività. Questo si traduce in una maggiore sostenibilità ambientale, poiché la conoscenza precisa delle necessità di fertilizzanti o pesticidi consente di evitare trattamenti inutili, riducendo i costi e l'impatto sull'ambiente. Grazie ai progressi nel monitoraggio satellitare, nell'apprendimento automatico e nell'archiviazione dei dati in cloud, i software per l'analisi predittiva stanno diventando sempre più diffusi e accessibili. L'agricoltura digitale offre così rendimenti superiori, una migliore qualità dei prodotti e una significativa riduzione dei costi di produzione.

In un mondo in cui la popolazione raggiungerà i 9,7 miliardi entro il 2050 e la produzione alimentare dovrà aumentare per soddisfare la domanda, è essenziale affrontare questa sfida complessa bilanciando la crescita agricola con la conservazione ambientale. L'innovazione digitale rappresenta la chiave per raggiungere questo obiettivo cruciale.<sup>1</sup>

L'elenco delle innovazioni applicate all'agricoltura è estremamente vasto. Si possono trovare sensori posizionati nei campi e nei sistemi di irrigazione che sorvegliano e monitorano ogni fase del processo agricolo. I droni stanno emergendo come strumenti economici di controllo delle coltivazioni. Tuttavia, il contributo della tecnologia non si limita solo alla fase di produzione, ma si estende anche alla logistica e alla gestione dei magazzini. Etichette intelligenti e sistemi di lettura creano una "finestra" di connessione tra il produttore e il consumatore.

Secondo l'Osservatorio Smart AgriFood della School of Management del Politecnico di Milano e il Laboratorio RISE dell'Università di Brescia, l'insieme di queste applicazioni ha un valore di 100 milioni di euro solo in Italia, rappresentando il 2,5% del fatturato agricolo globale. L'Osservatorio ha registrato 220 soluzioni fornite da 70 aziende in Italia. Il 73% di queste soluzioni fa uso di dati e analisi, mentre il 39% sfrutta l'Internet delle Cose (IoT). Inoltre, molte di queste applicazioni sono versatili e possono essere utilizzate in vari settori agricoli, mentre altre sono specializzate in specifici settori come l'orticoltura, la coltivazione di cereali e la viticoltura.

---

<sup>1</sup> <https://www.techeconomy2030.it/2023/02/13/i-vantaggi-delle-tecnologie-digitali-in-agricoltura/#:~:text=Con%20l%27implementazione%20di%20software,per%20la%20gestione%20dell%27azienda>

Il principale vantaggio di queste innovazioni è legato innanzitutto all'efficienza, sia dal punto di vista economico che ambientale. Sebbene l'implementazione di queste tecnologie richieda investimenti iniziali, questi investimenti vengono ripagati attraverso la riduzione dei costi operativi e l'incremento delle entrate. La disponibilità di un monitoraggio diffuso della produzione consente di ottimizzare i processi agricoli, individuare le fonti di spreco e intervenire in modo mirato. Questo comporta un risparmio di risorse preziose, tra cui l'acqua, beneficiando sia delle finanze aziendali che dell'ambiente.

Tuttavia, non si tratta solo di ridurre i costi. La raccolta e l'analisi dei dati consentono una migliore gestione delle risorse, la prevenzione delle malattie delle colture e la presa di decisioni più efficaci. Questo, a sua volta, porta a un miglioramento della qualità dei prodotti agricoli e delle condizioni di lavoro nel settore.<sup>2</sup>

Dalla promettente intelligenza artificiale (AI) alla sofisticata robotica, passando per l'entusiasmante Internet of Things (IoT) e la potente rete 5G, le più recenti conquiste tecnologiche rappresentano un prezioso alleato per gli agricoltori e le aziende agricole. Attraverso la digitalizzazione, le diverse parti coinvolte possono godere di una catena del valore più efficiente, facilitando una cooperazione più stretta e una comunicazione migliore tra produttori, trasformatori, distributori e rivenditori. Al contempo, le piccole e medie imprese (PMI) innovative possono emergere e prosperare, infondendo nell'industria nuove idee e prospettive fresche.

Nonostante i numerosi vantaggi della digitalizzazione, è importante riconoscere che essa può anche generare un divario digitale, separando coloro che hanno accesso alle tecnologie all'avanguardia da coloro che ne sono privi. Questo divario potrebbe manifestarsi in varie forme, come ad esempio tra le aziende agricole connesse e quelle non connesse, o tra le piccole e le grandi operazioni agricole.

Per garantire che la digitalizzazione sia inclusiva e accessibile a tutti, è imperativo che i decisori politici, i leader del settore e i fornitori di tecnologie collaborino attivamente per promuovere i vantaggi della digitalizzazione e fornire agli agricoltori formazione, risorse e incentivi per l'adozione delle nuove tecnologie. In questo modo, il settore agricolo europeo potrà sfruttare appieno le potenzialità dell'era digitale, migliorando la sostenibilità

---

<sup>2</sup> <https://am.pictet.it/blog/articoli/tecnologia-e-innovazione/come-la-tecnologia-sta-trasformando-l-agricoltura>

e la redditività delle operazioni agricole, mentre affronta questioni cruciali come la sicurezza alimentare e il cambiamento climatico.

L'Internet of Things (IoT) sta rivoluzionando il settore agricolo, offrendo agli agricoltori un accesso in tempo reale ai dati relativi alle condizioni ambientali e alle prestazioni delle macchine. Questa preziosa fonte di informazioni supporta gli agricoltori nella presa di decisioni più informate, ottimizzando ogni aspetto del loro lavoro, che spazia dall'agricoltura ai controlli sul bestiame. Integrando i dati in tempo reale provenienti dall'IoT con dati geospaziali accurati, gli agricoltori possono adottare l'approccio dell'agricoltura di precisione, conseguendo così un aumento dei rendimenti, una drastica riduzione degli sprechi e la promozione di pratiche agricole più sostenibili.

In aggiunta, la tecnologia IoT permette agli agricoltori di monitorare a distanza lo stato delle colture e del bestiame, contribuendo a ridurre i costi operativi e garantendo la salute e la sicurezza degli animali.

Nonostante i vantaggi evidenti, è importante sottolineare che la digitalizzazione nell'ambito agricolo comporta anche diverse sfide che richiedono attenzione:

- **Problemi di Connettività:** in molte aree rurali, l'accesso a Internet affidabile e conveniente è ancora un problema, impedendo l'adozione diffusa delle tecnologie digitali.
- **Limitata Consapevolezza dei Vantaggi:** molti agricoltori potrebbero non essere consapevoli dei potenziali benefici della digitalizzazione e potrebbero non possedere le competenze o le risorse necessarie per implementare efficacemente queste nuove tecnologie.
- **Interoperabilità dei Sistemi:** la mancanza di standardizzazione può portare a diverse piattaforme digitali che non sono compatibili tra loro, rendendo complicata la condivisione dei dati e l'integrazione di diverse applicazioni.
- **Scarsa Formazione Digitale degli Agricoltori:** un'importante sfida è rappresentata dalla mancanza di competenze digitali tra gli agricoltori, il che può limitare la loro capacità di trarre pieno vantaggio dalla digitalizzazione.
- **Rapporto Costi-Benefici:** l'implementazione delle nuove tecnologie digitali può comportare costi significativi, che potrebbero superare i potenziali benefici, soprattutto per i piccoli agricoltori con risorse limitate.
- **Riluttanza alla Condivisione dei Dati:** la preoccupazione per la privacy e la proprietà dei dati può ostacolare la condivisione delle informazioni tra i vari attori del settore agricolo.

Queste sfide rappresentano importanti ostacoli da affrontare per garantire una transizione efficace verso un'agricoltura digitale più diffusa ed efficiente.<sup>3</sup>

## 1.2 Il presente lavoro

Nel corso di questa tesi, ci addentreremo nell'affascinante mondo dell'intelligenza artificiale (IA) e del suo impatto rivoluzionario su una vasta gamma di settori. Sebbene spesso associata all'ambito giornalistico, alla medicina, al mercato azionario, alla robotica, alla legge, alla ricerca scientifica e persino ai giocattoli, l'IA sta trovando sempre più spazio anche nell'agricoltura, un settore cruciale che richiede costantemente innovazioni per migliorare l'efficienza delle aziende agricole.

L'introduzione dell'IA in agricoltura potrebbe comportare numerosi vantaggi per le imprese agricole e gli agricoltori, costantemente alla ricerca di soluzioni per incrementare la produttività delle proprie attività e ridurre la dipendenza dalla manodopera umana. Nel corso di questa ricerca, ci proponiamo di esplorare le basi dell'IA, comprese le sue principali tappe evolutive, il funzionamento di base e le applicazioni più rilevanti.

Affronteremo inoltre questioni fondamentali legate all'IA, come le sfide che essa pone, l'impatto potenziale sul mondo del lavoro, le prospettive future e le sfide ancora da superare. Sarà anche di grande interesse esaminare il ruolo dell'Unione Europea nel contesto dell'IA, definendo la sua visione, i metodi per preservare la privacy dei cittadini e lo sviluppo dell'IA all'interno dei suoi stati membri.

All'interno del lavoro, dedicheremo un apposito capitolo all'approfondimento dei vari tipi di IA e delle metodologie di apprendimento, tra cui reti neurali, machine learning e deep learning. Queste tecniche rappresentano una componente cruciale nell'evoluzione dell'IA e hanno il potenziale per rivoluzionare ulteriormente il settore.

Nel terzo capitolo, ci concentreremo specificamente sulle implicazioni dell'IA nel contesto agricolo. Esploreremo applicazioni pratiche in campo aperto, offrendo esempi concreti di macchine e software in grado di rilevare dati ambientali e colturali, nonché di eseguire operazioni agricole in modo autonomo o semiautonomo, riducendo la necessità di lavoro umano. Inoltre, esamineremo come l'IA possa essere applicata all'ambiente zootecnico, fornendo soluzioni basate su software e hardware in grado di monitorare gli allevamenti e garantire il benessere degli animali, con feedback in tempo reale per gli allevatori.

---

<sup>3</sup> <https://digital-strategy.ec.europa.eu/it/policies/digitalisation-agriculture>

La nostra ricerca mira a gettare luce su come l'intelligenza artificiale stia trasformando il settore agricolo, portando benefici significativi in termini di efficienza, produttività e sostenibilità. Allo stesso tempo, non trascureremo le sfide e le questioni critiche associate all'adozione diffusa di IA, come il rischio di disoccupazione, la necessità di preservare la privacy, la gestione della disinformazione e il crescente dominio di grandi aziende private nel settore.

## Capitolo 2

# L'INTELLIGENZA ARTIFICIALE

### 2.1 Intelligenza artificiale

L'intelligenza artificiale (IA) è ormai una realtà concreta nella nostra vita quotidiana e non più una mera fantascienza. La sua presenza è evidente quando utilizziamo un assistente personale virtuale per organizzare le nostre attività quotidiane, viaggiamo su veicoli a guida autonoma o riceviamo consigli su canzoni e ristoranti da un telefono intelligente.

Ma cosa si intende con il termine "intelligenza artificiale"? L'IA si riferisce a sistemi capaci di comportarsi in modo intelligente, osservando l'ambiente circostante e compiendo azioni mirate con un certo grado di autonomia per raggiungere obiettivi specifici.

I sistemi basati su IA possono essere costituiti solo da software che operano in ambienti virtuali, come assistenti vocali, software di analisi delle immagini, motori di ricerca, sistemi di riconoscimento vocale e facciale. Oppure possono essere integrati in dispositivi hardware, come robot avanzati, veicoli autonomi, droni o applicazioni per l'Internet delle cose.

Ogni giorno facciamo uso dell'IA in vari modi, ad esempio per tradurre lingue, generare sottotitoli nei video o filtrare lo spam nelle e-mail.

Oltre a semplificarci la vita quotidiana, l'IA si sta dimostrando fondamentale per affrontare alcune delle sfide più complesse del nostro tempo, come il trattamento delle malattie croniche o la riduzione degli incidenti stradali mortali. In Danimarca, l'IA è utilizzata per diagnosticare gli arresti cardiaci basandosi sulla voce delle chiamate di emergenza, mentre in Austria aiuta i radiologi a individuare tumori confrontando rapidamente radiografie con vasti database di dati medici. Gli approcci basati sull'intelligenza artificiale (IA) hanno notevolmente ampliato le nostre competenze nell'analisi di dati quantitativi ricavati da immagini istopatologiche digitali. Si prevede che l'utilizzo dell'IA ridurrà il carico di lavoro degli esperti umani, contribuendo a migliorare l'oggettività e la coerenza dei resoconti patologici e avrà un impatto significativo sul piano clinico, consentendo di estrarre informazioni altrimenti nascoste dai dati tradizionalmente disponibili. L'intelligenza artificiale può per esempio essere impiegata per anticipare l'evoluzione del

cancro, prevedere la reazione ai trattamenti, identificare alterazioni genetiche e analizzare l'espressione genica, basandosi su campioni istopatologici digitalizzati. <sup>4</sup>

Nei settori agricoli in tutta Europa, molte aziende stanno sfruttando l'IA per monitorare e controllare i movimenti, la temperatura e il consumo di cibo degli animali. Questi sistemi possono adattare in modo autonomo l'erogazione di cibo e calore, permettendo agli agricoltori di concentrarsi su altre attività senza trascurare il benessere degli animali. Inoltre, l'IA sta rendendo le operazioni agricole europee più efficienti e contribuendo a rilocalizzare le produzioni in Europa.

Questi sono solo alcuni esempi di come l'IA sta rivoluzionando vari settori, dall'energia all'istruzione, dai servizi finanziari alla costruzione. Molte altre applicazioni sorgeranno nei prossimi anni, trasformando ulteriormente il nostro mondo, la nostra società e le nostre industrie.

L'intelligenza artificiale (IA) è una tecnologia che integra diverse metodologie per abilitare software, sistemi, macchine e dispositivi a percepire, elaborare, comprendere e apprendere da esperienze proprie, ampliando le attività umane. L'utilizzo dell'IA permette ai sistemi di produzione industriale di ottenere prestazioni eccezionali rispetto a quelle umane. Inoltre, l'IA consente ai robot di compiere compiti che non sarebbero adatti a un essere umano, come la gestione di materiali grezzi o elementi microscopici critici o pericolosi. È importante notare che, al momento attuale, molti robot industriali non hanno ancora raggiunto il livello di intelligenza umana. Tuttavia, essi sono in grado di eseguire con maestria una vasta gamma di compiti in diverse situazioni, pur essendo programmati in modo specifico. I progressi continui dimostrano che questa tecnologia sta avanzando di pari passo con l'evoluzione dell'Industria 4.0. <sup>5</sup>

Con l'incremento della potenza di calcolo, la crescente disponibilità di dati e il miglioramento degli algoritmi, l'IA è diventata una delle tecnologie più rilevanti del 21° secolo, con profonde implicazioni per il nostro futuro. La nostra relazione con l'IA determinerà il mondo in cui vivremo. In questo contesto, l'Unione Europea (UE) deve

---

<sup>4</sup> Shmatko, A., Ghaffari Laleh, N., Gerstung, M. et al. Intelligenza artificiale in istopatologia: potenziamento della ricerca sul cancro e dell'oncologia clinica. *Nat Cancro* 3, 1026–1038 (2022). <https://doi.org/10.1038/s43018-022-00436-4>

<sup>5</sup> I. Ahmed, G. Jeon and F. Piccialli, "From Artificial Intelligence to Explainable Artificial Intelligence in Industry 4.0: A Survey on What, How, and Where," in *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol. 18, no. 8, pp. 5031-5042, Aug. 2022, doi: 10.1109/TII.2022.3146552.

adottare un approccio coordinato per massimizzare i benefici dell'IA e affrontare le nuove sfide che essa pone.

L'UE è ben posizionata per assumere un ruolo guida nell'uso responsabile e vantaggioso dell'IA. Dispone di ricercatori, laboratori e start-up di livello mondiale nel campo dell'IA, oltre a un mercato unico digitale che favorisce la crescita delle imprese e la libera circolazione dei dati. Inoltre, l'UE possiede enormi quantità di dati industriali, di ricerca e pubblici che possono alimentare ulteriormente lo sviluppo dell'IA.

I leader europei hanno già riconosciuto l'importanza strategica dell'IA. L'UE deve investire in ricerca e innovazione per sviluppare tecnologie IA di prossima generazione e promuovere la loro adozione da parte delle imprese, specialmente le PMI. Allo stesso tempo, è essenziale preparare la forza lavoro ai cambiamenti che l'IA comporterà nel mercato del lavoro attraverso la modernizzazione dell'istruzione e della formazione.

Per garantire che l'IA si sviluppi in modo etico e responsabile, l'UE deve fornire un quadro normativo adeguato che rispetti i valori dell'Unione, i diritti fondamentali e i principi etici come la responsabilità e la trasparenza.

L'UE può fare la differenza nell'orientare lo sviluppo dell'IA in modo che porti vantaggi alle persone e alla società nel suo complesso. Per farlo, è necessario unire le forze degli Stati membri, delle istituzioni e dell'industria, lavorando insieme per massimizzare l'impatto degli investimenti e affrontare le sfide che l'IA presenta.<sup>6</sup>

### **2.1.1 Reti neurali, machine learning, deep learning**

Una delle metodologie utilizzate per il machine learning comprende la creazione di reti neurali. Questa tecnologia mira a emulare in modo approssimativo il funzionamento del cervello umano, senza utilizzare tessuti animali. Tale approccio risulta intrigante non solo per lo sviluppo di soluzioni informatiche ma anche per l'analisi del cervello umano.

Attualmente, un computer è circa un milione di volte più veloce nell'elaborazione dei dati rispetto al cervello umano. Tuttavia, va notato che il cervello dispone di un numero significativamente maggiore di sinapsi che operano in parallelo, a differenza dei computer che operano in serie. Questa differenza consente al cervello umano di eseguire le stesse operazioni fino a un miliardo di volte più velocemente di quanto possa fare un computer.<sup>7</sup>

---

<sup>6</sup> <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=CELEX%3A52018DC0237>

<sup>7</sup> Russell, Stuart J., e Peter Norvig. Artificial Intelligence: A Modern Approach. Prentice Hall Series in Artificial Intelligence. Englewood Cliffs, N.J: Prentice Hall, 1995.

Una rete neurale è composta da una serie di nodi collegati tra loro. Concettualmente, è possibile suddividere questi nodi in tre livelli. Il primo livello è costituito dai nodi di input, che ricevono informazioni dall'esterno e possono essere paragonati agli organi sensoriali umani, come la vista e l'udito.

Le informazioni rilevate dai sensori vengono successivamente trasmesse ai nodi nascosti, che possono costituire uno o più strati. Questi strati nascosti giocano un ruolo cruciale nell'abilitare la rete a imparare relazioni complesse. Quando sono presenti più livelli nascosti, i dati in output dal livello nascosto precedente vengono usati come input per quelli successivi. L'ultimo strato nascosto, infine, trasmette i dati ai nodi di output, che rappresentano il risultato finale dell'elaborazione.

Le reti neurali sono state applicate in diverse situazioni, come ad esempio nell'affrontare la sfida di far pronunciare correttamente a un software un testo in lingua inglese. Questo compito è particolarmente complesso, dato che le regole di pronuncia in inglese non sempre seguono schemi fissi, e le stesse lettere o gruppi di lettere possono essere pronunciati in vari modi.

Una delle applicazioni più interessanti delle reti neurali è rappresentata dallo sviluppo di veicoli a guida autonoma. Questi veicoli stanno guadagnando sempre più importanza e potrebbero portare a una vera rivoluzione, sia nel contesto delle fabbriche intelligenti che nella creazione delle smart cities.

Le reti neurali sono uno degli strumenti utilizzati per creare applicazioni di machine learning e deep learning. Nel machine learning, le macchine sono in grado di dedurre ragionamenti basati su casi specifici, generalizzando da tali casi concreti. Nel deep learning, si affrontano problemi di maggiore complessità, spesso attraverso l'aggiunta di più strati nascosti all'interno delle reti neurali. Con l'apprendimento automatico, gli algoritmi inizialmente creati dall'uomo servono a generare nuovi algoritmi. Questi nuovi algoritmi sono testati dalla macchina, e se si dimostrano più efficienti, sostituiscono quelli iniziali. Gli algoritmi utilizzati nel machine learning vengono spesso definiti autoadattivi, in quanto sono capaci di adattarsi autonomamente in base agli input ricevuti.

Per svolgere questa funzione, è essenziale che le reti neurali ricevano una vasta quantità di dati. Ad esempio, per imparare a riconoscere un gatto, il programma deve essere alimentato con un gran numero di immagini di gatti. Questi dati di input vengono chiamati

dati di addestramento. Per migliorare l'accuratezza dell'algoritmo, sono anche necessari dati di feedback.<sup>8</sup>

## **2.2 Potenziale, aspetti rilevanti e impatto dell'IA nella società e nelle imprese**

Viviamo attualmente in un'epoca di profonda rivoluzione, una sfida epica che possiamo definire come la "Guerra delle Intelligenze": l'intelligenza artificiale contro l'intelligenza umana. Questo cambiamento radicale offre opportunità senza precedenti per chi desidera intraprendere la strada imprenditoriale.

Il Professor Paolo Lacchè, docente di management e innovazione presso la Prague University of Economics e consulente internazionale, ha presentato esempi concreti di aziende che hanno già sostituito lavoratori con macchine quando ha iniziato a parlare di intelligenza artificiale. Uno dei casi interessanti è quello dell'agenzia di marketing Codeword, che ha scelto di incorporare due stagisti artificiali di nome Aiden e Aiko per la creazione di contenuti di marketing e grafica digitale. Altro esempio è rappresentato dall'azienda indiana Dukaan, che ha licenziato il 90% del proprio personale, sostituendolo con l'IA. Queste decisioni possono sembrare difficili, ma hanno portato a miglioramenti significativi, come la riduzione dei costi totali dell'85% grazie a tempi di risoluzione dei problemi più rapidi.

Inoltre, il 2022 e il 2023 hanno visto la nascita di aziende che offrono servizi di impiegati virtuali basati sull'intelligenza artificiale. Un esempio è l'azienda Mantra, che ha raccolto 4 milioni di dollari in finanziamenti da investitori di alto livello per fornire impiegati digitali. L'intelligenza artificiale oggi è diventata onnisciente, acquisendo conoscenze in una vasta gamma di settori. Tuttavia, l'elemento rivoluzionario più recente è la capacità generativa ultraveloce. Questa capacità consente all'IA di ragionare sulle nozioni apprese e di generare nuovi contenuti originali. È un passo avanti rispetto all'accesso passivo alla conoscenza offerto da motori di ricerca come Google.

Nel contesto professionale, vediamo esempi impressionanti: Google Med-PaLM ha superato l'esame di stato di un medico negli Stati Uniti, Alpha fold che possiede la capacità di predire come si ripiegano e qual è la struttura tridimensionale delle proteine,

---

<sup>8</sup> Ralf T. Kreutzer e Marie Sirrenberg, *Understanding Artificial Intelligence: Fundamentals, Use Cases and Methods for a Corporate AI Journey*, 5.

il sistema generativo MidJourney è in grado di creare immagini sorprendenti e persino la composizione di poesie è diventata un compito a portata di mano grazie a ChatGPT.

Le professioni più a rischio possono essere settori come i call center, la consulenza legale e il personale amministrativo e possono vedere un cambiamento significativo. Anche professionisti come gli ingegneri informatici non sono immuni dalla trasformazione.

Tuttavia, ci sono settori che rimarranno intatti per un po', come i costruttori e i cuochi. Tuttavia, la sostituzione potrebbe diventare inevitabile quando l'IA verrà affiancata dalla robotica. Ad esempio, a Praga, un barista è stato sostituito da un braccio meccanico in grado di preparare cappuccini di alta qualità.

Gli svantaggi sono minimi, mentre i vantaggi sono molteplici. Le risorse virtuali offrono conoscenze illimitate in ogni campo, sono economiche, lavorano ininterrottamente, e possono essere facilmente assunte o licenziate. Le opportunità per le aziende sono senza precedenti.

Si prevede che ci saranno due scenari principali per il futuro del lavoro umano: uno in cui l'IA funge da co-pilota, supportando il lavoro umano, e un altro in cui le aziende adottano la sostituzione totale. L'IBM suggerisce che la metà dei lavoratori di intelligenza dovrà imparare a collaborare con l'IA. A confermare questa prospettiva, la Finnair, compagnia aerea finlandese, sta assumendo "AI coach" per formare il personale a lavorare con l'assistenza dell'IA.

Inoltre, potremmo assistere all'emergere delle "One Person Company" in cui un imprenditore è affiancato da impiegati virtuali basati sull'IA per gestire un'azienda. Questo è un paradiso per gli imprenditori, dato che la forza lavoro è economica e virtualmente illimitata.<sup>9</sup>

L'intelligenza artificiale sta già lasciando un'impronta significativa nella nostra società, con prospettive di un impatto ancora maggiore all'orizzonte man mano che la tecnologia si evolve. Tuttavia, è importante riconoscere che gli effetti non sono esclusivamente positivi. Alcuni aspetti critici da prendere in considerazione

- Disoccupazione e incertezza sul futuro del lavoro:  
l'automazione e l'IA stanno rivoluzionando il mondo del lavoro, sollevando preoccupazioni sull'aumento della disoccupazione. Le stime variano notevolmente, ma è chiaro che molti lavori saranno influenzati. Questa transizione richiede un sostegno adeguato alla riqualificazione dei lavoratori e potrebbe

---

<sup>9</sup> Floridi, Luciano. Etica dell'intelligenza artificiale: Sviluppi, opportunità, sfide. Raffaello Cortina Editore, 2022.

ampliare la disparità di reddito. Già ad oggi alcune aziende europee e italiane stanno sostituendo alcuni centralinisti nei call center con un assistente virtuale in grado di gestire in modo totalmente autonomo delle compravendite.

- Mancanza di trasparenza nell'IA:

la trasparenza è fondamentale nell'IA, ma spesso manca. Gli algoritmi sono complessi e talvolta inaccessibili, il che rende difficile identificare e correggere eventuali errori o pregiudizi. Questa mancanza di visibilità può minare la fiducia nella tecnologia e sollevare questioni legali.

- Algoritmi distorti e discriminatori:

non si tratta solo di un problema sociale o culturale, ma anche di una sfida tecnica significativa. Gli errori di progettazione o l'introduzione di dati sbagliati e non rappresentativi negli algoritmi possono portare a risultati distorti e a problemi tecnici. In pratica, ciò significa che l'Intelligenza Artificiale (IA) rischia di replicare e amplificare i pregiudizi già presenti nella società, come quelli legati a razza, genere e età, contribuendo ad approfondire le disuguaglianze sociali ed economiche. Questo può accadere perché i modelli informatici spesso sono addestrati utilizzando dati storici presenti nel web.<sup>10</sup>

- Profilazione e privacy:

l'IA può creare profili dettagliati delle persone, sollevando preoccupazioni sulla privacy e sull'uso improprio delle informazioni personali. La consapevolezza di come vengono utilizzati i dati è essenziale per proteggere i diritti individuali. La possibilità di creare volti e replicare le voci può portare alcune persone anche ignare da tutto ciò a divulgare informazioni errate forvianti.

- Diffusione della disinformazione:

l'IA può essere utilizzata per creare contenuti falsi e diffondere disinformazione. Deepfake e bot online minacciano la verità e possono influenzare processi democratici e la percezione della realtà. Creazione di immagini generate da IA che possono essere utilizzate per scopi divulgativi non corrispondenti a fatti reali.

- Impatto ambientale:

l'IA, sebbene possa contribuire a soluzioni sostenibili, richiede una quantità significativa di energia per funzionare. L'uso intensivo di energia può avere un

---

<sup>10</sup> Cheatham, Benjamin, Kia Javanmardian, and Hamid Samandari. "Confronting the risks of artificial intelligence." McKinsey Quarterly 2.38 (2019): 1-9.

impatto ambientale negativo, e le emissioni di carbonio legate all'addestramento dei modelli sono un problema crescente.

- Dominio delle grandi aziende tecnologiche:

il settore dell'IA è fortemente dominato dalle grandi aziende tecnologiche, che accumulano un'enorme influenza sullo sviluppo della tecnologia. Questo monopolio potrebbe minare la competizione e influenzare le decisioni politiche. Le industrie private sono le maggiori investitrici con somme di denaro non indifferenti, a differenza delle istituzioni pubbliche e stanno così acquisendo il controllo sul futuro della tecnologia e della nuova frontiera dell'IA.<sup>11</sup>

In sintesi, l'intelligenza artificiale offre grandi opportunità, ma è fondamentale affrontare con attenzione questi aspetti critici per massimizzare i benefici e mitigare i rischi associati a questa tecnologia in rapida evoluzione.<sup>12</sup>

---

<sup>11</sup> Nur Ahmed et al. ,La crescente influenza dell'industria nella ricerca sull'intelligenza artificiale. Scienza 379 , 884-886 (2023). DOI: 10.1126/science.ade2420

<sup>12</sup> <https://www.liberties.eu/it/stories/aspetti-negativi-dell-intelligenza-artificiale/44289>

# Capitolo 3

## L'IA IN AGRICOLTURA

### 3.1 Utilizzi di IA in ambito agricolo

#### 3.1.1 Aspetti di rilievo e di interesse

L'attuale popolazione mondiale si attesta a 7,8 miliardi di persone, con una proiezione di raggiungere i 9,8 miliardi entro il 2050. Questo aumento demografico, unito alla limitatezza delle risorse terrestri, pone una sfida significativa per l'agricoltura, soprattutto nei paesi in via di sviluppo. La necessità di incrementare la produzione alimentare su superfici agricole sempre più ridotte ha portato a numerose sfide. I cambiamenti climatici e il riscaldamento globale causati dall'agricoltura stanno causando una diminuzione delle rese agricole, creando un circolo vizioso. Inoltre, l'uso eccessivo di prodotti chimici per migliorare la fertilità del suolo e combattere le erbacce e i parassiti ha causato danni all'ambiente e alla salute umana. Le risorse naturali come il fosforo e l'energia per l'agricoltura sono in esaurimento, e si affronta anche la minaccia di carenza d'acqua e aumento delle malattie delle piante.

L'intelligenza artificiale (IA) è emersa come una promettente tecnologia nell'ambito dell'agricoltura digitale, che si rifà all'utilizzo di strumenti digitali per raccogliere, archiviare e analizzare dati agricoli elettronici per migliorare il processo decisionale attraverso l'impiego di tecniche di intelligenza artificiale. Un esempio di questa tecnologia è l'agricoltura di precisione, che monitora le condizioni del suolo, la temperatura, l'umidità e calcola le dosi ottimali di fertilizzanti e acqua per colture specifiche e diverse aree delle aziende agricole. Tecniche come la visione artificiale e l'apprendimento automatico vengono impiegate per individuare malattie delle piante e carenze, identificando le erbacce e consentendo di applicare trattamenti solo dove necessario, riducendo il ricorso a pesticidi su tutto il campo. L'integrazione dell'IA nell'agricoltura sta contribuendo a sviluppare metodi agricoli in grado di aumentare le rese dei raccolti e affrontare le sfide menzionate in precedenza.

I robot agricoli autonomi comprendono veicoli aerei o terrestri specializzati in singole funzioni o piattaforme multiuso più generiche. L'uso diffuso dei droni nella zootecnia

include il monitoraggio delle coltivazioni e l'applicazione mirata di diserbanti e pesticidi. Tuttavia, limitazioni quali la capacità di carico e la durata dei voli continuano a ostacolare la loro scalabilità. I robot terrestri, invece, vantano una maggiore autonomia, ma devono operare in condizioni ambientali avverse, tra cui fanghi, pioggia, nebbia, umidità, temperature estreme. Di conseguenza, devono essere piattaforme robuste con meccanismi di locomozione, manipolazione e sensori altamente specializzati a seconda delle mansioni.

Ad esempio, compiti come la potatura o la raccolta selettiva richiedono robot avanzati dotati di bracci robotici e sofisticati sensori come RTK/GNSS, IMU, telecamere e scanner laser. Questi sensori supportano sia la navigazione (ad esempio, per localizzazione e mappatura) sia la manipolazione (per la scansione, la localizzazione e il riconoscimento di terreni, piante e frutti).

I sistemi sensoriali sono fondamentali in contesti agricoli non strutturati e complessi. L'IA può essere impiegata per la localizzazione dei robot agricoli e la raccolta di dati sul terreno e sulle colture. Può riconoscere la tipologia delle piante e monitorare il loro stato in tempo reale, acquisendo immagini e rilevando dati sensoriali come temperatura, umidità e pH del suolo. Metodi basati su visione artificiale, in particolare utilizzando il deep learning, si sono dimostrati promettenti nella classificazione dei frutti e nel rilevamento delle erbacce in ambienti non strutturati.

Inoltre, i metodi di pianificazione, schedulazione, coordinamento e controllo sono fondamentali per gestire sistemi in cui vari robot agricoli devono operare in modo coordinato. Questi sistemi possono anche autonomamente gestire altre attività agricole, come l'irrigazione e l'applicazione di prodotti chimici, in base alle condizioni delle coltivazioni. Interfacce adeguate, più o meno avanzate, possono informare gli agricoltori sullo stato delle coltivazioni, segnalando eventuali anomalie.

Ad esempio, la piattaforma Watson Decision for Agriculture integra l'IA e soluzioni cloud per offrire servizi come l'identificazione di parassiti o malattie tramite immagini e fornire indicazioni sull'irrigazione, la semina e la concimazione. Un altro esempio è la piattaforma PlantVillage, sviluppata da FAO e Penn State University, che utilizza algoritmi di intelligenza artificiale addestrati con immagini di piante malate per fornire diagnosi in tempo reale delle malattie delle colture, contribuendo così ai piccoli agricoltori africani.<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> <https://www.agendadigitale.eu/smart-city/ia-e-robotica-per-unagricoltura-sostenibile-sbocciano-i-progetti-avanzati-in-italia/>

### 3.1.2 Esempi applicativi presenti sul mercato

Nome	Descrizione	Ambito	Tipo di AI	Alimentazione	Info prodotto
OnFruit	sensore ottico per conteggio frutti	frutticoltura	riconoscimento di immagini	elettrica	sistema automatico in grado di contare la frutta presente in frutteto grazie a telecamere multispettrali e sensori con la precisione del 90-95%. I dati raccolti consentono di ottimizzare la logistica del post raccolta stimando già la quantità della produzione. Si è in grado anche di rilevare dati come calibro, vigore delle piante e conoscere quindi il fabbisogno irriguo, concimi e trattamenti fitosanitari da effettuare.
Dendo Fruit	sensore per la calibrazione del frutto sull'albero	frutticoltura	misura pezzatura e invio dati realtime	elettrica	monitora l'accrescimento con cadenza giornaliera e precisione millimetrica identificando una curva di crescita.
AgBot	trattore a guida autonoma	campo aperto	guida autonoma	ibrido diesel/elettrico	trattore a guida autonoma con possibilità di collegare diversi attrezzi per la coltivazione del terreno e per effettuare lavorazioni e trattamenti anche su frutteti e vigneti. Dotato di telecamere e sensori per il rilevamento degli ostacoli per muoversi in autonomia e sicurezza. Dotato di presa di forza e pompe idrauliche. Il robot è monitorato tramite dispositivo mobile e invia i dati in tempo reale sulla geolocalizzazione e lo stato del robot.
Tevel	Robot per la raccolta di frutta	frutticoltura	riconoscimento di immagini	elettrica	rileva i frutti maturi tramite telecamere, li preleva dalla pianta ventose applicate a droni collegati al robot semovente, il drone li rilascia in cassette.
VinAI	Sistema di supporto alle decisioni per viticoltori (DSS)	Viticoltura	analisi dati climatici	elettrica	analizzazione di dati climatici per prevenire tramite modelli previsionali basati su IA l'insorgenza di fitopatologie nei vigneti.
Laserweeder	attrezzo per il diserbo meccanico con laser	campo aperto	riconoscimento di immagini	dipendente da trattore	attrezzo portato con sistema di rilevazione di malerbe sulla fila e nell'interfila della coltura da immagini del suolo in tempo reale e eliminazione di esse tramite raggio laser localizzato.
Orio	robot semovente per la coltivazione in modo autonomo	campo aperto	guida autonoma	elettrica	robot a guida autonoma con segnale GPS RTK ed eventuali camere ottiche per la semina, coltivazione, diserbo, sarchiatura e raccolta dati di colture orticole industriali.
Oz	robot semovente per la coltivazione in modo autonomo	campo aperto/serra	guida autonoma	elettrica	piccolo robot polifunzionale per sarchiatura, rincalzatura, semina, erpicatura con diversi attrezzi a seconda del tipo di lavorazione e di coltura, trasporto prodotti o personale per la raccolta manuale dei prodotti. Autonomo nel movimento tra le file, specialmente in serra, grazie a sistema GPS RTK e camere con IA
Farmdroid FD20	robot semovente per la coltivazione in modo autonomo	campo aperto	guida autonoma	elettrica con fotovoltaico	robot multifunzione per la semina, diserbo meccanico e sarchiatura. Semina di precisione con memoria di posizione del seme per lavorazioni future, dotato di sensori e camere per rilevare la posizione delle piante della coltura.
Sweeper	robot per la raccolta di peperoni in serra	serra	riconoscimento di immagini e guida autonoma	elettrica	robot autonomo per il riconoscimento del frutto maturo in base al colore, identificato da una serie di camere e visori, e per la raccolta con distacco dalla pianta e raccolto in appositi contenitori per il trasporto.
Digivit	Sistema di supporto alle decisioni per viticoltori	viticoltura	riconoscimento di immagini	elettrica	monitoraggio della produzione e riconoscimento dei grappoli, stima delle rese e analisi cromatica per la stima della maturazione fenolica.
Icaro X4	robot ibrido per trattamento vigneto con raggi UV-C	viticoltura	guida autonoma	ibrido diesel/elettrico	trattamento preventivo contro attacchi da funghi e microorganismi quali oidio, peronospora, botrite. Con una centralina meteo in appezzamento vengono rilevati i dati che poi elaborati da software con IA, sarà attivato mediante segnale radio il robot che sarà immediatamente operativo per andare in autonomia ad effettuare il trattamento con lampade UV-C sul vigneto. Il robot è dotato di inoltre di sensori, radar e telecamere per muoversi in appezzamento in sicurezza rilevando eventuali ostacoli.
Robocrop InRow Weeder	attrezzo per il diserbo meccanico con sensori ottici	campo aperto	riconoscimento di immagini	dipende da trattore	attrezzo portato da trattore, utilizza tecniche di analisi delle immagini video in tempo reale per individuare le singole piante al fine di rimuovere meccanicamente le malerbe nell'interfila e soprattutto sulla fila tra le piante del raccolto.
iAgro	sistema di supporto alle decisioni per viticoltori (DSS)	viticoltura	analisi di dati e riconoscimento immagini	da telefono	applicazione per smartphone che tramite acquisizione di almeno 5 foto in zone diverse della coltura, realizza un modello 3D della pianta e dell'appezzamento generando mappe di vigore e la dose ottimale di acqua.

iDrone	rilievo di fotogrammetria aerea e elaborazione immagini	campo aperto	riconoscimento immagini	elettrica	sistema con drone per effettuare fotogrammetria aerea con particolari telecamere e sensori ottici. Le foto sono poi elaborate da software con IA per creare mappe 3D, conteggio delle piante, misure dell'appezzamento, mappe di vigore (NDVI, OSAFI), mappe di clorofilla (GNDVI, MCARI), mappe di stress idrico, mappe di temperatura, mappe di prescrizione per trattamenti, concimazioni e irrigazione.
Valley irrigation	sistema di monitoraggio della coltura e irrigazione intelligente	campo aperto	riconoscimento di immagini	elettrica	sistema di irrigazione con Pivot con applicate telecamere e sensori multispettrali per effettuare una fotogrammetria costante dell'appezzamento. Le immagini vengono poi elaborate dal software con IA per rilevare anomalie, stress idrici, controllo di parassiti e malattie ed è in grado di adottare azioni preventive inviando ai dispositivi mobili le mappe generate e i dati raccolti.
Xfarm	sistema di supporto alle decisioni per agricoltori	campo aperto	analisi di dati	elettrica	software per la raccolta e l'analisi di dati da centraline meteorologiche e sensori collegati, con elaborazione dei dati per un miglioramento della gestione dell'azienda e delle colture. Fornisce modelli agronomici elaborati dall'IA per dare consigli agli agricoltori per l'ottimizzazione della difesa, irrigazione e fertilizzazione delle colture.
Kuhn I-spray	sistema di irrorazione localizzata	campo aperto	riconoscimento di immagini	elettrica	soluzione di irrorazione localizzata del prodotto fitosanitario per il controllo delle infestanti grazie ad un riconoscimento di immagini ottenute da sensori iperspettrali con risparmio fino al 95% di prodotto.
Fructia	senore ottico per conteggio frutti	frutticoltura	riconoscimento di immagini	dipende da trattore	sistema per scansione delle piante del frutteto per stimare il numero di frutti presenti nell'impianto. Sapendo il numero di frutti è possibile organizzare la logistica e i trasporti in modo efficiente con conseguente risparmio in termini economici. Sistema con un'impronta ecosostenibile grazie al totale utilizzo di componenti elettronici. Il conteggio viene effettuato tramite IA ed il risultato è deterministico, avente accuratezza oltre il 90% in condizioni di operatività ottimali.

La tabella presenta una panoramica di diversi strumenti utilizzati nell'agricoltura che fanno uso dell'intelligenza artificiale (IA) per diverse applicazioni. Alcuni di questi prodotti o servizi sono già disponibili nel mercato, altri sono in fase di rilascio nel mercato o in fase prototipale avanzata. Le colonne della tabella sopra riportata includono rispettivamente il nome del prodotto, una breve descrizione del tipo di tecnologia, l'ambito di utilizzo, tipo di IA utilizzata, alimentazione del prodotto o del mezzo che svolge il lavoro ed infine una colonna con una veloce panoramica delle informazioni più rilevanti dello strumento analizzato.

La tabella rappresenta una rassegna significativa delle tecnologie basate sull'IA impiegate nell'agricoltura moderna. Questi strumenti non solo automatizzano e semplificano le attività agricole, ma introducono anche l'elemento critico dell'analisi e dell'elaborazione dei dati. Questo contribuisce a migliorare l'efficienza e la precisione nell'ambito dell'agricoltura.

La seconda colonna offre una breve descrizione relativa al tipo di tecnologia utilizzata e dei principali approcci tecnologici impiegati. Alcuni esempi includono il "Sensore ottico per conteggio frutti," che utilizza sensori ottici avanzati per conteggiare i frutti stimando la

quantità della produzione ed ottimizzare così la logistica nel post raccolta, e il "Trattore a guida autonoma," che si avvale della guida autonoma usando sensori e telecamere per svolgere diversi compiti agricoli sia in campo aperto che in frutteti. Inoltre, la tabella menziona il "Robot semovente per la coltivazione in modo autonomo," che rappresenta un'innovazione nell'automazione agricola soprattutto per svolgere piccoli lavori in ambienti piccoli come serre o piccoli appezzamenti. Un esempio interessante è il "Robot ibrido per trattamento del vigneto con raggi UV-C," che utilizza l'IA per applicare trattamenti precisi nei vigneti in modo preventivo sulla coltura grazie al dialogo costante con una stazione meteo che sulla base di alcuni dati rilevati decide se e quando effettuare il trattamento. Il "Sistema di supporto alle decisioni per viticoltori" è un altro esempio di tecnologia basata sull'IA che offre consulenza basata su dati raccolti da stazioni meteo e sensori ed aiuta a prendere le migliori decisioni per l'azienda. Inoltre, la "Fotogrammetria aerea e elaborazione delle immagini" è un metodo avanzato per rilevare dettagli topografici dei campi con la creazione di mappe di vigore, mappe di stress idrico, controllo dei parassiti, conteggio delle piante e molto altro. La tabella include anche "Sistema di monitoraggio della coltura e irrigazione intelligente" e "Sistema di irrorazione localizzata," che illustrano come l'IA sia utilizzata per migliorare l'efficienza nell'uso delle risorse idriche nell'agricoltura.

La colonna relativa al tipo di alimentazione rivela una tendenza verso l'uso dell'alimentazione elettrica come metodo principale. Questa scelta può essere attribuita ai vantaggi dell'elettricità in termini di sostenibilità e riduzione delle emissioni di gas serra, nonché alla crescente disponibilità di fonti di energia rinnovabile.

Nell'ultima colonna sono indicate, per ogni dispositivo, più nel dettaglio l'effettivo lavoro svolto, come l'IA è sfruttata e le maggiori potenzialità del prodotto.

In conclusione, questa tabella rappresenta un'istantanea delle moderne applicazioni dell'IA nell'agricoltura, mostrando come una varietà di tecnologie stiano rivoluzionando il settore, migliorando la produttività, l'efficienza e la sostenibilità.

### 3.1.3 principali esempi interessanti nel mercato o ancora in fase prototipale

Il primo esempio è una tipologia di robot autonomi con IA, non ancora sono gli innovativi Flying Autonomous Robots™ sviluppati da Tevel sono equipaggiati con algoritmi avanzati per la guida e il controllo, garantendo un'eccezionale precisione e manovrabilità. Questi robot raccolgono costantemente dati dettagliati su ciascun frutto che vengono a contatto, offrendo un'incredibile raccolta di informazioni in tempo reale. La leggerezza e la robustezza dei robot volanti li rendono adatti alla raccolta di una vasta gamma di frutta, da piccole albicocche da 50 g (2 onces) fino a mele di 700 g (25 onces). Il Flying Autonomous Robot™ sviluppato da Tevel è unico nel suo genere, in quanto può interagire direttamente con il fogliame degli alberi senza causare danni, consentendo un volo continuo dentro e fuori dalla vegetazione.

#### Vantaggi

Migliore pianificazione:

- Semplificare la logistica della raccolta
- Ottimizzare le attività di raccolta
- Migliora la resa e la qualità

Raccolta dati in tempo reale

- Quantità totale di frutta raccolta
- Peso e dimensioni di ciascun frutto
- Classificazione del colore
- Rilevamento della malattia
- Geolocalizzazione
- Distribuzione di peso, dimensioni e colori nel contenitore

Algoritmi che usano l'IA

- ALGORITMI DI VISIONE  
Rilevamento di frutta, fogliame e altri oggetti. Include la classificazione dei frutti (dimensione, maturità, ecc.)
- ALGORITMI DI MANOVRA  
Pianificazione ed esecuzione ottimale della traiettoria

- ALGORITMI DI BILANCIAMENTO  
Algoritmi di stabilizzazione per bilanciare le forze applicate al robot da foglie e frutto
- OTTIMIZZAZIONE DELLA RACCOLTA  
Algoritmi di ottimizzazione della gestione della flotta per la raccolta basati sui dati del frutteto<sup>14</sup>



Figura 1 Robot Tevel autonomo per la raccolta di frutti maturi con prelievo diretto dalla pianta<sup>15</sup>

Passiamo ora ad un altro esempio, la VinAi Farm, che rappresenta un sistema di supporto alle decisioni (DSS) progettato per assistere i viticoltori nella loro attività. Il sistema raccoglie dati climatici attraverso centraline meteo dedicate e li sottopone a un'analisi avanzata utilizzando modelli previsionali basati su intelligenza artificiale. Questo permette di prevedere in anticipo l'eventuale insorgenza di fitopatologie nei vigneti.

Attraverso l'applicazione VinAI Farm, gli utenti hanno la possibilità di monitorare le malattie che potrebbero rappresentare una minaccia per le loro coltivazioni, accedere a un registro storico dei dati climatici e pianificare le attività agricole in modo più efficiente.

<sup>14</sup> <https://www.tevel-tech.com/technology/>

<sup>15</sup> <https://www.tevel-tech.com/technology>

Grazie a questo approccio, diventa più agevole gestire le patologie della vite, consentendo l'applicazione mirata di trattamenti fitosanitari al momento opportuno. VinAI Farm si basa su tecnologie all'avanguardia, con modelli alimentati da intelligenza artificiale che forniscono soluzioni personalizzate per ottimizzare le operazioni viticole. Il suo obiettivo è preservare la salute dei vigneti, ridurre gli sprechi e migliorare la qualità e la quantità delle uve prodotte.

#### Funzioni e vantaggi

- **SISTEMA DISTRIBUITO**

VinAI Farm fornisce un sistema completo di centraline meteorologiche distribuite e interconnesse. Basta creare una rete di centraline per raccogliere dati climatici dai vigneti in maniera capillare.

- **INTELLIGENZA ARTIFICIALE**

Monitora lo stato di salute dei vigneti in qualsiasi momento. I modelli previsionali basati su intelligenza artificiale si adattano alle peculiarità della coltura per fornire un'accuratezza maggiore rispetto ai sistemi agronomici tradizionali.

- **RISPARMIO E SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE**

Sfruttando i suggerimenti del sistema VinAI Farm si è in grado di prendere decisioni migliori e più puntali, riducendo notevolmente la somministrazione di prodotti fitosanitari e di conseguenza **l'impatto ambientale...**

VinAI Farm è installabile e configurabile in totale autonomia, seguendo i pochi e semplici passi che si trovano nell'app. Una grafica intuitiva guiderà l'utilizzatore dal primo passo fino all'utilizzo quotidiano.

Attraverso l'installazione della loro rete di centraline meteorologiche, il servizio offre la possibilità di raccogliere dati climatici accurati all'interno dei vigneti. Successivamente, questi dati vengono attentamente analizzati utilizzando modelli previsionali supportati dall'intelligenza artificiale, fornendo ai viticoltori un responso completo tramite un app dedicata.

Il sistema, basato su un insieme di centraline meteo altamente versatile e scalabile, è stato progettato per garantire la raccolta di dati climatici con elevata precisione. Inoltre, i modelli di previsione delle fitopatologie sono alimentati da un sofisticato algoritmo di intelligenza artificiale. Questi modelli, in continua crescita grazie ai dati raccolti, sono in grado di offrire previsioni altamente accurate e personalizzate,

adattandosi alle specifiche esigenze dei vigneti.

Gli utenti possono comodamente consultare l'applicazione da qualsiasi dispositivo, che sia uno smartphone o una postazione desktop, garantendo così l'accesso continuo e immediato agli aggiornamenti relativi allo stato dei vigneti. In sintesi, il servizio offre un sistema di supporto alle decisioni su misura per le necessità individuali dei viticoltori.

I modelli previsionali rappresentano sofisticati modelli matematici in grado di identificare, in risposta a specifiche condizioni climatiche, la probabilità di sviluppo di fitopatologie nei vigneti.

Grazie a tali previsioni, i viticoltori hanno la possibilità di intervenire in modo tempestivo per prevenire o gestire efficacemente l'insorgenza di queste malattie, contribuendo così a preservare la salute delle loro coltivazioni.

Il sistema VinAI Farm è un Decision Support System (DSS), uno strumento progettato per assistere i viticoltori nella presa di decisioni mirate per la gestione ottimale delle loro coltivazioni. Questo strumento consente loro di pianificare le attività agricole in modo efficiente, ridurre gli sprechi e ottimizzare l'utilizzo delle risorse disponibili, il tutto nel momento migliore possibile per garantire il successo della loro attività.

I modelli previsionali sono in grado di inviare alert relativi alla probabilità con la quale si possono presentare malattie nel vigneto. Tali malattie individuabili sono peronospora, oidio, botrite, tignoletta della vite. Il sistema aiuta nella scelta del momento più adatto per somministrare i trattamenti, nell'ottimizzazione della programmazione dei trattamenti a seconda dello stadio di crescita della coltura.

Il loro algoritmo basato sull'intelligenza artificiale rappresenta un potente strumento per ottimizzare la previsione dell'insorgenza di malattie quali la Peronospora e l'Oidio nei vigneti. Una volta installate le stazioni di rilevamento dati, queste iniziano immediatamente a elaborare le informazioni raccolte, fornendo preziose indicazioni sul livello di rischio associato alla possibile contrazione di tali patogeni. L'efficacia dell'algoritmo viene ulteriormente migliorata grazie alle periodiche interazioni con il viticoltore tramite l'app dedicata. Questo processo di feedback costante permette all'algoritmo di affinare le proprie previsioni nel corso del tempo, fornendo indicazioni sempre più precise ed efficaci.

Inoltre, collaborano attivamente con un team di ricercatori specializzati nello sviluppo di nuovi approcci basati sull'intelligenza artificiale per l'agricoltura. Questo impegno

testimonia la loro fiducia in questa tecnologia avanzata e nella sua capacità di superare i tradizionali modelli agronomici nella previsione delle fitopatologie, dimostrando un costante impegno verso l'innovazione.<sup>16</sup>



*Figura 2 Stazione meteo intelligente di VinAi per il controllo delle condizioni climatiche*

---

<sup>16</sup> <https://vinai.farm/>

## 3.2 Utilizzi di IA in ambito zootecnico

### 3.2.1 Aspetti di rilievo e di interesse

L'applicazione dell'intelligenza artificiale alle moderne pratiche di allevamento animale e tecnologie ittiche può identificare in modo intelligente animali di diversi pesi e stadi, alimentarli in modo differenziato e migliorare la produzione di animali da allevamento di alta qualità. Con la crescita esponenziale della popolazione mondiale, gli agricoltori si stanno orientando verso tecniche più intelligenti che possano contribuire a regolare l'uso appropriato di terreni, acqua ed energia per alimentare il pianeta ed evitare una catastrofe alimentare globale. I ricercatori ritengono che la soluzione risieda in sensori, robot e intelligenza artificiale.<sup>17</sup>

La tecnologia dell'IA è stata adottata con successo da diverse industrie e ora è pronta a rivoluzionare il futuro dell'agricoltura con droni, robot e sistemi di monitoraggio intelligenti. Una tecnica per il monitoraggio della salute degli animali da fattoria e del bestiame da latte con un alto grado di precisione utilizza una telecamera e l'intelligenza artificiale (IA) per realizzare un "allevamento intelligente". L'IA, attraverso l'analisi di immagini ad alta definizione, potrebbe consentire il rilevamento precoce di lesioni e malattie che potrebbero influenzare la quantità e la qualità della produzione di latte. Negli ultimi tempi, con l'esigenza di un rendimento migliore degli animali da fattoria.<sup>18</sup>

L'intelligenza artificiale permette una facile registrazione dei dati aziendali, il monitoraggio delle attività agricole, l'analisi delle performance economiche, il miglioramento della salute degli animali e l'incremento della fertilità del suolo. Tutte queste caratteristiche e soluzioni convergono verso l'obiettivo dell'"agricoltura intelligente". L'intelligenza artificiale utilizzerà i dati per migliorare la qualità e la chiarezza del processo decisionale a tutti i livelli dell'industria agricola. L'intelligenza artificiale ha il potenziale per essere migliore degli esseri umani nel determinare se gli animali individuali soddisfano le specifiche di mercato attraverso la previsione delle condizioni degli animali singoli. Tuttavia, con sempre più aziende agricole collegate alla tecnologia, le tecnologie di intelligenza artificiale e sensori inizieranno a svolgere un ruolo sempre più cruciale

---

<sup>17</sup> Yongqiang, C., Shaofang, L., Hongmei, L., Pin, T. and Yilin, C. (2019). "Application of Intelligent Technology in Animal Husbandry and Aquaculture Industry," 2019 14th

<sup>18</sup> International Conference on Computer Science & Education (ICCSE), Toronto, ON, Canada, 2019, pp. 335-339, doi: 10.1109/ICCSE.2019.8845527.

nell'aiutare gli agricoltori a individuare modelli e soluzioni a problemi persistenti nell'attuale allevamento animale.<sup>19</sup>

L'uso di tecnologie software e hardware che supportano gli allevatori di bovini da latte attraverso l'auto-determinazione in azienda può aiutare gli agricoltori ad affrontare l'aumento delle dimensioni del gregge senza ulteriori requisiti di lavoro. Gli algoritmi di machine learning e i metodi correlati possono fornire la precisione necessaria per consentire questa tecnologia attraverso la capacità di auto-apprendimento e miglioramento nel tempo man mano che nuovi dati diventano disponibili. Di conseguenza, si è diffusa l'adozione di algoritmi di machine learning in tutti i settori lattiero-caseari. Con l'evoluzione della tecnologia di raccolta dei dati aziendali e la diffusione della rete 5G, aumenterà anche il potenziale di questa potente tecnologia di machine learning. Gli algoritmi di machine learning offrono flessibilità per quanto riguarda i dati di multicollinearità, la distribuzione degli input e i punti dati mancanti, mentre hanno la capacità di misurare interazioni non lineari tra le caratteristiche (cioè le variabili indipendenti) di problemi retrospettivi e di fase. Gli algoritmi di machine learning includono sia strategie supervisionate (ad esempio, random forest), che richiedono dati di addestramento per individuare schemi, sia metodi non supervisionati (ad esempio, clustering k-means), che non richiedono dati di addestramento per ottenere schemi. La capacità di un modello di machine learning di fornire previsioni accurate e/o dettagli decisionali aziendali è direttamente correlata alla qualità dei dati di input utilizzati per l'addestramento del modello. Inoltre, è importante considerare attentamente che venga effettuato un rigoroso processo di verifica (lettura supervisionata) per evitare sovradattamenti del modello che potrebbero portare a una sovrastima delle capacità predittive.<sup>20</sup>

---

<sup>19</sup> Neethirajan, S. (2020). The role of sensors, big data and machine learning in modern animal farming. *Sensing and BioSensing Research*. 29:100367.

<sup>20</sup> Chimakurthi, Venkata Naga Satya Surendra. "Implementation of Artificial Intelligence Policy in the Field of Livestock and Dairy Farm." *American Journal of Trade and Policy* 6.3 (2019): 113-118.

### 3.2.2 Esempi applicativi presenti sul mercato

Nome	Descrizione	Ambito	Tipo di AI	Specie principali	Info prodotto
AI farm	sistema di monitoraggio allevamento	allevamento	elaborazione immagini	avicoli	Monitoraggio remoto dell'allevamento con software con IA che elabora le immagini analizzando il comportamento degli animali e segnalando in tempo reale ogni minimo cambiamento. Questo fa in modo che si rilevino anomalie in allevamento segnalandole per limitare eventuali danni.
eYeNamic	sistema di monitoraggio allevamento	allevamento	elaborazione immagini	avicoli e suini	Monitoraggio dell'allevamento con sistema di videocamere e analisi delle condizioni ambientali e degli animali. Combinando i dati raccolti da questi sensori con l'intelligenza artificiale, il sistema può essere ottimizzato per creare le condizioni ideali per gli animali.
digitanimal	sistema di monitoraggio mandria al pascolo	pascolo	elaborazione dati	da pascolo	Monitoraggio dell'attività del bestiame e la sua salute con rilevazione di dati sul movimento e la temperatura, invia dati ad una applicazione in tempo reale sulla posizione e permette di creare un recinto virtuale per monitorare lo spostamento dell'individuo e della mandria.
ChickenBoy	sistema di monitoraggio allevamento	allevamento	elaborazione immagini	avicoli	Monitoraggio tramite videocamere e sensori dello stato di salute e di movimento degli animali in allevamento. Software con IA in grado di creare mappe del clima, qualità dell'aria, distribuzione degli animali, eventuali morti, stato della lettiera, illuminazione del pollaio, livello di rumore del pollaio e di inviarle in tempo reale ai dispositivi mobili.
Lely Horizon	piattaforma di supporto alle decisioni	allevamento	elaborazione dati	bovini	Grazie ad algoritmi di IA prendendo in considerazione i dati rilevati da robot di mungitura e sensori sulle singole vacche è possibile massimizzare l'efficienza, riducendo le mungiture fallite e intervenendo preventivamente su eventuali problemi rilevati. Horizon può inoltre indicare problemi di chetosi e consigliare il trattamento, rilevare il periodo ottimale per l'inseminazione grazie ai dati dei sensori per il calore e indirizzare le vacche in siti specifici, determinare le curve di lattazione per singolo capo e decidere quando interrompere la mungitura.
Khun Aura	carro miscelatore a guida autonoma	allevamento	guida autonoma	bovini	Carro miscelatore autonomo in grado di effettuare un autocaricamento di tutti i tipi di insilato, fieno, e paglia. Dotato di vasca di miscelamento a coclee verticali. Autonomo nella distribuzione in stalla con nastro trasportatore bilaterale e spazzole rotanti per avvicinare il foraggio distribuito precedentemente. Dotato di sistema di guida autonoma con tecnologia RTK GPS SIM accoppiata a sensori di movimento e tecnologia LIDAR, RADAR, laser, ultrasuoni e bordi sensibili. Equipaggiata di motore elettrico garantendo assenza di rumore e gas inquinanti in stalla.
OnecupAI - Betsy	sistema di monitoraggio allevamento	allevamento	elaborazione di immagini e dati	bovini	Sistema di più telecamere per il monitoraggio del bestiame. Il sistema è in grado di rilevare ed avvisare in tempo reale la presenza di un evento urgente come un parto o una malattia. Ogni singolo animale è scansionato e viene generato un profilo per ogni capo con le relative caratteristiche e informazioni. I dati sono poi accessibili da cloud per una gestione remota.

FarmSee	sistema di monitoraggio allevamento	allevamento	elaborazione dati	suini	Fornisce agli allevatori di suini informazioni complete sullo stato di ogni singolo suino e sull'intero allevamento, tiene monitorato il peso e lo stato di salute di ogni animal. Il software con IA consiglia le decisioni da prendere sulla base dei dati rilevati, ottimizzando il peso di rilascio fino a 3 settimane in anticipo, garantendo il benessere animale ottimizzando la climatizzazione in base al peso effettivo dei suini, rileva suini con prestazioni inferiori prevenendo malattie, invia avvisi per il decesso o la scomparsa di singoli capi, ottimizza l'FCR rispetto all'assunzione di mangime.
SomaDetect	sistema di monitoraggio del latte in allevamento	allevamento	elaborazione dati	bovini	Sensore con un sistema software di IA che rileva i dati principali della produzione del latte raccolto in allevamento direttamente dalla linea di mungitura. Le analisi sono effettuate tramite tecnologia di diffusione della luce e gli algoritmi possono rilevare i dati sulle caratteristiche del latte. Viene calcolata la SCC (conta cellule somatiche) ed analizza lo stato riproduttivo dei capi aumentando la produttività.
Pig cough monitor	sistema di monitoraggio allevamento	allevamento	elaborazione suoni e clima	suini	Sistema con sensori , telecamere e microfoni per misurare il benessere degli animali in modo oggettivo sulla base delle registrazioni del rumore e dei suoni emessi dai suini per identificare precocemente malattie respiratorie. Queste misurazioni vengono combinate con dati di controllo del clima e dei mangimi generando un grafico.
WUGGL Uno	sistema di pesatura a distanza	allevamento	elaborazione immagini	suini	Dispositivo in grado di rilevare il peso dell'animale senza contatto. Basta fotografarlo e il software all'interno del dispositivo lo individua ed effettua la misurazione del peso in modo immediato. Il dispositivo è inoltre dotato di un sensore di temperatura corporea.
GroStat	sistema di pesatura a distanza	allevamento	elaborazione immagini	suini	Sensore che effettua fino a 10 misurazioni al secondo su ogni singolo animale e le analizza con IA per ottenere la massima precisione possibile sui pesi giornalieri e il tasso di crescita creando un profilo biomedico dell'animale.
Farm4Trade Suite	sistema di monitoraggio allevamento	allevamento	elaborazione dati	bovini, ovini, caprini, equini, suini	Suite di strumenti di produttività digitale per aziende zootecniche con soluzioni basate su IA e visione biometrica degli animali. Permette il monitoraggio del bestiame, la sua salute, cure mediche garantendo un a gestione efficiente del bestiame.
Kraal	sistema di monitoraggio allevamento	allevamento	elaborazione dati	bovini, ovini, caprini, equini	Etichette auricolari digitali con gps e sensori multipli per il controllo dello stato di salute dell'animale e la posizione in tempo reale. Tag alimentato a energia solare, con portata fino a 15 Km che fornisce dati al software cloud LivestockOS che riceve i dati costantemente e con IA crea un pacchetto ottimizzato per la salute, benessere e produttività di ogni animale all'interno della mandria.
AlphaPheno mics	sistema di monitoraggio allevamento	allevamento	elaborazione immagini	suini, bovini, avicoli	Soluzioni tecnologiche per la zootecnia, analizzando dati fenotipici rilevati da telecamere multispettrali 3D e combinandoli con una tecnologia di thermal imaging rilevando così in tempi brevi eventuali problemi di infezioni e malessere degli animali.
Cynomys	sistema di monitoraggio allevamento	allevamento	elaborazione dati	bovini	Analizza i dati dell'allevamento in tempo reale e permette di visionarli da remoto, analizza più di 30 parametri che elaborati da un software IoT-AI garantiscono un miglioramento delle prestazioni della stalla e dell'allevamento.

La tabella sopra riportata presenta una panoramica delle soluzioni basate sull'intelligenza artificiale (IA) applicate in vari settori zootecnici. Ogni riga include il nome del prodotto o servizio, una breve descrizione della sua tipologia, l'ambito in cui viene utilizzato (allevamento o al pascolo), il tipo di IA impiegato (elaborazione di immagini, elaborazione dati o guida autonoma), la specie animale maggiormente coinvolta e informazioni dettagliate sull'uso dell'IA e dei sensori per supportare gli allevatori.

Offre un'interessante panoramica delle applicazioni dell'IA nel settore zootecnico. Queste soluzioni si concentrano su diverse esigenze e sfide affrontate dagli allevatori, promettendo di migliorare la gestione del bestiame e l'efficienza operativa.

Una delle sfide principali nel raccogliere informazioni su questa gamma di prodotti e servizi è la loro varietà e l'attuale stadio di sviluppo. Molti dei prodotti elencati sono ancora in fase prototipale o di progetto, il che rende difficile ottenere dati completi e dettagliati su di essi. Solo alcuni di essi sono ben sviluppati e disponibili sul mercato.

Ad esempio, il "Sistema di monitoraggio dell'allevamento" è una soluzione diffusa e alla base di molteplici soluzioni trovate che utilizza l'IA per raccogliere dati sullo stato di salute e il comportamento degli animali. Spesso basati sull'utilizzo di particolari telecamere multispettrali e sensori termici e ambientali per il controllo degli individui nell'allevamento e per la gestione del clima all'interno dei box o dei capannoni. Questi dati possono essere cruciali per migliorare il benessere degli animali e l'efficienza della produzione, aiutando l'allevatore con la generazione di grafici e mappe per il monitoraggio anche da remoto. Tuttavia, la varietà di sensori e algoritmi utilizzati in questi sistemi può variare ampiamente, a seconda dello sviluppatore.

Un'altra soluzione interessante trovata in questo studio è il "Sistema di pesatura a distanza," che può essere particolarmente utile negli allevamenti. Questa tecnologia sfrutta l'IA per calcolare in modo quasi preciso il peso degli animali senza la necessità di operazioni di pesatura dirette. Ciò riduce lo stress sugli animali, semplifica la gestione del bestiame e velocizza una delle operazioni fondamentali in modo particolare per l'allevamento di suini aiutando l'allevatore a prendere decisioni rapide sull'alimentazione o sul periodo di macellazione. Tuttavia, questa tecnologia è in fase di sviluppo e quindi non ancora ampiamente diffusa.

Inoltre, è importante sottolineare che l'IA è utilizzata in diversi contesti, compresa l'elaborazione di immagini, l'elaborazione dei dati e la guida autonoma. Questa diversità

di applicazioni sottolinea la versatilità dell'IA nell'ambito zootecnico e la sua capacità di adattarsi a una varietà di esigenze.

In generale, questa tabella riflette il crescente interesse per l'IA nell'ambito zootecnico e il suo potenziale per migliorare la produzione, il benessere animale e l'efficienza operativa. Tuttavia, la diversità di sviluppo e l'adattamento alle specifiche esigenze zootecniche sommato alla mancanza di dati esaustivi su molte di queste soluzioni evidenzia la necessità di ulteriori ricerche e sviluppo in questo settore promettente. È fondamentale riconoscere che la zootecnia rappresenta uno dei pilastri essenziali nella produzione alimentare globale, poiché fornisce una vasta gamma di prodotti alimentari di origine animale. Di conseguenza, lo sviluppo di soluzioni innovative basate sull'IA in questo settore riveste una rilevanza cruciale per la sicurezza alimentare, la sostenibilità e la tracciabilità ed è sempre più fondamentale per garantire una produzione alimentare sostenibile, affrontare le sfide alimentari globali e soddisfare la domanda di prodotti alimentari di origine animale.

### 3.2.3 principali esempi interessanti nel mercato o ancora in fase prototipale

#### eYeNamic

eYeNamic rappresenta un sistema utilizzato sia nell'allevamento suino che in quello avicolo. La sua funzione principale è quella di osservare e registrare il comportamento degli animali all'interno delle strutture di allevamento. Questo sistema è costituito da una telecamera posizionata sopra il box degli animali, in modo da ottenere una visuale a volo d'uccello dell'area. Un software specializzato elabora le immagini acquisite e le traduce in indicatori relativi alla distribuzione e all'attività degli animali.<sup>21</sup>

Questi indicatori forniscono informazioni preziose sulla posizione e il movimento degli animali all'interno del box, consentendo di comprendere meglio il loro comportamento. Grazie alla tecnologia di elaborazione delle immagini e ai modelli matematici utilizzati, è possibile effettuare un monitoraggio costante delle risposte legate alla salute e al benessere degli animali da allevamento. Questa innovazione offre un modo efficace per garantire il benessere degli animali e migliorare le pratiche di gestione in agricoltura.<sup>22</sup> Il rilevamento e il tracciamento basati sulla visione, come metodo non invasivo, sono fondamentali per garantire un accesso costante alle informazioni relative al comportamento e al benessere dei suini. Nei contesti dedicati al monitoraggio di suini, la capacità di individuare e seguire singoli animali rappresenta la chiave per passare da un approccio di cura di gruppo a una cura individualizzata, nonché alla misurazione delle attività. Il monitoraggio di tutte le parti principali del corpo dei suini tramite visione basata sull'intelligenza artificiale consente un'analisi approfondita del loro comportamento. L'impiego della visione basata sull'intelligenza artificiale rende possibile il rilevamento automatico in tempo reale e il monitoraggio continuo dei suini. Ciò consente di osservare i cambiamenti nell'attività comportamentale dei singoli animali nel corso del tempo e utilizzarli come indicatori di salute e benessere. Inoltre, questa tecnologia è di grande

---

<sup>21</sup> Matthews, S.G., Miller, A.L., Plotz, T. and Kyriazakis, I. (2017). Automated tracking to measure behavioural changes in pigs for health and welfare monitoring, *Sci. Rep.* 7 (1): 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-17451-6>.

<sup>22</sup> [https://thesis.unipd.it/retrieve/d0fd6782-08a0-448b-892e-de681a4aa271/ACCINI\\_PAOLO.pdf](https://thesis.unipd.it/retrieve/d0fd6782-08a0-448b-892e-de681a4aa271/ACCINI_PAOLO.pdf)

aiuto nella diagnosi precoce delle malattie nei suini, consentendo interventi più tempestivi ed efficaci e contribuendo a ridurre la mortalità.<sup>23</sup>

L'osservazione del comportamento dei suini riveste un ruolo fondamentale nella valutazione della loro produttività, salute e benessere. Acquisire una profonda comprensione dei cambiamenti comportamentali, sia quelli naturali che quelli anomali, può influire positivamente sul benessere degli animali, compresi fattori quali le condizioni di alloggiamento e la dieta. In un contesto di crescente industrializzazione dell'allevamento suinicolo, il monitoraggio in tempo reale del comportamento dei suini e l'analisi del loro comportamento sono diventati elementi chiave per promuovere il benessere degli animali, migliorare l'impatto sull'ambiente di lavoro e ottenere un vantaggio competitivo aziendale. È importante notare che i suini manifestano comportamenti diversi in risposta alle loro condizioni di vita e alle pratiche di allevamento adottate.<sup>24</sup>



*Figura 3 Dispositivi di eYeNamic per il controllo degli animali in allevamento suinicolo e avicolo*

---

<sup>23</sup> Wang, S.; Jiang, H.; Qiao, Y.; Jiang, S.; Lin, H.; Sun, Q. The Research Progress of Vision-Based Artificial Intelligence in Smart Pig Farming. *Sensors* 2022, 22, 6541. <https://doi.org/10.3390/s22176541>

<sup>24</sup> Pedersen, L.J. Chapter 1—Overview of commercial pig production systems and their main welfare challenges. In *Advances in Pig Welfare*; Špinko, M., Ed.; Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition; Woodhead Publishing: Sawston, UK, 2018; pp. 3–25.

## ChickenBoy

ChickenBoy è un robot di analisi che supporta in modo estremamente efficace le attività quotidiane degli allevatori di polli da carne e altri avicoli. Il robot raccoglie preziosi dati per l'intero ciclo di produzione e ininterrottamente. Sulla base di questi dati, il robot elabora automaticamente utili grafici, diagrammi e tabelle. ChickenBoy è dotato di diversi sensori e più telecamere a tale scopo. Un grande vantaggio: ChickenBoy si sposta lungo rotaie fisse a circa mezzo metro al di sopra degli uccelli, consentendo una rilevazione e mappatura molto precisa della situazione nel pollaio, senza un contatto diretto con gli animali.

ChickenBoy è dotato di una completa attrezzatura, che include: tre telecamere come dotazione standard (aggiunta opzionale di una telecamera in più), sensori climatici che misurano temperatura, umidità relativa e velocità dell'aria, sensori di qualità dell'aria che misurano la concentrazione di CO<sub>2</sub> e NH<sub>3</sub>, un sensore di luce, un sensore per misurare il livello di rumore, un puntatore laser per assicurarsi che gli avicoli si muovano. Un sistema di rotaie sospese dal soffitto garantisce il monitoraggio senza contatto e rispettoso del benessere animale 24 ore su 24, dal primo giorno del ciclo di produzione all'ultimo. Grazie all'ampia disponibilità di sensori di cui è dotato è possibile avere una mappatura completa del clima all'interno del pollaio dove vengono registrate mappe di temperatura, umidità relativa e velocità dell'aria. Viene inoltre registrata una mappatura della qualità dell'aria indicando concentrazione di NH<sub>3</sub>, concentrazione di CO<sub>2</sub>. Il software effettua poi un rilevamento e mappatura della distribuzione degli uccelli nel pollaio, presenza di avicoli morti, aree umide nel materiale per la lettiera ed eventuali beverini difettosi. Altre mappe elaborate dal programma sono mappatura delle condizioni di illuminazione nel pollaio, mappatura del livello di rumore nel pollaio, valutazione delle deiezioni per l'identificazione precoce di malattie intestinali, rilevamento della salute delle zampe. L'intero allevamento poi può essere monitorato da remoto con lo streaming di video e tracce audio, fotografie degli animali e dell'attrezzatura a intervalli selezionabili. C'è inoltre la possibilità di ricevere in automatico grazie all'elaborazione delle immagini con intelligenza artificiale, allarmi definiti dall'utente inviati tramite email e messaggio di testo. Maggiore produttività grazie ai dati accuratamente mappati, all'analisi intelligente delle immagini e alla valutazione delle immagini e dei dati.<sup>25</sup>

---

<sup>25</sup> <https://cdn.bigdutchman.com/fileadmin/content/poultry/products/en/Poultry-growing-ChickenBoy-Big-Dutchman-en.pdf>

- Controllo climatico preciso e migliorato;
- Rilevamento precoce delle malattie;
- Ridotto o nullo utilizzo di antibiotici;
- Identificazione più veloce dei problemi tecnici;
- Miglioramento della salute degli uccelli e, di conseguenza, del loro benessere;
- Analisi continua dei punti deboli da parte di un robot AI autonomo e auto apprendente;
- Minore mortalità;
- Minore tasso di rifiuto nell'abbattimento;
- Reazione più rapida ai problemi.



*Figura 4 Robot autonomo ChickenBoy per il monitoraggio di allevamenti avicoli*

# Capitolo 4

## CONCLUSIONI

In questo percorso di ricerca, ci siamo immersi nelle profondità dell'intelligenza artificiale (IA) applicata all'agricoltura e alla zootecnia, esplorando il vasto potenziale e le sfide affrontate in questo settore in crescita. La motivazione principale alla base di questa tesi è stata l'urgente necessità di comprendere l'impatto dell'IA in un settore tanto vitale quanto l'agricoltura. Negli ultimi anni, l'IA ha iniziato a destare un interesse crescente nel mondo agricolo, un settore che ha dimostrato di essere fondamentale per l'umanità. L'agricoltura è la spina dorsale dell'alimentazione globale e gioca un ruolo chiave nella sicurezza alimentare, nella sostenibilità ambientale e nell'economia. L'IA rappresenta una risorsa preziosa, in grado di affrontare alcune delle sfide più urgenti che l'agricoltura moderna deve superare.

Il motivo principale che ha spinto la scelta di questo argomento è la consapevolezza che l'IA offre soluzioni innovative e una prospettiva positiva per l'agricoltura e la zootecnia. Questo settore è soggetto a molte variabili, tra cui il cambiamento climatico, la crescente domanda di prodotti alimentari e la necessità di una gestione sostenibile delle risorse. L'IA promette di rivoluzionare la produzione alimentare, aumentando l'efficienza e la produttività, riducendo gli sprechi e migliorando il benessere degli animali. Tuttavia, come qualsiasi tecnologia, l'IA non è priva di limiti. Abbiamo esaminato le sfide legate all'implementazione dell'IA in agricoltura, tra cui la disponibilità limitata di dati di alta qualità, la necessità di formazione e competenze specializzate e le preoccupazioni sulla sicurezza dei dati. L'attuale stato di sviluppo dell'IA in agricoltura può essere considerato ancora embrionale, con molte soluzioni che devono ancora raggiungere una diffusione su larga scala. È essenziale che vengano affrontate queste sfide e che si continui a lavorare per rendere l'IA più accessibile e vantaggiosa per gli agricoltori di tutto il mondo. Guardando al futuro, è evidente che l'IA ha un ruolo cruciale nell'evoluzione dell'agricoltura verso una visione di "Agricoltura 4.0". Questo concetto rappresenta una trasformazione radicale del settore agricolo, dove l'automazione, l'interconnessione, l'analisi dati avanzata e l'IA lavorano insieme per migliorare la produttività e la sostenibilità. Il settore agricolo deve rimanere all'avanguardia e adottare innovazioni tecnologiche per soddisfare la crescente domanda di prodotti alimentari in un mondo in

crescita, senza compromettere la qualità e la sicurezza alimentare. In conclusione, l'IA in agricoltura e zootecnia rappresenta una prospettiva promettente per il futuro. È un'opportunità per affrontare le sfide in modo innovativo, rendendo l'agricoltura più efficiente, sostenibile e redditizia. Tuttavia, è fondamentale riconoscere le sfide attuali e lavorare per superarle. L'adozione dell'IA richiederà sforzi collettivi da parte di agricoltori, ricercatori, governi e aziende tecnologiche. Solo attraverso una collaborazione sinergica possiamo sfruttare appieno il potenziale dell'IA per trasformare il settore agricolo e garantire un futuro alimentare più brillante per tutti.

# BIBLIOGRAFIA

## Documenti scientifici

Comunicazione della Commissione al Parlamento europeo, al Consiglio europeo, al Consiglio, al Comitato economico e sociale europeo e al Comitato delle regioni sull'intelligenza artificiale per l'Europa, Bruxelles, 25.4.2018 COM (2018) 237 final.

I. Ahmed, G. Jeon and F. Piccialli, "From Artificial Intelligence to Explainable Artificial Intelligence in Industry 4.0: A Survey on What, How, and Where," in IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol. 18, no. 8, pp. 5031-5042, Aug. 2022, doi:10.1109/TII.2022.3146552

Sharma, S., Verma, K., & Hardaha, P. (2022). Implementation of Artificial Intelligence in Agriculture. Journal of Computational and Cognitive Engineering, 2(2), 155–162. <https://doi.org/10.47852/bonviewJCCE2202174>

Wang, S.; Jiang, H.; Qiao, Y.; Jiang, S.; Lin, H.; Sun, Q. The Research Progress of Vision-Based Artificial Intelligence in Smart Pig Farming. Sensors 2022, 22, 6541. <https://doi.org/10.3390/s22176541>

Pedersen, L.J. Chapter 1—Overview of commercial pig production systems and their main welfare challenges. In Advances in Pig Welfare; Špinka, M., Ed.; Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition; Woodhead Publishing: Sawston, UK, 2018; pp. 3–25.

BOMBIERI, CRISTIAN. "Sistemi e tecnologie innovative per l'allevamento avicolo."

Yongqiang, C., Shaofang, L., Hongmei, L., Pin, T. and Yilin, C. (2019). "Application of Intelligent Technology in Animal Husbandry and Aquaculture Industry," 2019 14th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE), Toronto, ON, Canada, 2019, pp. 335-339, doi: 10.1109/ICCSE.2019.8845527.

Neethirajan, S. (2020). The role of sensors, big data and machine learning in modern animal farming. Sensing and BioSensing Research. 29:100367.

Matthews, S.G., Miller, A.L., Plotz, T. and Kyriazakis, I. (2017). Automated tracking to measure behavioural changes in pigs for health and welfare monitoring, *Sci. Rep.* 7 (1): 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-17451-6>.

Chimakurthi, Venkata Naga Satya Surendra. "Implementation of Artificial Intelligence Policy in the Field of Livestock and Dairy Farm." *American Journal of Trade and Policy* 6.3 (2019): 113-118.

International Conference on Computer Science & Education (ICCSE), Toronto, ON, Canada, 2019, pp. 335-339, doi: 10.1109/ICCSE.2019.8845527.

Nur Ahmed et al. ,La crescente influenza dell'industria nella ricerca sull'intelligenza artificiale. *Scienza* 379 , 884-886 (2023). DOI: 10.1126/science.ade2420

Cheatham, Benjamin, Kia Javanmardian, and Hamid Samandari. "Confronting the risks of artificial intelligence." *McKinsey Quarterly* 2.38 (2019): 1-9.

Andreasen, Christian, Karsten Scholle, and Mahin Saberi. "Laser weeding with small autonomous vehicles: Friends or foes?." *Frontiers in Agronomy* 4 (2022): 841086.

Ralf T. Kreuzer e Marie Sirrenberg, *Understanding Artificial Intelligence: Fundamentals, Use Cases and Methods for a Corporate AI Journey*, 5.

*Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition*; Woodhead Publishing: Sawston, UK, 2018; pp. 3–25.

Russell, Stuart J., e Peter Norvig. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. Prentice Hall Series in Artificial Intelligence. Englewood Cliffs, N.J: Prentice Hall, 1995

Maniori, Chiara. "L'intelligenza artificiale nella gestione delle risorse umane tra innovazione e aspetti etici e di compliance." (2021).

[https://thesis.unipd.it/retrieve/d0fd6782-08a0-448b-892e-de681a4aa271/ACCINI\\_PAOLO.pdf](https://thesis.unipd.it/retrieve/d0fd6782-08a0-448b-892e-de681a4aa271/ACCINI_PAOLO.pdf)

Pedersen, L.J. Chapter 1—Overview of commercial pig production systems and their main welfare challenges. In *Advances in Pig Welfare*; Špinka, M., Ed.; Woodhead

Wang, S.; Jiang, H.; Qiao, Y.; Jiang, S.; Lin, H.; Sun, Q. The Research Progress of Vision-Based Artificial Intelligence in Smart Pig Farming. *Sensors* 2022, 22, 6541. <https://doi.org/10.3390/s22176541>

Erik Vranken, Dries Berckmans, Precision livestock farming for pigs, *Animal Frontiers*, Volume 7, Issue 1, January 2017, Pages 32–37, <https://doi.org/10.2527/af.2017.0106>

Chimakurthi, Venkata Naga Satya Surendra. "Implementation of Artificial Intelligence Policy in the Field of Livestock and Dairy Farm." *American Journal of Trade and Policy* 6.3 (2019): 113-118.



# SITOGRAFIA

<https://www.europarl.europa.eu/news/it/headlines/society/20200827STO85804/che-cos-e-l-intelligenza-artificiale-e-come-viene-usata> (consultato a ottobre 2023)

<https://www.biz4intellia.com/blog/5-applications-of-iot-in-agriculture/> (consultato a ottobre 2023)

<https://www.techeconomy2030.it/2023/02/13/i-vantaggi-delle-tecnologie-digitali-in-agricoltura/#:~:text=Con%20%27implementazione%20di%20software,per%20la%20gestione%20dell%27azienda> (consultato a ottobre 2023)

<https://digital-strategy.ec.europa.eu/it/policies/digitalisation-agriculture> (consultato a ottobre 2023)

<https://am.pictet.it/blog/articoli/tecnologia-e-innovazione/come-la-tecnologia-sta-trasformando-l-agricoltura> (consultato a ottobre 2023)

<https://www.agendadigitale.eu/smart-city/ia-e-robotica-per-unagricoltura-sostenibile-sbocciano-i-progetti-avanzati-in-italia/> (consultato a ottobre 2023)

<https://www.dusuniot.com/it/blog/lorawan-gateway-used-in-livestock-tracking-system/#h-accurate-and-timely-livestock-tracking> (consultato a ottobre 2023)

<https://www.startus-insights.com/innovators-guide/precision-livestock-farming-startups/> (consultato a ottobre 2023)

<https://terraevita.edagricole.it/nova/nova-trattori-e-macchine-agricole/il-robot-dino-diserba-le-orticole-in-modo-sostenibile/> (consultato a ottobre 2023)

<https://live.euronext.com/en/node/12020057> (consultato a ottobre 2023)

<https://www.ai-farm.it/> (consultato a ottobre 2023)

<https://www.fancom.com/blog/farm-of-the-future> (consultato a ottobre 2023)

<https://digitanimal.it/> (consultato a ottobre 2023)

<https://cdn.bigdutchman.com/fileadmin/content/poultry/products/en/Poultry-growing-ChickenBoy-Big-Dutchman-en.pdf> (consultato a ottobre 2023)

<https://www.lely.com/it/soluzioni/farm-management/horizon/> (consultato a ottobre 2023)

<https://www.kuhn.it/news/svelato-il-nuovo-carro-miscelatore-autonomo-aura> (consultato a ottobre 2023)

<https://www.onecup.ai/> (consultato a ottobre 2023)

<https://farmsee.com/> (consultato a ottobre 2023)

<https://somadetect.com/> (consultato a ottobre 2023)

<https://www.agriexpo.online/prod/fancom-bv/product-171629-142655.html> (consultato a ottobre 2023)

<https://www.wuggl.com/produkt/> (consultato a ottobre 2023)

[http://grostat.com/growth\\_sensor.php](http://grostat.com/growth_sensor.php) (consultato a ottobre 2023)

<https://www.farm4trade.com/> (consultato a ottobre 2023)

<https://kraal.farm/> (consultato a ottobre 2023)

<https://mailchi.mp/b50f892787f0/alphaphenomics> (consultato a ottobre 2023)

<https://www.cynomys.it/> (consultato a ottobre 2023)

<https://agerpix.com/it/> (consultato a ottobre 2023)

<https://www.agxeed.com/> (consultato a ottobre 2023)

<https://www.tevel-tech.com/technology/> (consultato a ottobre 2023)

<https://vinai.farm/> (consultato a ottobre 2023)

<https://carbonrobotics.com/laserweeder> (consultato a ottobre 2023)

<https://www.naio-technologies.com/en/orio/> (consultato a ottobre 2023)

<https://www.naio-technologies.com/en/oz/> (consultato a ottobre 2023)

<https://farmdroid.dk/en/welcome/> (consultato a ottobre 2023)

<https://www.wur.nl/en/project/sweeper-the-sweet-pepper-harvesting-robot.htm>

(consultato a ottobre 2023)

<https://www.digivit.cnr.it/> (consultato a ottobre 2023)

<https://www.freegreen-nature.it/> (consultato a ottobre 2023)

<https://garford.com/products/robocrop-inrow-weeder/> (consultato a ottobre 2023)

<https://www.agrobit.ag/soluzioni/iagro> (consultato a ottobre 2023)

<https://www.agrobit.ag/soluzioni/idrone> (consultato a ottobre 2023)

<https://www.valleyirrigation.com/autonomous-crop-management> (consultato a ottobre 2023)

<https://xfarm.ag/> (consultato a ottobre 2023)

<https://www.kuhn.it/news/I-SPRAY-una-intelligenza-artificiale-KUHN-al-servizio-irrorazione> (consultato a ottobre 2023)

[www.energethicae.com](http://www.energethicae.com) (consultato a ottobre 2023)