



SMART AGRIFOOD: RIVOLUZIONE DIGITALE E SFIDE ORGANIZZATIVE

Posted on 8 Novembre 2023 by Roma Laura e Agrifoglio Rocco



Category: [Digital Organization](#)

Abstract

La ricerca si pone un duplice obiettivo, ovvero fornire una panoramica delle tecnologie emergenti utilizzate dalle aziende che operano nel settore dell'agrifood e individuare gli impatti organizzativi derivanti dall'utilizzo di tali tecnologie a diversi livelli di analisi (individuo, organizzazione e rete).

Introduzione

L'agroalimentare (agrifood) è uno tra i principali settori che risulta interessato dall'impiego di nuove tecnologie per favorire l'innovazione agricola e la produzione alimentare. La crescita della popolazione mondiale, che ha raggiunto gli 8 miliardi di persone ad inizio 2023 e si stima supererà i 9,5 miliardi nel 2050 (ONU, 2022), i



cambiamenti climatici e la scarsità delle risorse stanno spingendo numerosi studiosi ed operatori del settore all'individuazione di soluzioni in grado di rendere l'agricoltura più efficiente e sostenibile. Tra le diverse soluzioni individuate un contributo sostanziale è ascrivibile alle tecnologie emergenti. Si pensi, ad esempio, alle nuove opportunità offerte dall'agricoltura di precisione [1] che, grazie all'impiego di specifiche tecnologie quali le immagini satellitari, i droni, i sensori del suolo, ecc., consente la riduzione nei consumi di acqua per l'irrigazione (circa il 20%), di fertilizzanti (circa il 30%) e pesticidi (circa il 21%) (EDF e EI, 2023; SPRA, SNPA e TEA, 2021).

Lo sviluppo e l'impiego di tali tecnologie hanno offerto nuove opportunità per gli operatori del settore, contribuendo al miglioramento della produttività agricola delle aziende di produzione e di trasformazione e favorendo l'integrazione tra gli attori della filiera agroalimentare. Dunque, i vantaggi derivanti dall'utilizzo delle nuove tecnologie si rilevano non solo alla base della catena di produzione, dove satelliti, stazioni meteorologiche, tecnologie blockchain e sistemi di machine learning vengono impiegati per la raccolta e l'analisi dei dati relativi allo stato del suolo e al monitoraggio delle colture (agricoltura di precisione), ma lungo l'intera filiera produttiva, favorendo la riduzione del numero degli intermediari e migliorando il coordinamento tra gli attori della filiera.

La presente ricerca si pone un duplice obiettivo, ovvero fornire una panoramica delle tecnologie emergenti utilizzate dalle aziende che operano nel settore dell'agrifood e individuare gli impatti organizzativi derivanti dall'utilizzo di tali tecnologie a diversi livelli di analisi (individuo, organizzazione e rete).

La metodologia di ricerca utilizzata è l'analisi di tipo quali-quantitativo condotta attraverso l'utilizzo di una revisione sistematica della letteratura (SLR). Dall'analisi dei risultati della letteratura effettuata attraverso uno dei principali database accademici, ovvero Scopus, si è provveduto all'individuazione ed analisi della produzione scientifica sul tema dell'Agricoltura 4.0 (Agriculture 4.0) ottenendo un dataset finale composto da 57 risultati. L'analisi dei prodotti di ricerca presenti nel dataset ha consentito l'individuazione (i) delle tecnologie emergenti impiegate nel settore dell'agrifood e (ii) dei principali impatti organizzativi derivanti dall'utilizzo di tali tecnologie.

La ricerca offre interessanti spunti di riflessione sugli effetti organizzativi derivanti dall'adozione ed uso delle principali tecnologie digitali nel settore dell'agrifood.

Agricoltura 4.0

La trasformazione digitale (digital transformation) rappresenta un fenomeno evolutivo che interessa le organizzazioni, il sistema economico e, più in generale, l'intera società. Le tecnologie emergenti promuovono la sostenibilità e in questo caso l'agroecology, contribuendo attivamente allo sviluppo degli SDGs in termini di miglioramento dei mezzi di sussistenza, riduzione del lavoro individuale, soprattutto per i piccoli agricoltori, e migliorando i rendimenti delle colture rispetto ai risultati ottenibili con pratiche tradizionali. In tal senso,



l'impiego delle tecnologie per l'automazione e per l'agricoltura 4.0 aumenta la produzione agricola e favorisce la diversificazione, contribuendo così a ridurre la dipendenza da prodotti alimentari provenienti da zone di produzione lontane e promuovendo l'adozione di stili alimentari più sani grazie all'ottimizzazione delle colture in base alle caratteristiche morfologiche del territorio. (FAO, 2020; EDF e EI, 2023). L'impiego di nuove tecnologie digitali, divenute sempre più pervasive all'interno di diversi ambiti applicativi, non solo ha rivoluzionato i tradizionali modelli di business delle organizzazioni, ma sta apportando profondi cambiamenti anche nella sfera personale e professionale degli individui. Sebbene la trasformazione digitale stia apportando notevoli vantaggi per i consumatori, gli imprenditori e la società, l'evidenza empirica registra le difficoltà di alcune organizzazioni nel fronteggiare i cambiamenti derivanti dall'adozione ed impiego delle tecnologie emergenti. La semplice adozione di tecnologie emergenti non risolve le sfide che le organizzazioni si trovano ad affrontare per essere competitive in un mondo digitale. A tal fine è necessario definire delle strategie di trasformazione digitale che tengano conto della struttura e dei processi organizzativi, nonché dei modelli culturali presenti nell'organizzazione. È possibile asserire, dunque, che la capacità delle aziende nel fronteggiare e rispondere ai mutevoli cambiamenti in atto derivi soprattutto dall'abilità degli imprenditori e dei manager nell'individuare la giusta combinazione tra l'organizzazione, la tecnologia e l'ambiente.

La digital transformation sta interessando diversi settori economici, tra cui l'agricoltura, dove si registrano notevoli miglioramenti nei processi produttivi e di trasformazione, nei sistemi di approvvigionamento alimentare e nelle relazioni di filiera. In tale settore, l'impiego di tecnologie innovative, quali, ad esempio, l'Internet of Things (IoT) e la sensoristica, il farm management information system, i big data, il cloud computing, l'intelligenza artificiale e il machine learning e la tecnologia blockchain, ha sancito il passaggio dall'agricoltura di precisione (precision farming), che prevede l'utilizzo di tecnologie digitali per interventi specifici -e.g., efficientare l'irrigazione o la somministrazione di antiparassitari e pesticidi-, all'Agricoltura 4.0. L'Agricoltura 4.0, dunque, è il risultato dell'impiego delle succitate tecnologie digitali per migliorare l'efficienza e la sostenibilità delle coltivazioni e della trasformazione dei prodotti, nonché il coordinamento tra tutti gli attori della filiera nel campo dell'agrifood. I sistemi di mappatura e coltivazione di terreni come l'utilizzo integrato di applicazioni per il telerilevamento e di sistemi informativi territoriali (Geographic Information System, GIS) consentono di raccogliere e monitorare in tempo reale i dati sulla composizione del suolo, sulle condizioni meteorologiche e sulla crescita delle colture. Inoltre, i dati raccolti vengono trasmessi a software specifici e/o archiviati nel cloud, che è accessibile anche da remoto attraverso qualsiasi device, nonché trasformati in informazioni utili agli utenti per prendere decisioni più puntuali e precise in merito alla semina, all'irrigazione, alla fertilizzazione e al controllo dei parassiti. Più in generale, è possibile asserire che l'integrazione tra tali applicazioni favorisce il monitoraggio e il controllo, nonché il processo di decision-making degli imprenditori e dei dirigenti delle aziende agricole (Spanaki et al., 2021). La tecnologia blockchain, invece, consente un miglior coordinamento tra gli attori della filiera dell'agrifood attraverso la condivisione trasparente di informazioni e la certificazione della qualità e della sostenibilità della produzione lungo tutta la filiera agroalimentare (Dal Mas et al., 2023).

La trasformazione digitale nell'agrifood è un tema centrale nel dibattito accademico, tant'è che numerosi studiosi provenienti da vari Paesi e di diverse discipline hanno analizzato il fenomeno. Tuttavia, nonostante i numerosi e recenti contributi sul tema anche da parte di studiosi di management e Information Systems, la



comprensione delle modalità organizzative che consentono un miglior impiego delle tecnologie digitali esistenti rappresenta un aspetto rilevante e meritevole di approfondimento da parte degli studiosi in risposta alle accresciute esigenze di manager e imprenditori agricoli.

Metodologia di ricerca

La metodologia di ricerca si basa su un'analisi di tipo quali-quantitativo condotta attraverso l'utilizzo di una revisione sistematica della letteratura (Systematic Literature Review, SLR). Tale metodologia fornisce una panoramica della produzione scientifica su un determinato tema di ricerca e consente di arrivare a conclusioni ragionevolmente chiare su ciò che è noto e non in letteratura (Denyer e Tranfield, 2009, p. 671). La SLR si articola in due fasi (Gundolf e Filser, 2013): (1) data collection, ovvero la raccolta dei contributi sul tema (dataset); (2) data analysis, ovvero l'analisi descrittiva dei risultati del dataset finale.

Data Collection

I dati sono stati raccolti attraverso la piattaforma SCOPUS, uno dei principali database accademici utilizzati per la ricerca di prodotti scientifici. Dopo aver analizzato la letteratura sul tema dell'agricoltura 4.0 (e.g., Maffezzoli et al., 2022), si è proceduto alla definizione di una stringa di ricerca che contenesse le seguenti keyword: Agriculture 4.0, Smart Agrifood, Smart Farming, Digital Agriculture, Digital Farming, Precision Agriculture e Precision Farming.

La ricerca ha consentito l'individuazione di 17.126 contributi che, successivamente, sono stati analizzati attraverso dei criteri di inclusione/esclusione a priori definiti (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses, PRISMA). Nello specifico, si è deciso di escludere i contributi scritti in una lingua diversa dall'inglese (n. 1.050) e afferenti ad un'area diversa da quella di 'business, management and accounting' (n. 15.683). La fase di screening e ammissibilità ha consentito l'individuazione di 393 contributi sul tema che, successivamente, sono stati analizzati manualmente per verificarne la coerenza. Tale analisi ha consentito l'esclusione di 393 prodotti di ricerca risultati non coerenti con le finalità della ricerca. Dunque, il dataset finale risulta costituito da un totale di 57 prodotti (Appendice n. 1). La figura 1 fornisce una panoramica delle fasi della SLR condotta.

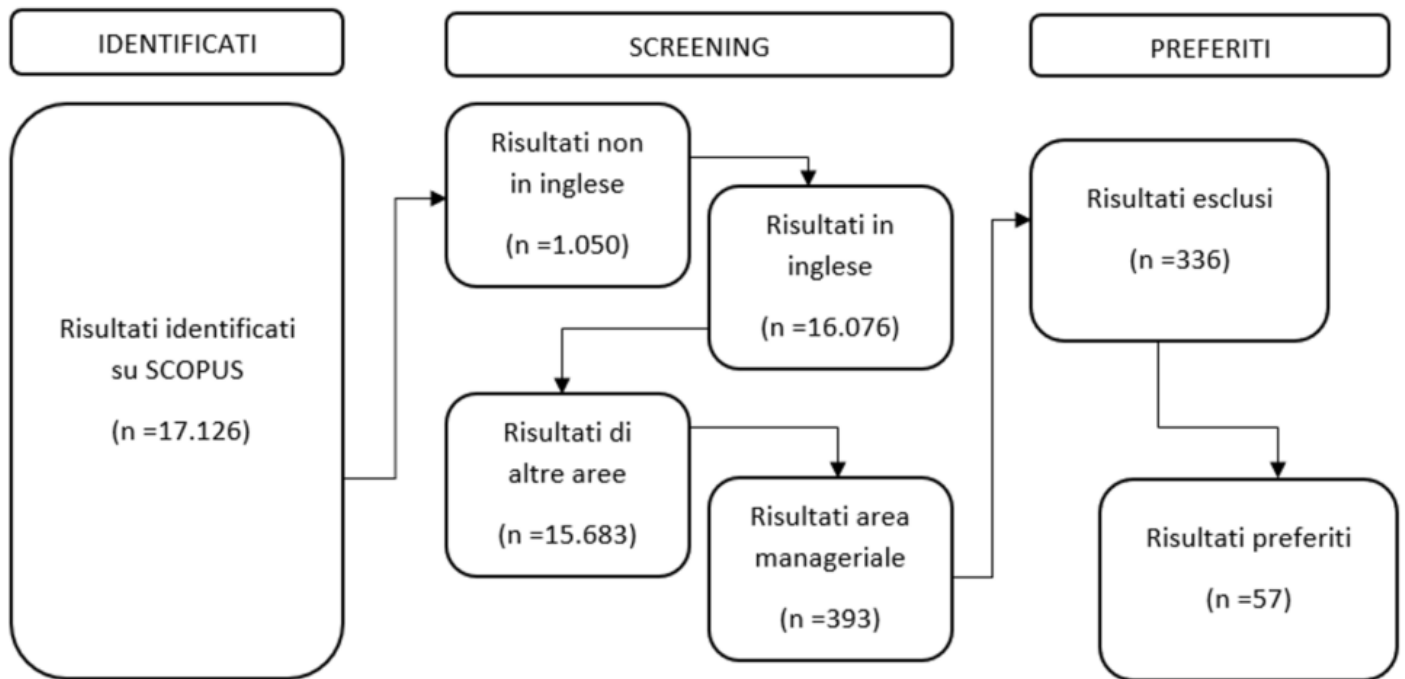


Figura 1. Schema di raccolta ed analisi dei risultati attraverso la SLR.

Data Analysis

Il dataset finale è stato successivamente analizzato per ottenere informazioni su (i) l'evoluzione delle pubblicazioni nel tempo (figura 2) e (ii) la tipologia di pubblicazione (figura 3).

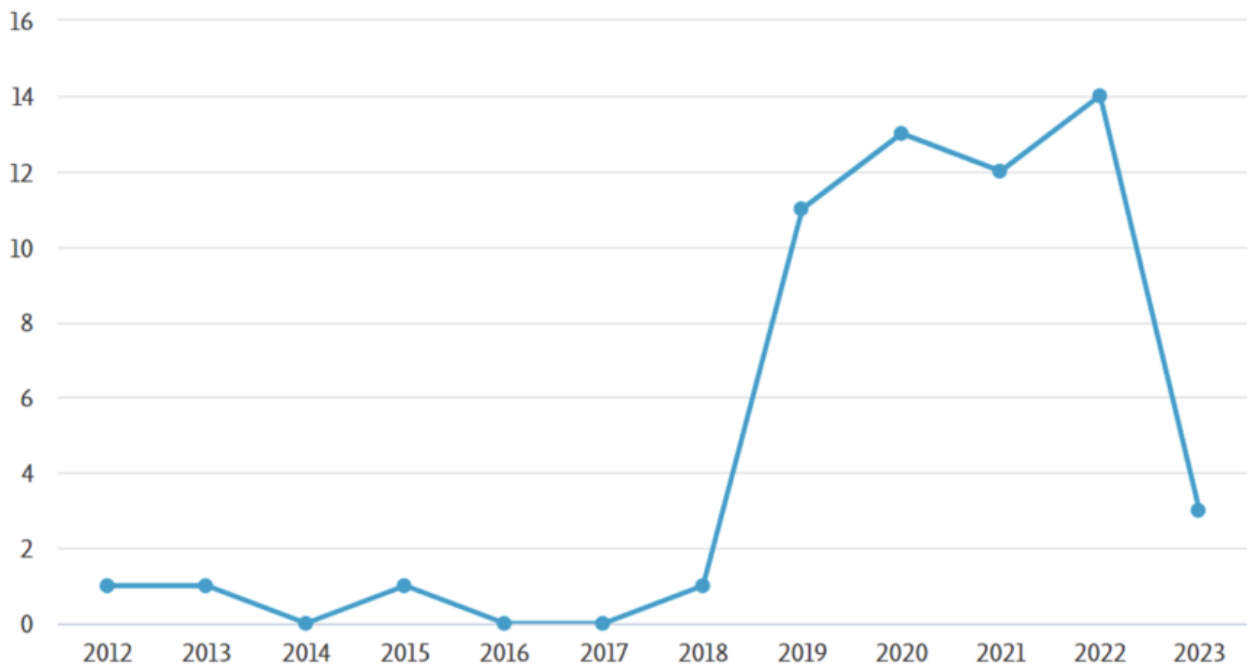
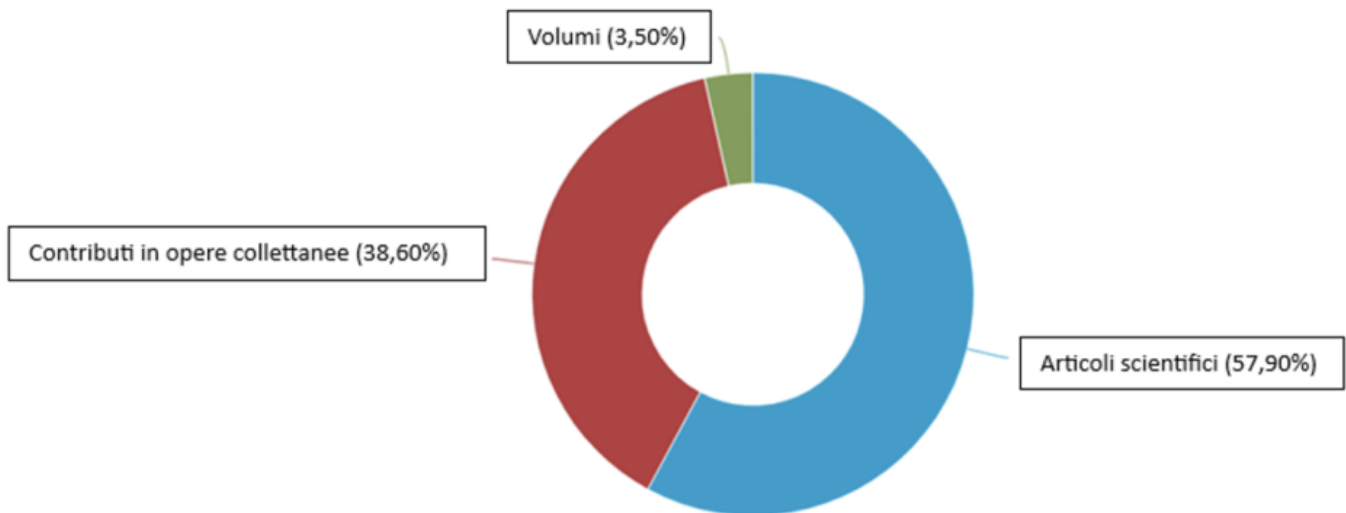


Figura 2. Evoluzione delle pubblicazioni nel tempo.

La figura 2 evidenzia che, sebbene il primo contributo sul tema della trasformazione digitale in agrifood in una prospettiva manageriale sia stato pubblicato già nel 2012, si registra un incremento della produzione scientifica soltanto dal 2018 in poi.



**Figura 3.** Tipologia di pubblicazione.

La figura 3 evidenzia le tipologie di pubblicazione, ovvero articoli scientifici (57,90%), contributi in opere collettanee (38,60%) e volumi (3,50%).

Risultati della ricerca

I 57 contributi che costituiscono il dataset finale sono stati successivamente analizzati con l'obiettivo di rilevare (1) le principali tecnologie emergenti utilizzate nel settore dell'agrifood (tabella 1) e (2) gli impatti organizzativi derivanti dall'utilizzo di tali tecnologie a diversi livelli di analisi individuo, organizzazione e rete (tabella 2).

La tabella 1 fornisce una panoramica delle principali tecnologie impiegate nel settore agroalimentare.

Tecnologia utilizzata	Descrizione	Fonte
Internet of Things (IoT)	dispositivi, sensori, macchine e apparecchi, connessi a Internet, ciascuno con identità e capacità uniche per eseguire il rilevamento e il monitoraggio a distanza dell'umidità del terreno, della temperatura atmosferica, dello stress idrico delle piante e segnala le anomalie nella coltivazione	Abraham <i>et al.</i> , 2021; Afshar Alam <i>et al.</i> , 2020; Anagha <i>et al.</i> , 2023; Debauche <i>et al.</i> , 2021; Ennouri <i>et al.</i> , 2019; França <i>et al.</i> , 2022; Gowda <i>et al.</i> , 2019; Hasiri <i>et al.</i> , 2020; Kashyap <i>et al.</i> , 2019; Keerthi <i>et al.</i> , 2019; Kidd, 2012; Maheshwari <i>et al.</i> , 2022; Pardo <i>et al.</i> , 2022; Premkumar e Sigappi, 2021; Rajesh Khanna e Varshini, 2019; Roy e De, 2022; Sarker <i>et al.</i> , 2020; Siva Rama Krishnan e Arun Kumar, 2019; Sonka, 2020; Spyropoulos <i>et al.</i> , 2020; Tikas e Akhilesh, 2019; Torero, 2021; Wibowo <i>et al.</i> , 2022; Yadav, 2023.
Reti di sensori wireless	architettura di rete distribuita composta da un insieme di dispositivi in grado di rilevare i dati e scambiarsi tra i vari dispositivi della rete	Delos Santos <i>et al.</i> , 2019; Janani e Pavitra, 2022; Khelifi, 2020; Rajesh Khanna e Varshini, 2019; Saha, <i>et al.</i> , 2022; Srbinovska <i>et al.</i> , 2015; Sucharitha <i>et al.</i> , 2019.



Cloud computing (CC) e Fog Computing	il CC mette a disposizione i dati raccolti e archiviati a più dispositivi collegati. Il fog computing è l'insieme di mini-data center decentralizzati che decidono se i dati devono essere archiviati nel cloud per essere analizzati oppure rimanere nell'edge della rete per essere elaborati localmente	Delos Santos <i>et al.</i> , 2019; Keerthi <i>et al.</i> , 2019; Roy <i>et al.</i> , 2021; Sindhu e Indirani, 2020; Vimala e Ranjan, 2019.
Sistemi robotici autonomi	macchine intelligenti con un alto grado di autonomia in grado di eseguire compiti e prendere decisioni in tempo reale	Goh <i>et al.</i> , 2019; Sarker <i>et al.</i> , 2020.
Realtà aumentata	insieme di tecnologie per il potenziamento della percezione del mondo reale attraverso informazioni aggiuntive generate in tempo reale dai dispositivi utilizzati	Siva Rama Krishnan e Arun Kumar, 2019.
Big Data (BD)	grandi volumi dati utilizzati per trovare informazioni specifiche attraverso il data mining	Debauche <i>et al.</i> , 2021; Duangsuwan <i>et al.</i> , 2020; Muniasamy, 2022; Naud <i>et al.</i> , 2020; Roy <i>et al.</i> , 2021; Sonka, 2020; Vandnae e Bansal, 2020.
Sistemi di supporto alle decisioni	forniscono risposte operative alle parti interessate e ai potenziali utenti sulla base di informazioni utili estratte da dati grezzi, documenti e/o modelli per richieste e problemi specifici	Castrignanò <i>et al.</i> , 2020; Dusadeerungsikul <i>et al.</i> , 2020; Gardezi <i>et al.</i> , 2022; Ngandee <i>et al.</i> , 2021.
Intelligenza Artificiale	sviluppo di macchine computerizzate in grado di completare compiti che in genere richiedono l'uso dell'intelligenza umana attraverso la veloce elaborazione di enormi quantità di dati raccolti	Abraham <i>et al.</i> , 2021; Mouazen <i>et al.</i> , 2020; Premkumar e Sigappi, 2021; Siva Rama Krishnan e Arun Kumar, 2019; Spanaki <i>et al.</i> , 2022; Torero, 2021; Yadav, 2023.
Machine learning.	Capacità di apprendere le soluzioni a problemi nuovi e complessi sulla base di dati storici e modelli sottostanti all'interno dei dati senza la necessità di evidenziare la relazione tra dati di input e risultati di output	Anagha <i>et al.</i> , 2023; Gowda <i>et al.</i> , 2019; Gurnule, 2019.
Deep Learning	un tipo di machine learning determinato su una serie di algoritmi basati su reti neurali artificiali ottimizzate per lavorare con dati non strutturati come immagini, voce, video e testo	Gao <i>et al.</i> , 2021; Loey <i>et al.</i> , 2020; Praneetha <i>et al.</i> , 2018 ; Wibowo <i>et al.</i> , 2022.



Nanotecnologie	tecnologie in grado di migliorare le caratteristiche degli alimenti l'assorbimento di nutrienti ed integratori alimentari, di ottenere nuovi materiali di imballaggio in grado di migliorare la conservazione dei prodotti e per tracciare gli alimenti lungo la filiera produttiva i nano sensori	Bhattacharya <i>et al.</i> , 2022; Hameed <i>et al.</i> , 2022.
Digital Twin (DT).	Replica virtuale di un oggetto reale con la riproduzione dei comportamenti e degli stati delle varie fasi del ciclo di vita al fine di fare simulazioni e strutturare modelli di apprendimento automatico	Alves <i>et al.</i> , 2023; Yadav, 2023.
RFID	tecnologie per l'autoidentificazione e l'acquisizione dati, in grado di riconoscere la posizione delle merci attraverso un transponder (tag) grazie alla connessione wireless	Saha <i>et al.</i> , 2022; Mainetti <i>et al.</i> , 2013.
Blockchain	registro digitale, decentralizzato e distribuito in grado di garantire la tracciabilità dei dati lungo la filiera produttiva	Afshar Alam <i>et al.</i> , 2020; Leduc <i>et al.</i> , 2021; Liu <i>et al.</i> , 2021.

Tabella 1. Tecnologie emergenti impiegate nel settore agroalimentare.

La tabella 2 fornisce una panoramica sugli impatti organizzativi derivanti dall'utilizzo delle tecnologie emergenti in agrifood a diversi livelli di analisi individuo, organizzazione e rete (tabella 2).

Livello di analisi Impatti delle tecnologie

Fonte

Lavoratore	- maggior impiego delle macchine per lo svolgimento di compiti automatizzati - monitoraggio continuo delle colture - necessità di competenze digitali - maggiore disponibilità di dati e informazioni per il decision-making - interventi di job design - nascita di nuove figure professionali	França <i>et al.</i> , 2022; Gardezi <i>et al.</i> , 2022; Afshar Alam <i>et al.</i> , 2020; Anagha <i>et al.</i> , 2023, Bhattacharya <i>et al.</i> , 2022; Torero, 2021; Parmar e Kumer, 2022.
------------	---	--



Organizzazione	- riduzione delle risorse utilizzate e aumento della produzione agricola - ridisegno della configurazione organizzativa e dei processi aziendali	Goh <i>et al.</i> , 2019; Ennouri <i>et al.</i> , 2019; Singh <i>et al.</i> , 2022; Duangsuwan <i>et al.</i> , 2020; Vandna e Bansal, 2020; Mouazen <i>et al.</i> , 2020; Afshar Alam <i>et al.</i> , 2020; Hasiri <i>et al.</i> , 2020; Grunule <i>et al.</i> , 2019; Kidd, 2011; Khelifi <i>et al.</i> , 2020; Castrignanò <i>et al.</i> , 2020; Delos Santos <i>et al.</i> , 2019; Premkumar e Sigappi, 2019; Abraham <i>et al.</i> , 2021; Janani e Pavitra, 2022; Gao <i>et al.</i> , 2021; Roy e De, 2022; Maheshwari <i>et al.</i> , 2022; Hameed <i>et al.</i> , 2022.
Rete	- aumento delle collaborazioni tra imprese e confini più labili - migliora la sinergia, la condivisione di conoscenze e lo sviluppo di innovazioni - favorisce la creazione di filiere produttive costituite da piccole e medie imprese e riduce l'intermediazione.	Pardo <i>et al.</i> , 2022; Afshar Alam <i>et al.</i> , 2020; Leduc <i>et al.</i> , 2021; Liu <i>et al.</i> , 2021; Pandey <i>et al.</i> , 2022.

Tabella 2. Gli impatti organizzativi derivanti dall'utilizzo delle tecnologie emergenti.

Discussione

I risultati del presente lavoro hanno consentito l'individuazione delle principali tecnologie emergenti impiegate nell'agrifood, nonché degli effetti organizzativi derivanti dall'impiego di tali tecnologie sui lavoratori, sulle organizzazioni e, più in generale, sulle relazioni tra le organizzazioni.

Le principali tecnologie emergenti utilizzate in agrifood

I risultati della ricerca evidenziano che le principali tecnologie digitali utilizzate nel settore dell'agrifood sono: (i) Internet of Things (IoT); (ii) reti di sensori wireless; (iii) Cloud computing (CC) e Fog Computing; (iv) sistemi robotici autonomi; (v) realtà aumentata; (vi) Big Data; (vii) sistemi di supporto alle decisioni; (viii) intelligenza artificiale; (ix) machine learning; (x) deep learning; (xi) nanotecnologie; (xii) digital twin; (xiii) RFID; (xiv) blockchain.

L'IoT, inteso come l'insieme di dispositivi, sensori, macchine e apparecchi connessi a Internet, ciascuno con identità e capacità uniche per eseguire il rilevamento e il monitoraggio a distanza, consente il monitoraggio continuo delle colture attraverso la raccolta di dati relativi all'umidità del terreno, alla temperatura atmosferica, allo stress idrico delle piante e la pronta segnalazione di anomalie nella coltivazione.



I sensori di rete wireless consentono la raccolta automaticamente di dati, nonché il loro inserimento nei database aziendali e nel cloud computing (CC), consultabile anche da remoto

L'utilizzo della sensoristica e della tecnologia collegata all'IoT permette l'archiviazione di un volume elevato di dati (Big Data) che, attraverso l'ausilio di strumenti per il business intelligence, consente il support dei processi decisionali.

L'intelligenza artificiale (AI) e il machine learning consentono di sviluppare nuove e più efficaci soluzioni attraverso l'analisi di dati storici. Ad esempio, l'AI e il machine learning sono impiegati per prendere decisioni in tempo reale relative alla semina, al diserbo e all'impiego di trattori, droni e robot autonomi.

Le nanotecnologie nell'agrifood si occupano dell'ottenimento di migliori caratteristiche degli alimenti quali colore, sapore e consistenza, all'assorbimento di nutrienti ed integratori alimentari, fino alla creazione di nuovi materiali di imballaggio in grado di migliorare la conservazione dei prodotti. Per rendere più affidabile la tracciabilità degli alimenti lungo la filiera produttiva i nano sensori è una soluzione che si potrebbe prendere in considerazione.

Una delle prime tecnologie di autoidentificazione e acquisizione dati è l'identificazione a radiofrequenza (RFID), in grado di determinare la posizione delle merci tramite transponder (tag). Il sistema RFID funziona tramite connessione wireless con ricetrasmittitori, che sono in grado di leggere i dati raccolti nel tag. Mainetti et al. (2013) analizzano l'utilizzo RFID nella filiera della verdura fresca di coltivazione in serra e la produzione di ortaggi confezionati, ovvero prodotti pronti al consumo in cui la tracciabilità dell'alimento è sinonimo di sicurezza.

La tecnologia blockchain è un registro distribuito che consente una maggiore trasparenza e tracciabilità dei dati condivisi in una rete. Tale tecnologia è impiegata non solo per favorire l'agricoltura di precisione, ma anche per lo sviluppo e/o il consolidamento delle relazioni tra le organizzazioni all'interno delle filiere agricole, nonché per migliorare la regolazione delle interdipendenze.

Una delle tecnologie meno implementate nell'agrifood è la realtà aumentata che permette di potenziare la percezione del mondo reale attraverso informazioni aggiuntive generate in tempo reale dai dispositivi utilizzati.

Le tecnologie più innovativa è sicuramente il digital twin, ovvero replica virtuale di un oggetto reale che ricrea i comportamenti e gli stati delle varie fasi del ciclo di vita al fine di fare simulazioni e strutturare modelli di apprendimento automatico.



Gli impatti delle tecnologie emergenti sui lavoratori

L'impiego di tecnologie digitali nel settore dell'agrifood sta cambiando l'organizzazione del lavoro richiedendo, sempre più spesso, interventi di job design. L'automatizzazione di diverse attività operative in precedenza svolte manualmente ha spinto numerose organizzazioni a ridisegnare le posizioni organizzative attraverso interventi sulle mansioni o il ricollocamento del personale in azienda. Ad esempio, la sensoristica ha automatizzato il processo di raccolta di dati sull'umidità del terreno e sulla presenza di pesticidi, attività svolta manualmente da un addetto in passato.

Inoltre, tali tecnologie consentono agli imprenditori e ai manager di disporre di un'enorme mole di dati che rappresenta il punto di partenza per il supporto alle attività strategiche, direzionali ed operative. Ad esempio, l'irrigazione attraverso i droni si basa sui dati rilevati della stazione meteorologica in correlazione con lo stress idrico e l'umidità del suolo rilevato dai sensori e immagini satellitari; analisi dei nutrienti del suolo attraverso i sensori per individuare le colture che hanno una maggiore resa date le caratteristiche del suolo; utilizzo mirato di fertilizzanti e pesticidi in correlazione al telerilevamento dei sensori e dei satelliti; utilizzo di dispositivi di deep learning in grado di operare autonomamente attraverso l'elaborazione dei dati storici per estirpare le erbacce, individuare le malattie e raccogliere i frutti maturi selezionati in base alla colorazione.

L'utilizzo delle nuove tecnologie anche richiede il possesso di conoscenze specifiche che spesso i lavoratori non hanno. Le organizzazioni, dunque, dovrebbero favorire l'utilizzo delle tecnologie digitali attraverso la definizione di corsi di formazione e di sistemi di incentivazione.

Dall'automazione dei dispositivi agricoli fino alla digitalizzazione dell'azienda tutta si richiede di rivedere la struttura, i processi e le procedure dell'organizzazione al fine di sfruttare a pieno il potenziale benefico delle tecnologie implementate. L'adozione delle tecnologie porta a ridisegnare le mansioni e i compiti affidati ai lavoratori agricoli, in quanto alcune attività vengono svolte dalle macchine intelligenti che sostituiscono il lavoro umano, portando alla riduzione del costo della manodopera, e altre coadiuvano il lavoro dell'uomo diminuendo imprecisioni e la commissione di errori.

Gli impatti delle tecnologie emergenti sull'organizzazione

Il monitoraggio e controllo della produzione agricola consente alle aziende un migliore impiego delle risorse utilizzate come l'acqua, i fertilizzanti e i pesticidi che, spesso, si traduce in un aumento della resa. La raccolta e l'elaborazione automatizzata dei dati inerenti allo stress idrico, alle condizioni del suolo, alle previsioni meteorologiche consentono la definizione di interventi più mirati sulle colture (c.d., agricoltura di precisione) e, di conseguenza, un efficientamento delle risorse da impiegare per la produzione agricola. La trasformazione digitale richiede anche la definizione di interventi di natura organizzativa volti a migliorare la coerenza tra tecnologie, organizzazione e ambiente. La progettazione e l'implementazione delle nuove tecnologie digitali



rappresentano una condizione basilare per il miglioramento della performance organizzativa. Tali attività presuppongono il possesso di competenze organizzative e manageriali di cui, soventemente, gli imprenditori agricoli non dispongono. Inoltre, l'impiego delle nuove tecnologie, soprattutto se particolarmente complesse e adottate da diverse unità organizzative, come ad esempio il farm management information system, avvia un processo di cambiamento organizzativo, talvolta radicale, che non può non essere gestito dai management delle aziende agricole. Al pari di altri settori, anche nell'agrifood è importante che la digitalizzazione sia il frutto di una strategia definita a priori e non la conseguenza di interventi sporadici di implementazioni di soluzioni rilasciate dal mercato. Più in generale, è possibile asserire che la definizione di un modello organizzativo che risulti coerente con l'adozione e l'impiego delle nuove tecnologie digitali rappresenta tutt'oggi una delle maggiori sfide organizzative per gli imprenditori e i manager delle aziende agricole.

Gli impatti delle tecnologie emergenti sulle reti

L'impiego delle nuove tecnologie digitali consente anche lo sviluppo di rapporti collaborativi e un miglior coordinamento tra gli attori che costituiscono la rete. La tecnologia blockchain, ad esempio, consente la tracciabilità del prodotto lungo tutta la filiera produttiva, favorendo la condivisione di dati affidabili e lo sviluppo di relazioni solide e durature tra gli operatori del settore agroalimentare. Grazie all'archiviazione dei dati in un registro digitale, decentrato e distribuito, la tecnologia blockchain garantisce la trasparenza delle transazioni poste in essere dagli attori della rete, risolvendo così il problema della fiducia che spesso mina le relazioni tra le organizzazioni (Agrifoglio, 2021).

Le tecnologie emergenti, inoltre, consentono ad un'organizzazione di condividere le informazioni con l'esterno, così da favorire lo scambio e lo sfruttamento di conoscenze tra i diversi attori della filiera. Tali tecnologie, infatti, favoriscono la collaborazione e lo scambio di informazioni e conoscenze e consentono lo sviluppo di innovazioni 'aperte' di prodotto e/o di processo. Ad esempio, l'Industrial Internet of Things (IIoT) favorisce l'integrazione tra le aziende della rete (B2B) attraverso l'adozione di dispositivi digitali in grado di raccogliere i dati e comunicarli all'esterno in maniera autonoma (Pardo et al., 2022).

Conclusioni

La rivoluzione digitale ha consentito alle aziende agricole di fronteggiare le numerose e complesse sfide insite nel settore ed ottenere diversi vantaggi, non solo economici, ma anche sociali ed ambientali. Sebbene il contributo delle tecnologie emergenti nel settore dell'agrifood sia ampiamente riconosciuto, sia dalla letteratura accademica, sia dalla pratica manageriale, l'adozione e l'impiego di tali tecnologie generano degli effetti sui lavoratori, sull'organizzazione e sulle relazioni di filiera meritevoli di essere opportunamente attenzionati dagli amministratori.



I risultati del presente lavoro hanno consentito l'individuazione delle principali tecnologie emergenti impiegate nell'agrifood, nonché degli effetti organizzativi derivanti dall'impiego di tali tecnologie sui lavoratori, sulle organizzazioni e, più in generale, sulle relazioni tra le organizzazioni. La scelta di implementare nuove soluzioni tecnologiche sviluppate per l'agricoltura non può essere dettata esclusivamente dalle esigenze delle singole organizzazioni e dalle potenzialità dello strumento, ma dovrà essere il frutto di un processo di convergenza tra tre dimensioni tra loro collegate: l'organizzazione, le risorse umane e la tecnologia. Ne discende, dunque, che la comprensione preliminare dei principali impatti derivanti dall'utilizzo delle succitate tecnologie (a diversi livelli di analisi) possa agevolare imprenditori e manager delle aziende agricole nelle scelte di (ri)progettazione di modelli organizzativi e di gestione delle risorse umane.

Bibliografia

Agrifoglio, R., Metallo, C. e Rossignoli, C. (2021). Blockchain nella pubblica amministrazione: benefici attesi e implicazioni organizzative. PROSPETTIVE IN ORGANIZZAZIONE, 14, 1-8.

Dal Mas, F., Massaro, M., Ndou, V. E Raguseo, E. (2023). Blockchain technologies for sustainability in the agrifood sector: A literature review of academic research and business perspectives. Technological Forecasting and Social Change, 187, 122155.

Denyer, D. e Tranfield, D. 2009. "Producing a Systematic Review." In The Sage Handbook of Organizational Research Methods, edited by D. Buchanan and A. Bryman, 671– 689. London:

Environmental Defence Fund e Environmental Incentives, 2023- Agricultural Technology Discovery Report - role-based data access control. International Journal of Information Management, 59, 102350 <https://www.edf.org/sites/default/files/documents/ag-tech-discovery-report.pdf>

FAO, 2020- Agriculture 4.0 – Agricultural robotics and automated equipment for sustainable crop production <https://www.fao.org/3/cb2186en/CB2186EN.pdf>

Gundolf, K. E Filser, M. 2013. Management research and religion: A citation analysis. Journal of Business Ethics, 112(1), 177–185.

ISPRA, SNPA e TEA, 2021- Transazione ecologica aperta. Dove va l'ambiente italiano? <https://www.isprambiente.gov.it/files2021/pubblicazioni/pubblicazioni-di-pregio/tea.pdf>

Maffezzoli, F., Ardolino, M., Bacchetti, A., Perona, M. e Renga, F. (2022). Agriculture 4.0: a systematic literature



review on the paradigm, technologies and benefits. *Futures*, 102998.

Mainetti, L., Mele, F., Patrono, L., Simone, F., Stefanizzi, M. L. e Vergallo, R. (2013). The impact of RF technologies and EPC standard on the fresh vegetables supply chain. *International Journal of RF Technologies*, 5(1-2), 1-40.

ONU, 2022 -Revision of World Population Prospects- <https://population.un.org/wpp/>

Pardo, C., Wei, R. E Ivens, B. S. (2022). Integrating the business networks and internet of things perspectives: A system of systems (SoS) approach for industrial markets. *Industrial Marketing Management*, 104, 258-275.

Spanaki, K., Karafili, E. e Despoudi, S. (2021). AI applications of data sharing in agriculture 4.0: A framework for role-based data access control. *International Journal of Information Management*, 59, 102350.

Appendice n°1

Abraham, A., Dash, S., Rodrigues, J. J., Acharya, B., e Pani, S. K. (Eds.). (2021). *AI, Edge and IoT-based Smart Agriculture*. Academic Press.

Alam, M. A., Ahad, A., Zafar, S., e Tripathi, G. (2020). A neoteric smart and sustainable farming environment incorporating blockchain-based artificial intelligence approach. *Cryptocurrencies and Blockchain Technology Applications*, 197-213.

Alves, R. G., Maia, R. F., e Lima, F. (2023). Development of a Digital Twin for smart farming: Irrigation management system for water saving. *Journal of Cleaner Production*, 135920.

Anagha, C. S., Pawar, P. M., e Tamizharasan, P. S. (2023). Cost-effective IoT-based intelligent irrigation system. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*, 14(Suppl 1), 263-274.

Bhattacharya, B., Roy, P., Bhattacharya, S., Prasad, B., e Mandal, A. K. (2023). Nanotechnology and sustainable development: overcoming the obstacles by adopting ethical practices for future farming. In *Engineered Nanomaterials for Sustainable Agricultural Production, Soil Improvement and Stress Management* (pp. 431-445). Academic Press.

Castrignanò, A., Buttafuoco, G., Khosla, R., Mouazen, A., Moshou, D., e Naud, O. (Eds.). (2020). *Agricultural internet of things and decision support for precision smart farming*. Academic Press.



Cloud-Based Smart Farming for Crop Production Suitability Using Wireless Sensor Technology. *TEST engineering and management*, 81(11-12), 5043-5052.

D Gowda, S., Niveditha, N. M., Amulya, M. P., e Namitha, A. R. (2019). Machine learning for agribusiness using GIS.

Debauche, O., Trani, J. P., Mahmoudi, S., Manneback, P., Bindelle, J., Mahmoudi, S. A., ... e Lebeau, F. (2021). Data management and internet of things: A methodological review in smart farming. *Internet of Things*, 14, 100378.

Duangsuwan, S., Teekapakvisit, C., e Maw, M. M. (2020). Development of soil moisture monitoring by using IoT and UAV-SC for smart farming application. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*, 5(4), 381-387.

Dusadeerungsikul, P. O., Liakos, V., Morari, F., Nof, S. Y., e Bechar, A. (2020). Smart action. In *Agricultural Internet of things and decision support for precision smart farming* (pp. 225-277). Academic Press.

Ennouri, K., Triki, M. A., e Kallel, A. (2020). Applications of remote sensing in pest monitoring and crop management. *Bioeconomy for sustainable development*, 65-77.

França, R. P., Monteiro, A. C. B., Arthur, R., e Iano, Y. (2021). An overview of internet of things technology applied on precision agriculture concept. *Precision agriculture technologies for food security and sustainability*, 47-70.

Gao, J., Westergaard, J. C., Sundmark, E. H. R., Bagge, M., Liljeroth, E., e Alexandersson, E. (2021). Automatic late blight lesion recognition and severity quantification based on field imagery of diverse potato genotypes by deep learning. *Knowledge-Based Systems*, 214, 106723.

Gardezi, M., Adereti, D. T., Stock, R., e Ogunyiola, A. (2022). In pursuit of responsible innovation for precision agriculture technologies. *Journal of Responsible Innovation*, 9(2), 224-247.

Goh, K. C., Sim, S. Y., Sam, T. H., Bilal, K., Goh, H. H., e Mohamed, S. (2019). Integration precision and unmanned aerial vehicles technology in oil palm management system development. *Int. J. Recent Technol. Eng.*, 8(3 Special Issue), 77-82.

Gurnule, P. V. (2019). Economical smart agriculture monitoring system. *Int. J. Recent Technol. Eng.*, 8, 3669-3671.

Hameed, A., Saif, M. J., Qayyum, M. A., Khalid, T., e Farooq, T. (2023). Nanomaterial-based sensors for real-time monitoring of crop plants growth, development, production, and protection. In *Engineered Nanomaterials for*



Sustainable Agricultural Production, Soil Improvement and Stress Management (pp. 357-385). Academic Press.

Hasiri, E. M., Asniati, A., Suryawan, M. A., e Rasmuin, R. (2020). The Implementation of Smart Farming Application Based on the Microcontroller and Automatic Sprinkler Irrigation System of Agricultural Land. In *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal* (Vol. 5, Issue 2, pp. 174-179). ASTES Journal. <https://doi.org/10.25046/aj050222>

Janani, E. S. V., e Pavitra, A. R. R. (2022). Cost effective smart farming with FARS-based underwater wireless sensor networks. In *Research Anthology on Strategies for Achieving Agricultural Sustainability* (pp. 628-649). IGI Global.

Kashyap, C., Kashyap, B. Y., Guruprasad, K., Shrinivasa, D., e Kumar, P. (2019). Recent Development of Automation and IoT in Agriculture. *Int. J. Recent Technol. e Eng*, 8(2), 820-823.

Keerthi, J., Maloji, S., e Krishna, P. G. (2019). An approach of tomato leaf disease detection based on SVM classifier. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 7, 697-704.

Khelifi, F. (2020). Monitoring system based in wireless sensor network for precision agriculture. *Internet of Things (IoT) Concepts and Applications*, 461-472.

Kidd, P. T. (2012). The role of the internet of things in enabling sustainable agriculture in Europe. *International Journal of RF Technologies*, 3(1), 67-83.

Krishnan, S. S. R., e Kumar, T. A. A Practical Implementation Smart Farming Using Recommendation Routing in WSN. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*.

Leduc, G., Kubler, S., e Georges, J. P. (2021). Innovative blockchain-based farming marketplace and smart contract performance evaluation. *Journal of Cleaner Production*, 306, 127055.

Liu, W., Shao, X. F., Wu, C. H., e Qiao, P. (2021). A systematic literature review on applications of information and communication technologies and blockchain technologies for precision agriculture development. *Journal of Cleaner Production*, 298, 126763.

Loey, M., ElSawy, A., e Afify, M. (2020). Deep learning in plant diseases detection for agricultural crops: a survey. *International Journal of Service Science, Management, Engineering, and Technology (IJSSMET)*, 11(2), 41-58.



M, V., e Ranjan, R. (2019). Cloud Computing Model for Agricultural Applications. In *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)* (Vol. 8, Issue 2, pp. 6349–6352). Blue Eyes Intelligence Engineering and Sciences Engineering and Sciences Publication - BEIESP. <https://doi.org/10.35940/ijrte.b2202.078219>

Maffezzoli, F., Ardolino, M., Bacchetti, A., Perona, M., e Renga, F. (2022). Agriculture 4.0: a systematic literature review on the paradigm, technologies and benefits. *Futures*, 102998.

Maheshwari, R., Vidyarthi, M., e Vidyarthi, P. Significant Role of IoT in Agriculture for Smart Farming. In *IoT and AI Technologies for Sustainable Living* (pp. 43-55). CRC Press.

Mainetti, L., Mele, F., Patrono, L., Simone, F., Stefanizzi, M. L., e Vergallo, R. (2013). The impact of RF technologies and EPC standard on the fresh vegetables supply chain. *International Journal of RF Technologies*, 5(1-2), 1-40.

Mouazen, A. M., Alexandridis, T., Buddenbaum, H., Cohen, Y., Moshou, D., Mulla, D., ... e Sudduth, K. A. (2020). Monitoring. In *Agricultural Internet of Things and decision support for precision smart farming* (pp. 35-138). Academic Press.

Muniasamy, A. (2020). Applications of data mining techniques in smart farming for sustainable agriculture. In *Modern Techniques for Agricultural Disease Management and Crop Yield Prediction* (pp. 142-178). IGI Global.

Naud, O., Taylor, J., Colizzi, L., Giroudeau, R., Guillaume, S., Bourreau, E., ... e Tisseyre, B. (2020). Support to decision-making. In *Agricultural Internet of Things and Decision Support for Precision Smart Farming* (pp. 183-224). Academic Press.

Ngandee, S., Taparugssanagorn, A., Anutariya, C., e Kuwornu, J. K. (2021). Assessment of rice yield prediction models based on big data analytics for better supply chain decision-making in Thailand. *International Journal of Value Chain Management*, 12(3), 221-240.

Pandey, V., Pant, M., e Snasel, V. (2022). Blockchain technology in food supply chains: Review and bibliometric analysis. *Technology in Society*, 69, 101954.

Pardo, C., Wei, R., e Ivens, B. S. (2022). Integrating the business networks and internet of things perspectives: A system of systems (SoS) approach for industrial markets. *Industrial Marketing Management*, 104, 258-275.

Parmar, M., e Kumar, R. (2022). Overview of IoT in the Agroecosystem. In *Agri-Food 4.0: Innovations, Challenges and Strategies*. Emerald Publishing Limited.



- Praneetha, R., Venkatramaphanikumar, S., e Kishore, K. K. (2018). A hybrid framework for detection of diseases in apple and tomato crops with deep feed forward neural network. *International Journal of Sustainable Agricultural Management and Informatics*, 4(3-4), 361-377.
- Premkumar, S., e Sigappi, A. N. (2022). Functional framework for edge-based agricultural system. In *AI, Edge and IoT-based Smart Agriculture* (pp. 71-100). Academic Press.
- Roy, C., Das, N., Rautaray, S. S., e Pandey, M. (2022). A fog computing-based IoT framework for prediction of crop disease using big data analytics. In *AI, Edge and IoT-based Smart Agriculture* (pp. 287-300). Academic Press.
- Roy, S. K., e De, D. (2022). Genetic algorithm based internet of precision agricultural things (IoPAT) for agriculture 4.0. *Internet of Things*, 18, 100201.
- Saha, H. N., Chakraborty, S., e Roy, R. (2022). Integration of RFID and sensors in agriculture using IOT. In *AI, Edge and IoT-based Smart Agriculture* (pp. 361-372). Academic Press.
- Saha, H. N., Roy, R., Chakraborty, M., e Sarkar, C. (2022). A crop-monitoring system using wireless sensor networking. In *AI, Edge and IoT-based Smart Agriculture* (pp. 345-359). Academic Press.
- Sarker, M. N. I., Islam, M. S., Murmu, H., e Rozario, E. (2020). Role of big data on digital farming. *International Journal of Scientific e Technology Research*, 9(4), 1222-1225.
- Sindhu, P., e Indirani, G. (2020). IOT with Cloud based Smart Farming for Citrus Fruit Disease Classification using Optimized Convolutional Neural Networks. *International Journal on Emerging Technologies*, 11(2), 52-56.
- Singh, R. S., Gelmecha, D. J., Ayane, T. H., e Sinha, D. K. (2022). Functional framework for IoT-based agricultural system. In *AI, Edge and IoT-based Smart Agriculture* (pp. 43-69). Academic Press.
- Sonka, S. T. (2020). *Digital Technologies, Big Data, and Agricultural Innovation. The innovation revolution in Agriculture*, 207.
- Spanaki, K., Karafili, E., Sivarajah, U., Despoudi, S., e Irani, Z. (2022). Artificial intelligence and food security: swarm intelligence of AgriTech drones for smart AgriFood operations. *Production Planning e Control*, 33(16), 1498-1516.
- Spyropoulos, N. V., Dalezios, N. R., Kaltsis, I., e Faraslis, I. N. (2020). Very high resolution satellite-based monitoring of crop (olive trees) evapotranspiration in precision agriculture. *International Journal of Sustainable*



Agricultural Management and Informatics, 6(1), 22-42.

Srbinovska, M., Gavrovski, C., Dimcev, V., Krkoleva, A., e Borozan, V. (2015). Environmental parameters monitoring in precision agriculture using wireless sensor networks. *Journal of cleaner production*, 88, 297-307.

Sucharitha, V., Prakash, P., e Iyer, G. (2019). Agrifog-a fog computing based IoT for smart agriculture. *International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*, 7(6), 210-217.

Tikas, G. D., e Akhilesh, K. B. (2020). Importance of Being 'NICE' While Developing IoT-Based Smart Farming Solutions: A Case Study About 'NICE'Labs. *Smart Technologies: Scope and Applications*, 395-405.

Torero, M. (2021). Robotics e AI in food security and innovation: why they matter and how to harness their power. *Robotics, AI, and Humanity: Science, Ethics, and Policy*, 99-107.

Wibowo, H., Sitanggang, I. S., Mushthofa, M., e Adrianto, H. A. (2022). Large-Scale Oil Palm Trees Detection from High-Resolution Remote Sensing Images Using Deep Learning. *Big Data and Cognitive Computing*, 6(3), 89.

Yadav, S. S. (2023). The Convergence of Digital Twin, Internet of Things, and Artificial Intelligence: Digital Smart Farming. In *Handbook of Research on Applications of AI, Digital Twin, and Internet of Things for Sustainable Development* (pp. 437-446). IGI Global.

□ L'agricoltura di precisione si basa su dispositivi tecnologici in grado di raccogliere dati relativi alle proprietà del suolo e alle condizioni climatiche, consentendo di migliorare la crescita delle colture con la riduzione delle risorse impiegate.