



Università degli studi della Tuscia di Viterbo

Dipartimento di Economia, Ingegneria, Società e Impresa

Corso di Dottorato di Ricerca in

Economia, Management e Metodi Quantitativi - XXXIV ciclo

“Lo sviluppo dell’agricoltura 4.0 in Italia: un’analisi empirica dei fattori di adozione delle tecnologie digitali nel settore agricolo”

SECS-P/10

Tesi di dottorato di:

Dott.ssa Chiara Cagnetti

Coordinatore del corso

Prof. Giulio Guarini

Tutore

Prof. Alessio Maria Braccini

A.A. 2023/24

Indice

1.	<i>Introduzione e motivazione.....</i>	4
1.1	Il concetto di agricoltura	5
1.2	La trasformazione digitale	6
1.3	La digitalizzazione.....	7
1.4	L'obiettivo della ricerca	7
1.5	Il Gap della ricerca.....	8
1.6	Le domande di ricerca.....	9
1.7	Suddivisione della ricerca.....	10
2	<i>Progettazione della ricerca</i>	12
2.1	La revisione della letteratura	12
2.2	I modelli di accettazione della tecnologia in agricoltura	15
2.3	Il modello TOE	16
2.4	L'analisi empirica.....	17
2.4.1	Fase 1: La raccolta dati	17
2.4.2	Fase 2: L'analisi empirica	20
3.1	Definizione di trasformazione digitale e digitalizzazione nelle imprese agricole.....	23
3.2	Il concetto di Agricoltura 4.0.....	24
3.3	L'agricoltura 4.0 nel contesto delle imprese agricole italiane	27
3.4	Le tecnologie digitali nell'Agricoltura 4.0	28
3.4.1	Tecnologie per la raccolta dati	31
3.4.2	Tecnologie per la trasmissione dati	32
3.4.3	Tecnologie per l'archiviazione dati	32
3.4.4	Tecnologie per l'elaborazione dati	33
3.5	Cambiamento e resistenza organizzativa	33
3.6	Cambiamento e resistenza organizzativa dell'Agricoltura 4.0.....	34
4	<i>I fattori di adozione delle tecnologie digitali nell'Agricoltura 4.0</i>	36
4.1	Le barriere di adozione	36
4.2	I fattori abilitanti dell'agricoltura 4.0	40
4.3	I risultati dell'Agricoltura 4.0	42
4.4	Classificazione fattori per ambito di interesse.....	45
5	<i>L'indagine empirica.....</i>	48
5.1	L'Analisi empirica dei dati.....	48
5.2	Il modello di Heckman	49
5.3	Il profilo dei rispondenti.....	53

5.4	Il profilo degli adottanti e dei non adottanti.....	55
5.4.1	Caratteristiche del profilo degli adottanti	56
5.4.2	Il profilo dei non adottanti	58
5.5	L'analisi della popolazione di riferimento.....	60
5.5.1	Il profilo dei rispondenti	61
5.5.2	Classificazione dei non rispondenti per località	63
5.6	Fattori di non adozione delle tecnologie digitali.....	65
5.7	Fattori di adozione delle tecnologie digitali.....	66
5.7.1	Sensori per la raccolta dati dal suolo	67
5.7.2	Sistemi di blockchain	69
5.7.3	Macchine agricole automatizzate	71
5.7.4	Infrastruttura di IoT	72
5.7.5	Drone	74
5.7.6	Sistemi informativi di gestione agricola	75
5.7.7	Business Intelligence per l'analisi dei dati	76
5.7.8	Machine learning e intelligenza artificiale	78
5.8	Risultati del modello di Heckman	80
5.8.1	Risultati modello equazione di selezione	83
5.8.2	Risultati modello equazione di risultato	84
6	Discussioni.....	86
6.1	Risposte alle domande di ricerca.....	86
6.2	Implicazioni teoriche	91
6.3	Implicazioni pratiche.....	93
7	Conclusioni.....	96
	Bibliografia.....	98
	Allegati.....	107

1. Introduzione e motivazione

Il settore agricolo è da sempre considerato uno dei settori più importanti a livello produttivo, e spesso, è alla base dello sviluppo economico di una nazione (Shen et al., 2022). Non esiste una definizione di settore agricolo ma possiamo intenderlo come il settore caratterizzato dalle attività produttive legate all'agricoltura, alla caccia, alla silvicoltura e alla pesca.

Il settore agricolo differisce nei vari Paesi, dell'Unione Europea (UE) e non UE, a causa dei livelli di sviluppo economico, delle condizioni climatiche e dei sistemi produttivi. Nei paesi maggiormente sviluppati, come l'America, la Francia e il Giappone, il settore agricolo è caratterizzato da imprese con una gestione agricola molto industrializzata e da una produzione principalmente meccanizzata e sempre più automatizzata (Shen et al., 2022). Se consideriamo il contesto italiano, troviamo grandi disuguaglianze tra le imprese. Se da un lato le imprese di tipo manifatturiero sono molto industrializzate, al contrario, le imprese agricole, principalmente piccole e medie imprese (PMI) e con gestione prevalentemente familiare, hanno un assetto tradizionale, con metodi di produzione scarsamente innovativi e poco digitalizzati. Nasce così, la necessità di implementare una trasformazione radicale in grado di rivoluzionare e digitalizzare l'intero settore (Suresh & Venkateswara Prasad, 2019). La digitalizzazione delle imprese agricole implica una trasformazione digitale (TD), dettata da una serie di cambiamenti, dal punto di vista tecnologico, produttivo e organizzativo (Zavhorodnii et al., 2021). Ad esempio, i cambiamenti tecnologici modificano i sistemi produttivi, dove le vecchie tecniche di produzione vengono integrate con le nuove tecnologie digitali, e nelle organizzazioni, vengono introdotte nuove tecniche in grado di incentivare la produzione e sviluppare normative per regolamentare le imprese agricole (Vargas-Canales et al., 2018). Perciò, la digitalizzazione, sta diventando una caratteristica permanente all'interno delle imprese agricole, grazie soprattutto all'attenzione che le imprese rivolgono verso l'adozione delle tecnologie digitali (Regan, 2021), le quali influenzeranno le imprese agricole, cercando di risolvere problematiche legate ad aspetti sociali, ambientali, economici e organizzativi, pur essendo consapevoli che alcune soluzioni sono difficilmente prevedibili (Lioutas et al., 2021).

Nel nostro studio ci concentriamo principalmente sull'attività dell'agricoltura, la quale è caratterizzata dalla coltivazione dei campi, l'orticoltura, l'arboricoltura e l'allevamento di bestiame (Harris & Fuller, 2014). Da un punto di vista scientifico, l'agricoltura è un contesto molto studiato dal punto di vista sperimentale e applicativo, ma poca attenzione ha ricevuto nel campo dei sistemi informativi. In letteratura sono presenti studi frammentati che generano problematiche riguardo la comprensione e la definizione dei fenomeni. Pur considerando che la digitalizzazione in agricoltura non è un fenomeno nuovo, ma nato durante gli anni '90, gli studi in ottica dei sistemi informativi sono sempre stati limitati, incentivando soprattutto studi applicativi nel campo agronomico. I

ricercatori, quindi, hanno da sempre avuto difficoltà a contestualizzare la digitalizzazione in agricoltura, secondo una visione generale, e necessitano di un inquadramento teorico del fenomeno, dati i vantaggi dal punto di vista economico, sociale e produttivo in grado di generare nelle imprese agricole. Infine, considerando le imprese agricole, lo sviluppo della digitalizzazione che implica una TD è ancora limitato per una serie di problematiche. I più importanti sono la mancanza di investimenti, aspetti demografici (Kudryavtseva & Skhvediani, 2020), e la mancanza di benefici ottenuti dalla condivisione delle informazioni (Gerli et al., 2022a). Perciò, date le problematiche attualmente esistenti, è necessario intraprendere un'analisi critica che permette di trovare soluzioni alla tematica di studio, ancora oggi frammentata.

1.1 Il concetto di agricoltura

Il settore agricolo rappresenta, da sempre, il settore primario più importante ed include le materie prime necessarie utilizzare per la nutrizione umana (Chen et al., 2020). Come già anticipato, il settore agricolo è caratterizzato da varie attività produttive, tra cui l'agricoltura caratterizzata dalla coltivazione dei campi, dall'orticoltura, dall'arboricoltura, dall'allevamento di bestiame, dalla silvicoltura, dagli ortaggi e colture perenni, dalle piante da taglio e ornamentali, dalla produzione di mangimi e colture industriali che contribuiscono alla crescita economica di un paese (Harris & Fuller, 2014; Kidd, 2012; Rijanto, 2020). Il settore agricolo è caratterizzato da numerosi modelli produttivi, realtà aziendali e figure professionali differenti tra loro. Dal punto di vista lavorativo, è facile identificare la presenza di vari stakeholder che interagiscono tra loro nel settore.

Nella maggior parte dei casi, l'agricoltore è lo stakeholder più importante e spesso, può assumere vari ruoli. Frequentemente l'agricoltore viene rappresentato come un lavoratore che opera direttamente nei campi e negli allevamenti. In altri casi, soprattutto nelle PMI, l'agricoltore è anche il proprietario dell'azienda agricola e perciò oltre a svolgere attività nei campi e negli allevamenti, ha anche potere decisionale. Nelle grandi imprese agricole, come avviene anche per altri settori industriali, è possibile trovare una struttura organizzativa più complessa, composta da specifiche figure professionali come amministratori, manager e dipendenti. In tali situazioni, l'agricoltore è rappresentato come una semplice figura lavorativa che opera direttamente per incentivare l'operatività delle imprese agricole. Altri stakeholder importanti sono i produttori, i distributori, grossisti, centri di ricerca e le cooperative agricole (Spanaki et al., 2021). Queste ultime sono molto sviluppate in quei paesi in cui prevalgono le piccole imprese che, operando congiuntamente, riescono sia a condividere tecnologie sia a promuovere il prodotto, rispettando precisi standard di produzione. Altro stakeholder importante è il centro di ricerca, il quale può aiutare le imprese agricole ad attuare progetti sperimentali così da incrementare le applicazioni di tecnologie e migliorare le competenze.

Successivamente, altro stakeholder importante è rappresentato dal governo che concede incentivi o stimoli finanziari, come i crediti di impresa, che possono essere utilizzati per avviare processi di digitalizzazione attraverso l'acquisto e successiva adozione delle tecnologie digitali (Bitrus et al., 2019; Lioutas et al., 2021; Moga et al., 2012). Infine, uno stakeholder importante è rappresentato dalle Università, le quali svolgono ruoli simili ai centri di ricerca, coinvolgendo le imprese agricole in progetti di ricerca *ad hoc* in grado di sviluppare *know-how*.

Per quanto riguarda le realtà aziendali, le imprese agricole svolgono una serie di operazioni di trasformazione, confezionamento, trasporto, distribuzione, commercializzazione e vendita dei prodotti (Navimipour et al., 2018; Spanaki et al., 2021). Le attività svolte dalle imprese agricole dipendono molto dal tipo di organizzazione, prevalentemente centralizzata. In molti casi le organizzazioni sono tradizionali ed hanno relazioni strutturate con altri agricoltori ed una produzione limitata.

Infine, i metodi produttivi utilizzati nelle imprese agricole sono prevalentemente tradizionali (Khanh Chi, 2022). Nelle metodologie tradizionali, l'agricoltore svolge un ruolo fondamentale perché opera e interviene in tutte le fasi necessarie della produzione. L'agricoltore ha delle proprie responsabilità dal punto di vista produttivo perché deve agire nella manutenzione del territorio e allevamento degli animali in qualsiasi momento venga richiesta manodopera.

1.2 La trasformazione digitale

Negli ultimi anni, sempre più imprese sono coinvolte in un processo di trasformazione digitale (TD) che cambia radicalmente il modo di operare delle organizzazioni, incrementando la produttività e le opportunità di creazione di valore (Regan, 2021; van der Burg et al., 2019). Ad oggi non esiste una definizione univoca di TD, ma in letteratura, è possibile identificare una serie di definizioni che evidenziano vari aspetti del fenomeno di TD. Una delle definizioni che meglio definisce la TD è quella proposta da Vial (2019), il quale considera la TD come *“un processo che mira a migliorare un'entità innescando cambiamenti significativi nelle sue proprietà attraverso la combinazione di informazioni, tecnologie informatiche, comunicazione e connettività”*.

La TD è perciò una transizione in cui le imprese cercano di migliorare le tipiche operazioni lavorative, cercando di superare il ritardo tecnologico (Ebert & Duarte, 2018), migliorando le principali tecniche produttive tradizionali. Le imprese, attraverso la TD, riescono a intensificare i processi produttivi, sviluppano nuovi modelli di business (diventando più innovativi), incrementano la produttività, migliorano la qualità della gestione e infine, utilizzano le tecnologie digitali per migliorare le attività produttive (Zhukova & Ulez'ko, 2019). Secondo un nostro punto di vista, possiamo definire la TD come un cambiamento radicale e sistemico nelle imprese, che comporta

l'adozione delle moderne tecnologie digitali che incidono sui processi produttivi, sulle capacità organizzative e sulle routine operative presenti nelle organizzazioni, introducendo cambiamenti nelle attività lavorative attraverso nuove tecniche di coordinamento per lo sviluppo delle attività. Grazie alla TD, il mondo fisico viene messo in relazione con quello digitale, inglobando le tecnologie digitali che negli ultimi anni vengono sempre più utilizzate nelle imprese agricole (Rijswijk et al., 2021).

1.3 La digitalizzazione

Il termine digitalizzazione fa riferimento all'adozione delle moderne tecnologie digitali nelle attività aziendali (Giua et al., 2022; Théberge, 2015), con conseguente cambiamento nei processi, nei prodotti e nei servizi (Klerkx et al., 2019a; Razilan Abdul Kadir et al., 2019). Le tecnologie digitali, quindi, hanno un ruolo centrale nella digitalizzazione (Vial, 2019), e la loro adozione dipende dalle caratteristiche tecniche e strutturali delle imprese, con la possibilità di generare risultati e impatti in grado di migliorare la redditività, la produzione e la sostenibilità (Giua et al., 2022). Infatti, la digitalizzazione consente alle imprese di essere innovative e di distinguersi dalla concorrenza, grazie all'utilizzo di processi produttivi sempre più digitali che incentivano l'impresa ad essere competitiva (Razilan Abdul Kadir et al., 2019). La digitalizzazione, quindi, rappresenta un'aggregazione, elaborazione e utilizzo di dati informativi – raccolti attraverso le tecnologie digitali - utili per prendere decisioni aziendali, ottimizzare i processi e sostituire il lavoro umano con le macchine, così da rendere tutto più automatizzato (Cannas, 2021; Valiyev, 2022). Esempi rilevanti di tecnologie digitali adottate nelle imprese sono l'Internet of Things (IoT), le tecnologie dell'informazione e della comunicazione (ICT), sensoristica, cloud computing. Tutte le tecnologie appena elencate sono in grado di migliorare le capacità delle imprese e richiedono specifiche competenze per essere adottate. (Carmela Annosi et al., 2020).

1.4 L'obiettivo della ricerca

Considerando i fenomeni della TD e della digitalizzazione è necessario definire come influiscono sull'obiettivo della nostra tesi. Come abbiamo descritto nei paragrafi precedenti, il significato di digitalizzazione è differente rispetto a quello di TD. Nel contesto delle imprese agricole, la digitalizzazione comporta l'adozione e l'utilizzo delle tecnologie digitali, le quali consentono di facilitare attività sia esse amministrative, sia contabili sia operative. Le attività svolte attraverso le tecnologie digitali permettono alle imprese di snellire e velocizzare i processi con la possibilità di sviluppare nuovi dati e gestire le informazioni, modernizzando e migliorando tutti i processi (Aivazidou & Tsolakis, 2022; Kudryavtseva & Skhvediani, 2020; Lioutas et al., 2021; Valiyev,

2022). La diffusione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole ha avviato un processo di TD, la quale introduce cambiamenti notevoli nelle organizzazioni agricole, attuando processi in grado di evolvere il settore agricolo. Nelle imprese agricole si sviluppano metodi sempre più moderni, introducendo pratiche agricole con ampio accesso alle informazioni relative ai servizi e all'operatività agricola ma soprattutto consentono di trasformare gli approcci tradizionali in approcci sempre più innovativi e digitali, grazie soprattutto alle informazioni e ai dati (Khan et al., 2022).

Con l'obiettivo di studiare le tematiche della digitalizzazione e della TD nelle imprese agricole, l'obiettivo della nostra tesi prevede di identificare le principali tecnologie digitali utilizzate nelle imprese agricole, ognuna con specifiche utilità, cercando di comprendere quali sono i fattori più rilevanti che incidono sul processo di adozione delle tecnologie digitali. Le tecnologie digitali in agricoltura rappresentano il punto di partenza della digitalizzazione,. Sulla base di quanto presente in letteratura, esistono molte tecnologie digitali, che possiamo suddividere in quattro gruppi di appartenenza: tecnologie per la raccolta dati, tecnologie per la trasmissione dati, tecnologie per l'archiviazione dei dati e, infine, tecnologie per l'elaborazione dati. Ogni tecnologia digitale può essere utilizzata nei processi aziendali, introducendo nuovi metodi produttivi di coltivazione e allevamento, cercando di promuovere aziende sempre più digitalizzate. L'adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole è però influenzata da una serie di fattori che assumono ruoli differenti nel processo di adozione. Infatti, i fattori di adozione possono presentarsi come fattori abilitanti o come barriere, oppure come risultati di adozione.

1.5 Il Gap della ricerca

La necessità di identificare l'esistenza di una relazione tra i fenomeni della digitalizzazione e della TD è considerata rilevante ai fine di riconoscere e risolvere lacune dal punto di vista del settore agricolo, dato il crescente interesse negli studi. Per comprendere l'adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole del territorio italiano, questo studio cerca di identificare i fattori di adozione, utilizzando come linee guida studi già pubblicati negli ultimi anni, i quali analizzano una parte dei fattori di adozione che, nella maggior parte dei casi, sono fattori strettamente collegati alle teorie dei sistemi informativi. Oltretutto, gli studi, tengono conto solamente di specifiche tecnologie digitali come l'Internet of Things (IoT) oppure le Information Technology (IT), senza però considerare che esiste attualmente un numero di tecnologie digitali molto più ampio, che possono essere integrate nelle imprese agricole, sia autonomamente sia inglobate tra loro così da rendere i processi più efficaci. Attraverso l'analisi della letteratura, l'obiettivo è quello di identificare un insieme di fattori che possono influire sull'adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole, tralasciando gli elementi già studiati delle teorie. Infatti, data la vastità dei fattori identificati, la teoria che abbiamo

preso in considerazione per effettuare l'analisi è quella del modello TOE, composto da tre elementi fondamentali: tecnologia, organizzazione e ambiente. Gli studi attualmente presenti in letteratura presentano una serie di fattori di adozione analizzati solo per specifiche tecnologie digitali, ma non tengono conto della possibilità di poter ampliare tali fattori a un numero più elevato di tecnologie. Per tale motivo, la nostra ricerca non si limita soltanto a identificare l'esistenza di tecnologie digitali ma consente anche di comprendere i fattori di adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole italiane, cercando di verificare la presenza di fattori più rilevanti per l'adozione, così da avere dei fattori univoci da poter applicare a tutte le tecnologie digitali. Per meglio comprendere come tali fattori estrapolati dalla letteratura possono incidere sui processi di adozione, abbiamo selezionato un totale di otto tecnologie digitali tra le più rilevanti e studiate nella letteratura di riferimento, cercando di comprendere se i fattori di adozione risultano univoci o se possono essere ampliati a più tecnologie digitali. Abbiamo perciò definito un modello empirico che ci consente di analizzare come tali fattori, incidono sul processo di adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole italiane, cercando così di identificare le lacune della ricerca attualmente esistenti, che ci impediscono di avere una comprensione completa ed omogenea delle tecnologie digitali nelle imprese agricole.

1.6 Le domande di ricerca

In merito alle considerazioni riguardo le tematiche appena descritte di TD e digitalizzazione, è necessario identificare delle domande di ricerca, fondamentali per la nostra tesi di dottorato. Sulla base di quanto descritto finora, emergono dei concetti rilevanti da studiare. In primo luogo, data la presenza di opinioni frammentate relative alla TD e digitalizzazione nelle imprese agricole, è necessario riuscire ad avere una visione olistica e integrata che combini la praticità e l'operatività dei fenomeni in maniera partecipe nelle imprese agricole. In secondo luogo, considerando le imprese agricole, vediamo che l'adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole che spinge verso un processo di digitalizzazione delle attività è ancora limitato a causa di specifici fattori. I più importanti sono la mancanza di investimenti, gli aspetti demografici, l'impossibilità ad utilizzare le tecnologie (Sibona et al., 2020a) e la mancanza di benefici ottenuti dalla condivisione delle informazioni (Gerli et al., 2022b). In altri casi, l'adozione delle tecnologie digitali dipende da fattori che incentivano la loro adozione e che consentono l'ottenimento di risultati. Per tale motivo, è importante che le imprese agricole conoscano i fattori, suddivisi in barriere, i fattori abilitanti e i risultati che contribuiscono all'adozione o non adozione delle tecnologie digitali.

Infine, sulla base dei fattori abilitanti, barriere e risultati, è necessario studiare se esiste o non esiste una relazione con le tecnologie digitali utilizzate nelle imprese agricole.

Di seguito vengono descritte le domande di ricerca e le sotto domande ad esse collegate.

RQ1: Qual è lo stato dell'arte in letteratura della digitalizzazione in agricoltura?

- *Cosa si intende per digitalizzazione e TD nelle imprese agricole?*
- *Com'è possibile identificare e classificare le tecnologie digitali utilizzate nelle imprese agricole?*

Per rispondere alla RQ1, è necessario tenere in considerazione una serie di fenomeni, tra questi la TD, la digitalizzazione e le tecnologie digitali che rappresentano i presupposti necessari per delimitare i confini su tematiche non ancora definite a livello globale.

RQ2: Quali sono i fattori abilitanti, le barriere e risultati di adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole?

- *Quali sono i fattori abilitanti, le barriere e i risultati di adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole?*
- *Secondo una visione teorica, com'è possibile classificare i fattori abilitanti, le barriere e i risultati di adozione?*

Per rispondere alla RQ2 è necessario identificare i fattori, consideranti come una variabile - in uno studio quantitativo - o un concetto - in uno studio qualitativo - in grado di influenzare la digitalizzazione nelle imprese agricole.

RQ3: “Quali sono le relazioni tra le tecnologie digitali adottate nelle imprese agricole, le barriere di adozione, i fattori abilitanti e risultati ottenuti?”

L'ultima domanda di ricerca prevede un'analisi empirica che permette di identificare possibili relazioni attraverso test statistici basati sull'elaborazione dati.

RQ1 e RQ2 rappresentano la base per orientare la nostra ricerca, dato che riguardano i temi di interesse e di studio e vengono ricavate dalla revisione della letteratura. RQ3 richiede un'analisi più approfondita poiché basata sulla necessità di identificare delle relazioni (se esistono) tra l'adozione delle tecnologie digitali e una serie di fattori (fattori abilitanti, barriere e risultati).

1.7 Suddivisione della ricerca

La descrizione delle tematiche descritte e le risposte alle domande di ricerca verranno descritte nella nostra tesi come segue. Il capitolo 2 descrive le metodologie di ricerca utilizzate: empiriche e concettuali. Il Capitolo 3 analizza i risultati della revisione della letteratura, rispondendo alla prima

domanda di ricerca, evidenziando lo stato dell'arte sulla tematica di digitalizzazione nelle imprese agricole. Il Capitolo 4 risponde alla seconda domanda di ricerca, utilizzando la revisione della letteratura per evidenziare i fattori di adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole.

Successivamente, il Capitolo 5 presenta la metodologia empirica utilizzata, descrivendone teoria e presentando i risultati del modello. Il capitolo 6 riassume i risultati ottenuti dall'analisi dei dati legati al questionario e il capitolo 7 si basa sulle discussioni dei risultati, evidenziando implicazioni teoriche e pratiche e le limitazioni per la ricerca. Infine, il capitolo 8, presenta le conclusioni della nostra ricerca.

2 Progettazione della ricerca

Il progetto di dottorato è stato svolto seguendo due differenti fasi di analisi. La prima fase prevede una revisione della letteratura, attraverso la quale è possibile rispondere alle due domande di ricerca e proposizioni presentate nelle sezioni precedenti. Attraverso la revisione della letteratura, è stato possibile identificare – teoricamente – i fenomeni di TD e digitalizzazione nelle imprese agricole e riconoscere i fattori abilitanti, le barriere e i risultati di adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole. I fattori, come già detto, rappresentano delle variabili in uno studio quantitativo o un concetto in uno studio qualitativo, e sono in grado di influenzare la digitalizzazione all'interno delle imprese agricole. I fattori hanno ruoli differenti durante le fasi di adozione delle tecnologie digitali. Infatti, i fattori abilitanti e le barriere sono fattori che, rispettivamente, possono avere un impatto positivo e/o negativo durante le fasi di adozione delle tecnologie digitali. I risultati sono fattori che generano cambiamenti su varie dimensioni organizzative, interne o esterne. Infine, per una descrizione e interpretazione dettagliata dei fattori, utile anche per la successiva analisi empirica, abbiamo deciso di classificare i fattori secondo il modello *Technology – Organizational – Environmental* (TOE).

La seconda fase prevede la realizzazione di un'analisi empirica, sviluppata inizialmente con la raccolta dati e successivamente, con l'analisi dati. La raccolta dati prevede la stesura di un questionario, il quale verrà sottoposto alle imprese agricole italiane; mentre, l'analisi dei dati, prevede la costruzione di uno specifico modello di regressione, il modello di Heckman. Attraverso tale modello, vengono definite due differenti equazioni che permettono di considerare, dopo un'analisi probabilistica sull'intero campione, solamente le imprese che adottano le tecnologie digitali. Nei paragrafi seguenti, descriviamo le fasi di analisi e le metodologie utilizzate.

2.1 La revisione della letteratura

La prima fase di analisi della tesi di dottorato prevede una revisione della letteratura così da poter rispondere alle domande di ricerca RQ1 e RQ2 e alle sotto domande ad esse collegate. La revisione della letteratura è stata svolta utilizzando la metodologia descritta da Webster & Watson, (2002), i quali identificano modalità, tecniche e consigli da seguire per realizzare una buona revisione. Infatti, la revisione della letteratura è svolta in maniera sistematica, così da poter identificare, valutare e sintetizzare la ricerca in essere. Per tale motivo, sulla base delle domande di ricerca, abbiamo raccolto, estrapolato e aggregato le informazioni utili per ottenere risposte efficienti. SCOPUS è il database online che abbiamo utilizzato per ricercare gli articoli scientifici, dato che contiene un'elevata copertura di analisi su molte aree di ricerca, una vasta documentazione e molte citazioni

rispetto ad altri database (Maffezzoli et al., 2022). Per ricercare gli articoli su SCOPUS, abbiamo utilizzato la ricerca avanzata, la quale permette la definizione di una *query* di ricerca definita attraverso il linguaggio Booleano. La *query* di ricerca è composta nel seguente modo:

("digital transformation" OR "digital technology" OR "information technology") AND (agriculture or farm))

Le parole chiave che compongono la *query* di ricerca sono state ricercate nel titolo, nell'abstract e nelle *keyword* utilizzate negli articoli, così da garantire una copertura completa del campione di articoli (Maffezzoli et al., 2022) presenti nel database SCOPUS. La *query* ha permesso di identificare molti contenuti, in totale 68047, ma per cercare di includere i più rilevanti, sono stati scelti specifici criteri di ricerca. In particolare, abbiamo deciso di:

- Selezionare articoli pubblicati sulle riviste scientifiche;
- Utilizzare solamente gli articoli pubblicati nel periodo di tempo compreso tra il 2010 e il 2022;
- Considerare solamente gli articoli pubblicati in lingua inglese;
- Utilizzare "*Business, Management and Accounting*" come area tematica di studio.

La ricerca ha restituito, in totale, 4114 articoli. Data l'ampiezza del campione di articoli, abbiamo proceduto per fasi, per raffinare la ricerca così da includere solamente i più utili per il nostro obiettivo di analisi. In particolare, abbiamo inizialmente letto il titolo l'abstract e le *keyword* e abbiamo scartato tutti gli articoli non attinenti alla ricerca. Successivamente, a seguito di una prima scrematura, che ha restituito un totale di 174 articoli, abbiamo letto il testo completo di ciascun articolo per verificare l'effettiva affinità con lo studio. Abbiamo basato la scelta sulla rilevanza e l'affinità degli articoli considerando una serie di specifici criteri di inclusione ed esclusione definiti *ante causam*. Riguardo i criteri di inclusione, abbiamo deciso di:

- Includere tutti gli articoli che contengono informazioni sul concetto di TD e digitalizzazione nelle industrie agricole;
- Studiare tutti gli studi basati su modelli e analisi per identificare i fattori abilitanti, le barriere e i risultati del fenomeno TD e digitalizzazione, tendendo in considerazione gli studi che adottano le teorie sui sistemi informativi.

Per quanto riguarda i criteri di esclusione, abbiamo escluso dalla ricerca tutti gli articoli non disponibili per il download a causa di restrizioni di licenza, per un totale di cinque articoli. Prima di escludere gli articoli, abbiamo provveduto ad una richiesta formale inviata direttamente agli autori con l'obiettivo di ottenere l'articolo da poter utilizzare nella nostra ricerca. Dei cinque articoli individuati, solamente un autore ha contribuito inviandoci l'articolo richiesto; mentre, negli altri casi, non abbiamo ricevuto risposta dagli autori.

Oltre ai criteri sopra descritti, durante la lettura degli articoli, abbiamo utilizzato anche un ulteriore criterio chiamato "*backward and forward*", il quale ci permette di includere articoli non identificati dalla query ma attraverso le citazioni presenti negli articoli analizzati. In totale, gli articoli che abbiamo identificato sono 78.

Infine, l'ultima fase del processo di revisione della letteratura riguardava la valutazione dell'attinenza degli articoli con gli obiettivi della ricerca. Questa fase è stata svolta in collaborazione con il tutor, il quale ha supportato tutta la fase di identificazione del materiale. Grazie alla continua integrazione e scambio di informazioni, siamo stati in grado di realizzare una matrice concettuale (Webster & Watson, 2002), nella quale abbiamo codificato tutte le informazioni rilevanti contenute negli articoli.

La figura 1 seguente sintetizza tutte le fasi che abbiamo seguito per condurre la revisione della letteratura, discussa nei successivi Capitolo 3 e il Capitolo 4.

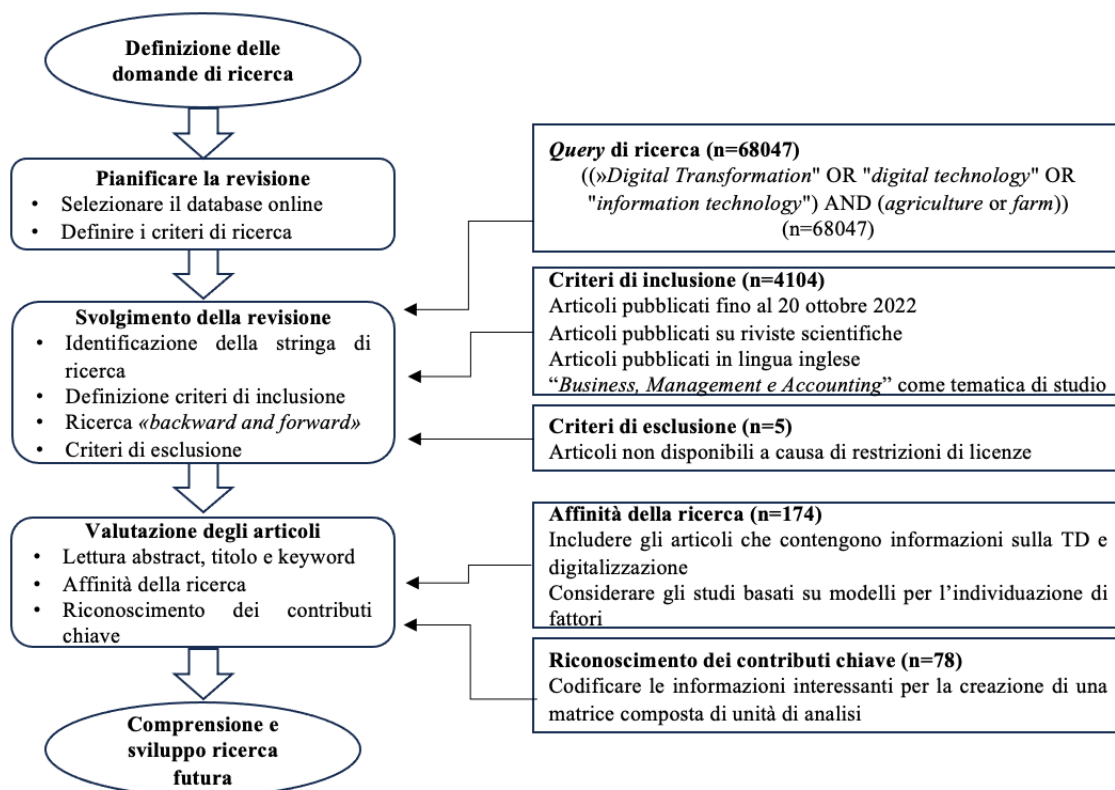


Figura 1. Sintesi processo di revisione della letteratura

Una volta ottenuti gli articoli utili per la nostra ricerca, abbiamo iniziato un processo di codifica qualitativa del testo, attraverso l'utilizzo di software di analisi. La tecnica, chiamata Computer Assisted Qualitative Data Analysis (CAQDA), permette di utilizzare specifici *software* per la raccolta di informazioni utili per le analisi dei dati qualitativi, con l'obiettivo di procedere a delle

specifiche elaborazioni, sempre di tipo qualitativo per dimostrare delle affermazioni (Mackey & Gass, 2012; Miyaoka et al., 2023). Il software che abbiamo utilizzato è Nvivo 12, il quale permette di importare differenti tipologie di documenti, immagini e video, che spesso i ricercatori possono utilizzare contemporaneamente. Perciò, attraverso Nvivo 12, è possibile organizzare e archiviare dati e documenti da utilizzare per le successive analisi (Dhakal, 2022).

La codifica ci ha permesso di realizzare una matrice contenente le seguenti unità di analisi:

- Informazioni bibliografiche generali (titolo, anno di pubblicazione e rivista);
- Descrizione dello studio (scopo della ricerca, messaggio chiave, quadro teorico, paese di studio, tipo di ricerca e di studio);
- Concetti teorici (teorie e definizioni);
- Tecnologie digitali e classificazione (tecnologie di raccolta, tecnologia di trasmissione, tecnologia di archiviazione, tecnologia di elaborazione);
- Fattori di adozione (fattori abilitanti, barriere e risultati);
- Sistema informativi (uso, funzionalità, utenti e aree di applicazione).

L'individuazione dei fattori di adozione ci ha richiesto molto tempo, a causa della differenza tra i vari studi che richiedevano una lettura dettagliata per l'individuazione. Spesso, i fattori provenivano da modelli teorici dei sistemi informativi, come il Modello di accettazione della tecnologia (TAM), teoria Unificata dell'Accettazione e dell'uso della tecnologia (UTAUT) e Visione basata sulle risorse (RBV). Abbiamo deciso di non includere nel nostro studio tutte le variabili studiate e testate nei modelli sopra elencati così da non influenzare i risultati ma soprattutto per ricercare nuovi fattori. Una volta terminato il processo di codifica, abbiamo classificato i fattori in tre gruppi: barriere, fattori abilitanti e risultati di adozione delle tecnologie digitali nel contesto di Agricoltura 4.0.

2.2 I modelli di accettazione della tecnologia in agricoltura

In base ai risultati che abbiamo ottenuto dall'analisi della letteratura, è possibile identificare la presenza di una serie di teorie dei sistemi informativi in grado di studiare l'adozione delle tecnologie digitali nelle imprese. In letteratura, però, notiamo che non esistono ad oggi modelli teorici specifici che vengono utilizzati per lo studio del settore agricolo. Abbiamo però identificato la presenza di molti modelli teorici utilizzati per studiare l'accettazione delle tecnologie digitali e spesso, vengono utilizzati per studiare l'adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole. I modelli di accettazione maggiormente utilizzati negli studi presenti in letteratura sono: il Modello di

accettazione della tecnologia (TAM), teoria Unificata dell'Accettazione e dell'uso della tecnologia (UTAUT), Diffusione delle innovazioni (DOI), e Visione basata sulle risorse (RBV).

Il Modello di accettazione della tecnologia (TAM) nasce durante gli anni '80 e si basa sull'accettazione delle Information Technology da parte degli individui. L'obiettivo della teoria, quindi, è quello di identificare i fattori che incidono sulle intenzioni degli individui di identificare fattori che possono promuovere l'accettazione e il conseguente utilizzo delle tecnologie nelle imprese (Bryan & Zuva, 2021).

La teoria Unificata dell'Accettazione e dell'uso della tecnologia (UTAUT) è considerata una delle più recenti riguardo l'accettazione e l'utilizzo delle tecnologie digitali nelle imprese ed è basata su diverse variabili di controllo, le quali possono essere dipendenti o indipendenti (Venkatesh et al., 2003). Altra teoria rilevante è la Diffusione delle innovazioni (DOI), la quale considera le categorie che possono contribuire all'adozione delle tecnologie, ed è una valida teoria che induce ai cambiamenti aziendali, guidando l'innovazione tecnologica che dovrà essere in grado di soddisfare le esigenze in tutti i livelli aziendali (Rogers et al., 2014).

Infine, la Visione basata sulle risorse (RBV) è una teoria dei sistemi informativi basata sulla natura delle imprese e sul loro comportamento strategico, mettendo in risalto l'operatività aziendale (Jay Barney, 1991).

Dato che l'obiettivo della nostra tesi di dottorato è quello di esplorare i fattori di adozione – barriere, fattori abilitanti e risultati – delle tecnologie digitali nelle imprese agricole italiane, abbiamo utilizzato il modello Tecnologia – organizzazione – Ambiente (TOE), perché è in grado di definire le relazioni esistenti tra tecnologia, ambiente e organizzazione ad un livello meso ma soprattutto può essere esteso con fattori esplorati e identificati dalla letteratura o direttamente dal caso empirico.

2.3 Il modello TOE

Il modello TOE fu proposto da Tornatzky & Fleischer (1990), i quali identificano un processo di innovazione nelle imprese, facendo particolare attenzione all'implementazione delle innovazioni da parte degli utenti, considerando il contesto tecnologico, organizzativo e ambientale. Il contesto tecnologico comprende tutte le tecnologie attualmente disponibili e utilizzate nelle imprese, mentre il fattore ambientale considera tutti i fattori esterni all'organizzazione, come gli stakeholder, la società, le politiche. Infine, il fattore organizzazione considera tutti i fattori interni all'organizzazione, come la dimensione dell'impresa, la cultura aziendale, il management e la gestione dell'impresa. L'utilizzo di questo framework teorico permette di spiegare l'impatto delle tecnologie digitali, considerando tutte le sue caratteristiche, sui fattori esterni (ambiente) e interni organizzazione (Khanh Chi, 2022). Il modello TOE è puramente teorico e generico, dove i fattori dell'organizzazione, della

tecnologica e dell'ambiente sono influenzati tra di loro. Spesso, per avere una visione differente, viene integrato con altri approcci teorici, come il modello *Technology Acceptance Model* (TAM), oppure il modello *Diffusion of Innovation* (DOI) (Tornatzky & Fleischer, 1990). Il framework TOE viene utilizzato in studi di vari settori, poiché la sua forma generica permette di adattarsi in contesti differenti, cercando di definire quale tecnologia riesce a adattarsi meglio al contesto aziendale di riferimento (Zhu & Kraemer, 2005). In base all'obiettivo della nostra tesi, per meglio comprendere l'adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole, è importante considerare un insieme generico di costrutti che permette di spiegare la probabilità che le tecnologie possano essere adottate nelle imprese agricole. Il framework TOE è utile per spiegare il collegamento attualmente esistente tra le tecnologie digitali, che non sempre vengono adottate, con l'organizzazione e l'ambiente (Khanh Chi, 2022; Van Looy, 2021). Altri studi più recenti utilizzano il modello TOE per studiare come incentivare l'innovazione sempre più collaborativa all'interno delle imprese agricole cinesi, cercando di definire quali sono le dimensioni della collaborazione tecnologica, complementarità organizzativa e, infine, il coordinamento ambientale (Wu, 2024). Un'altra ricerca, attraverso il modello TOE, cerca di analizzare la complessa relazione tra attributi tecnologici, dinamiche organizzative, influenze esterne e caratteristiche socioeconomiche degli agricoltori dei paesi in via di sviluppo (Kitole et al., 2024). Perciò, l'utilizzo della teoria TOE riesce a adattarsi coerentemente al contesto della digitalizzazione in agricoltura, grazie soprattutto ai tre fattori che la contraddistinguono, essendo generici e ampi nel contesto di studio.

2.4 L'analisi empirica

Questa fase di analisi dati, come già detto è composta due differenti sottosezioni strettamente collegate: la raccolta dati e l'analisi dati.

2.4.1 Fase 1: La raccolta dati

La raccolta dei dati è avvenuta attraverso la realizzazione di un questionario (Allegato A) seguendo uno specifico disegno di questionario, composto dalle seguenti fasi (Stone, 1993):

1. Abbiamo identificato i dati necessari da raccogliere per il nostro studio. Infatti, l'obiettivo è quello di indagare l'adozione di otto specifiche tecnologie digitali nelle imprese agricole italiane, considerando le più frequentemente identificate in letteratura. Le tecnologie da investigare attraverso il questionario – in totale otto – sono: Sensori per la raccolta dati dal suolo, Piattaforme di Blockchain, Infrastruttura di Internet of Things, Macchine agricole automatizzate, Piattaforme di Business Intelligence per l'analisi dei dati, Droni, Sistemi

Informativi per la gestione agricole e Machine Learning e intelligenza artificiale. Le domande devono tener conto dei fattori abilitanti, barriere e risultati di adozione;

2. Abbiamo selezionato gli *items* da includere nel questionario estrapolandoli da studi già condotti in precedenza e identificando ulteriori *items* direttamente dalla letteratura. La scelta di utilizzare items già investigati permette di sostenere l'affidabilità e la validità del questionario;

3. Per definire le domande, abbiamo scelto di utilizzare le da 1 a 5 punti (1 - Fortemente in disaccordo, 2 - Disaccordo, 3 - Neutro, 4 - Accordo, 5 - Fortemente d'accordo) e, in alcuni casi, ricorrendo a domande a risposta chiusa, identificando un elenco esaustivo di opzioni da poter scegliere. Nella formulazione della domanda, abbiamo utilizzato un linguaggio molto semplice così da evitare distorsioni nella comprensione, e preferendo domande specifiche e mirate;

4. Per una corretta comprensione del questionario, abbiamo deciso di aggiungere una breve spiegazione che comprendeva un breve presentazione di chi sottometteva il questionario, l'obiettivo e soprattutto, la motivazione per cui era stato realizzato e infine abbiamo inserito i ringraziamenti per il tempo che avrebbero dedicato per la compilazione del questionario. Abbiamo realizzato il questionario utilizzando, inizialmente, un documento word e a seguito delle correzioni, abbiamo inserito le domande su Google Moduli, una piattaforma online che permette di creare dei semplici moduli composti da varie tipologie di domande, in grado di raccogliere le risposte ed estrapolarle direttamente in Excel (Kumar, 2016). Il questionario che abbiamo realizzato è composto in totale da 28 sezioni, così suddivise:

- La sezione 1 contiene domande sulla conoscenza delle tecnologie digitali e sulla loro adozione;
- La seconda sezione comprende le ragioni della mancata adozione delle tecnologie digitali da parte delle imprese agricole italiane;
- Le sezioni da 3 a 27 contengono domande in grado di indagare l'effettiva adozione o non adozione delle otto tecnologie digitali (precedentemente elencate), analizzando i fattori di adozione, le barriere e risultati di adozione per ciascuna tecnologia digitale. In caso di mancata adozione, sono presenti domande in grado di investigare i fattori di non adozione delle tecnologie. Per semplicità, le sezioni sono identiche per tutte le otto tecnologie, perché vogliamo comprendere se è possibile ampliare la ricerca su tutte le tecnologie digitali, oppure se sono presenti delle differenze che evidenziano la rilevanza di determinati fattori rispetto ad altri in ciascuna tecnologia;

- Infine, la sezione 28 è costituita da domande sui dati demografici dei rispondenti e sulle caratteristiche delle imprese agricole;

5. Abbiamo effettuato un test preliminare appena inserite tutte le domande su Google Moduli per verificare il funzionamento del questionario, compresi eventuali filtri che permettono di passare tra le varie domande in base alle risposte attribuite alle domande. Infatti, molte sezioni che compongono il questionario non vengono sottoposte a tutti i rispondenti. Il questionario utilizza una metodologia di filtraggio che permette di rispondere alle domande sulla base di varie situazioni in cui può trovarsi l'impresa agricola. Le imprese che non adottano le tecnologie digitali hanno sezioni specifiche di domande; mentre all'impresa agricola che utilizza le tecnologie digitali verranno sottoposte altre domande che permetteranno di ottenere specifiche informazioni sulla tipologia di tecnologia digitale delle otto da analizzare, il livello di adozione e una valutazione dei fattori. Il test è stato sottoposto ad esperti del settore che ci hanno permesso di identificare errori e soprattutto criticare eventuali imprecisioni;

6. Successivamente abbiamo deciso di realizzare un questionario pilota, selezionando uno specifico campione *target*, ovvero le imprese agricole della Regione Lazio. Abbiamo scelto questo campione di imprese agricole perché è sufficientemente ampio, diversificato e rappresentativo dell'intera popolazione considerata nella ricerca. Abbiamo inviato il questionario pilota nei mesi di marzo e aprile 2023, estrapolando il link da Google moduli ed inviando a ciascuna impresa un e-mail formale. Abbiamo scelto di utilizzare la somministrazione del questionario via web, sia per il questionario pilota che per quello definitivo, perché oltre alla velocità di somministrazione, permette anche di creare un database autonomamente così da evitare errori nel trasferimento delle informazioni, ridurre i costi di somministrazione e aumentare, dove possibile e nel rispetto della legge sulla privacy, l'anonimato dei rispondenti (Couper, 2000). Durante la somministrazione, abbiamo ricevuto alcuni *feedback* dalle imprese agricole rispondenti. I *feedback* riguardavano la mancanza di elementi di studio o chiarimenti rispetto a tematiche analizzate. I feedback sono stati utili per migliorare il questionario, poiché ci ha permesso di evidenziare errori – concettuali e testuali, e malfunzionamenti del questionario. Le imprese a cui abbiamo sottoposto il questionario pilota erano in tutto 193, ottenendo un numero di risposte pari a 14 (7% tasso di risposta);

7. Una volta terminata la somministrazione del questionario pilota, abbiamo iniziato la somministrazione definitiva del questionario alle imprese agricole del territorio italiano, a partire da aprile 2023 e procedendo con invii a cadenza mensile, fino a ottobre 2023. Il database utilizzato per l'invio del questionario è composto da un totale di 3286 imprese agricole ed è disponibile sul sito web <http://www.maiload.com/>. Il sito web offre la

possibilità di acquistare il database, composto dalle seguenti informazioni: nome dell'impresa, la località (città, codice avviamento postale e indirizzo) e i loro indirizzi e-mail. Il campione di imprese non è rappresentativo di tutte le imprese agricole presenti nel territorio italiano, ma è numericamente composto da un numero di imprese ampio in grado di rappresentare la popolazione delle imprese agricole italiane. Partendo da un campione iniziale di 3286 imprese, abbiamo ottenuto, in totale, 271 risposte, con un tasso di risposta pari all'8%. Prima di utilizzare i dati per sviluppare il modello empirico, abbiamo controllato i dati per verificare la validità e abbiamo rimosso un totale di 15 questionari perché di 10 non disponevamo della loro collocazione geografica, mentre 5 questionari erano doppiati. A seguito di tali esclusioni, il totale dei questionari che abbiamo preso in considerazione è 256.

2.4.2 Fase 2: L'analisi empirica

Abbiamo deciso di analizzare i dati raccolti con il questionario utilizzando uno specifico modello di regressione che ci permette di verificare l'esistenza di possibili relazioni tra le tecnologie digitali con i fattori abilitanti, le barriere e i risultati di adozione. Il nostro obiettivo è quello di stimare un modello di Heckman (1979), che tenga conto di specifici campioni selezionati. Il modello di Heckman, da un punto di vista teorico, ha come obiettivo quello di stimare due modelli strettamente correlati tra loro, in due differenti stadi. Nel primo stadio (1), viene stimato il processo di selezione e sulla base dei risultati ottenuti dall'equazione, viene costruito il secondo modello (2) che tiene conto dell'effetto dei risultati ottenuti nell'equazione precedente. La stima simultanea delle due equazioni ci permette di tenere conto di eventuali correlazioni esistenti tra i termini di errore non osservati della variabile dipendente e la variabile stimata.

L'equazione che costituisce il primo stadio prende il nome di "equazione di selezione" (2.1 e 2.2) ed è collegata al primo modello che viene stimato, di tipo logit. Abbiamo scelto di utilizzare un modello Probit, piuttosto che un modello Logit, anche se spesso intercambiabili tra loro, perché negli studi già pubblicati, viene preferito un modello Probit dato che le caratteristiche dello stimatore di Heckman si basano sul presupposto di normalità bivariata (Morrissey et al., 2016).

L'equazione di selezione deve essere composta, nella variabile dipendente da una variabile di tipo binaria, che nel nostro caso, assume valori compresi pari a 0 (non adotta) oppure 1 (adotta). L'equazione di selezione (2.1 e 2.2) viene definita come

$$y_i^* = z_i\gamma + u_i \quad (2.1)$$

$$y_i = \begin{cases} 1, & \text{if } y_i^* > 0 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.2)$$

y_i^* rappresenta la variabile latente che coincide con la probabilità di adottare le tecnologie digitali nelle imprese agricole italiane. γ è un vettore di parametri $K \times 1$ e rappresenta le variabili, in questo caso sociodemografiche che vengono analizzate per verificare l'esistenza di relazioni con l'adozione delle tecnologie digitali; z_i è un vettore di osservazioni $1 \times K$ su K variabili esogene, e include il totale delle osservazioni del campione rispondente e infine, u_i rappresenta un disturbo causale. u_i rappresenta l'errore, il quale è correlato alla media. Attraverso il modello di Heckman riusciamo ad affrontare il problema legato alla distorsione da selezione, la quale si genera quando la correlazione tra due differenti termini di errore è superiore a zero (Hoffmann & Kassouf, 2005).

Considerando che il nostro obiettivo è quello di identificare come l'adozione delle tecnologie digitali dipende dai fattori abilitanti, barriere e risultati di adozione delle tecnologie digitali, possiamo identificare la una relazione caratterizzata dagli impatti relativi all'adozione delle tecnologie digitali sull'impatto relativo ai fattori abilitanti, barriere e risultati, come una funzione lineare di variabili esplicative indicate con z_i e una variabile dummy di adozione d_i .

Attraverso le stime coerenti ottenute attraverso l'equazione di delezione, viene calcolato un rapporto inverso di Mills, essenziale per ogni decisione nell'intero campione osservato. Il rapporto inverso di Mills viene stimato considerando la seguente equazione (2.3) di seguito descritta (Ghimire & Huang, 2016; Sarma, 2021):

$$\lambda_i = \frac{\theta(\rho + \gamma X_i)}{\phi(\rho + \gamma X_i)}$$

(2.3)

θ e ϕ rappresentano, rispettivamente, la funzione di densità normale standard e la normale standard funzione di distribuzione. Attraverso questa funzione, riusciamo ad ottenere il rapporto inverso di Mills, il quale ci permette di fornire stime corrette relative alla selezione dei minimi quadrati ordinari (OLS).

Il rapporto inverso di Mills, la variabile binaria di adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole e tutte le variabili esplicative sia sociodemografiche sia relative ai fattori, sono state poi incluse nell'equazione di risultato che andiamo di seguito a descrivere.

La seconda equazione è chiamata "equazione di risultato" (2.4) e viene stimata come:

$$Y_i = \begin{cases} \gamma X_i' \beta_i & \text{if } y_1^* > 0 \\ - & \text{if } y_2^* \leq 0 \end{cases}$$

(2.4)

Dove Y_i rappresenta le imprese che adottano le tecnologie digitali, μ_1 rappresenta una distribuzione causale normale, mentre y_i rappresenta la variabile dummy relativa all'adozione delle

tecnologie digitali. I vettori $X_i'\beta_i$ rappresentano i fattori abilitanti, le barriere, i risultati e i dati sociodemografici analizzati nel modello.

Il modello di risultato è simile ad ogni altro modello di regressione multipla; infatti, possiamo utilizzare varie tipologie di variabili, come dipendenti, continue, binarie o multi-categoriali.

La scelta di utilizzare un modello Heckman prevede che i dati da analizzare debbano soddisfare una serie di requisiti, verso i quali il modello risultato molto sensibile:

- Serie completa di osservazioni per ciascuna variabile (osservata o non osservata);
- Una variabile dipendente nel modello di selezione da considerare come una proxy appropriata per la selezione delle variabili del campione;
- La selezione di una variabile di esclusione nel modello di selezione;

Abbiamo potuto adottare questo modello perché tutti i criteri sono soddisfatti, dato che il modello di Heckman è molto sensibile alla tipologia di dati. In caso di mancanza soddisfazione dei criteri, il modello potrebbe non funzionare e non convergere verso un risultato.

3 Definizione di Agricoltura 4.0

Anche se il settore agricolo è da sempre considerato essenziale per la vita quotidiana e soprattutto per l'esistenza umana (Chen et al., 2020), è possibile identificare la presenza di una serie di rischi che incidono sulle attività (Lin et al., 2020). Tra le problematiche prevalgono i cambiamenti climatici, che comportano un aumento delle temperature con conseguente impoverimento del suolo e la mancanza di precipitazioni (Gerli et al., 2022a; Hayat et al., 2019; Khan et al., 2022; Lioutas et al., 2021; Valiyev, 2022; Vargas-Canales et al., 2018), la presenza di pratiche agricole intensive e l'utilizzo di pesticidi e fertilizzanti (Hayat et al., 2019), l'aumento della popolazione mondiale con conseguente crescita della domanda di cibo (Chuang et al., 2020; Kidd, 2012; Lin et al., 2020), la necessità di migliorare la sicurezza alimentare (Lioutas et al., 2021) e infine, la ciclicità della produzione (Lin et al., 2020). Nasce, quindi, la necessità nel settore agricolo di identificare e adottare nuovi metodi di produzione, in grado di introdurre soluzioni innovative per risolvere i rischi appena descritti. Le soluzioni innovative prevedono l'utilizzo delle tecnologie che consentono di ottimizzare i processi aziendali e incrementare la prosperità del settore (Sibona et al., 2020b).

Per tale motivo, consideriamo le tecnologie come tecniche che ci consentono di risolvere una serie di problematiche con l'obiettivo di incentivare i processi e le attività aziendali. Le tecnologie incidono direttamente sui processi aziendali, attraverso l'applicazione di conoscenze per la creazione di prodotti e servizi sempre più innovativi. Dal punto di vista del settore agricolo, le tecnologie consentono di trasformare completamente le attività, modificando il contesto sociale, economico e produttivo che lo circonda. Con l'avvento del fenomeno della digitalizzazione, le tecnologie sono diventate sempre più digitali, le quali utilizzano i dati per incentivare le attività produttive e per risolvere problemi interni. All'interno di questa ricerca consideriamo le tecnologie digitali adottate nelle imprese agricole, in grado di automatizzare i processi, migliorare la produzione e la qualità dei prodotti. Attraverso questo capitolo, rispondiamo alla RQ1 e alle relative proposizioni, utilizzando la revisione della letteratura che abbiamo presentato metodologicamente nel Capitolo 2.

3.1 *Definizione di trasformazione digitale e digitalizzazione nelle imprese agricole*

Negli ultimi anni, sempre più imprese, incluse quelle agricole, hanno attuato notevoli cambiamenti in tutti i livelli dell'organizzazione, apportando una riforma olistica dei ruoli, nelle relazioni con gli stakeholder e delle tecnologie (Spanaki et al., 2021). Tali cambiamenti dipendono dal fenomeno della TD, non ancora definito attraverso una definizione globale presente in letteratura (Vial, 2019). Per alcuni autori, la TD rappresenta un cambiamento di tipo socio-tecnologico, dove la digitalizzazione dei processi aumenta nel tempo (Zscheischler et al., 2022). Per altri autori, la TD introduce cambiamenti critici nei processi aziendali, nuove routine operative e capacità organizzative.

Ancora, per altri autori, la TD è caratterizzata dall'utilizzo delle nuove tecnologie digitali, le quali apportano miglioramenti alle imprese (Cannas, 2021). Infine, per altri autori, la TD prevede l'utilizzo delle tecnologie digitali per apportare miglioramenti aziendali (Cannas, 2021). Secondo una nostra prospettiva, possiamo definire la TD come un cambiamento radicale e sistemico nelle imprese, dove l'adozione delle tecnologie digitali comporta modifiche nei processi produttivi, nelle capacità e routine operative presenti nelle organizzazioni, introducendo cambiamenti nelle attività lavorative attraverso nuove tecniche di coordinamento. La TD è caratterizzata da cambiamenti sistemici e radicali (Rijswijk et al., 2021; Zscheischler et al., 2022) che avvengono in ottica tecnologica, nei ruoli dei lavoratori e nelle attività operative che diventano sempre più semplificate (Cannas, 2021).

Altri cambiamenti avvengono a livello di processi aziendali, i quali permettono di gestire gli alti costi produttivi, i bassi margini di produzione (Aivazidou & Tsolakis, 2022; Cannas, 2021; Zscheischler et al., 2022) e l'implementazione di pratiche produttive in grado di produrre bassi impatti ambientali (Spanaki et al., 2021). Infine, cambiamenti molto importanti avvengono nei rapporti tra stakeholder, con l'obiettivo di mantenere l'impresa competitiva sul mercato (Sørensen et al., 2010; Wolfert et al., 2017; Zscheischler et al., 2022).

3.2 Il concetto di Agricoltura 4.0

Anche le imprese agricole, come già anticipato, sono spinte verso il fenomeno della digitalizzazione, caratterizzato dall'introduzione delle tecnologie digitali nelle attività aziendali, (Aivazidou & Tsolakis, 2022; Lioutas et al., 2021; Maffezzoli et al., 2022), con l'obiettivo di migliorare la produttività e rendere i processi sempre più automatizzati (Suresh & Venkateswara Prasad, 2019).

L'adozione delle tecnologie digitali propone alle imprese agricole soluzioni tecnologiche in grado di risolvere problematiche legate all'ambiente interno ed esterno alle imprese (van der Burg et al., 2019), caratterizzato dall'integrazione di persone e tecnologie secondo la prospettiva sociotecnica (Klerkx et al., 2019b). La digitalizzazione fornisce un'ottimizzazione tecnica dei sistemi produttivi, delle catene del valore e dei sistemi alimentari che contraddistinguono le imprese agricole (Krishnan, 2019) ma soprattutto permette di aggregare, elaborare e utilizzare matrici di dati per migliorare il processo decisionale, rendendolo sempre più efficace (Valiyev, 2022). Attraverso i dati, è possibile promuovere una gestione interna ed esterna all'impresa agricola, incrementando l'acquisizione di informazioni in tempo reale (Rijswijk et al., 2021). I dati da analogici diventano digitali, con una maggiore correlazione tra i processi aziendali, interfacce efficienti e scambio integrato di gestione dati (Cannas, 2021).

I primi studi in letteratura riguardo la digitalizzazione in agricoltura iniziano già tra la fine degli anni '80 e i primi anni '90, indicato in letteratura con il termine di *Precision Agriculture* (PA). Le *Information Technologies* (IT) venivano utilizzate per ottenere dati utili per il processo decisionale dell'azienda agricola, con l'obiettivo di migliorare l'impiego delle risorse, aumentare i profitti e ridurre gli impatti della produzione aziendale sull'ambiente (Chuang et al., 2020; Pivoto et al., 2019). I dati raccolti permettevano di sviluppare nuove operazioni in grado di migliorare la lavorazione dei terreni, l'applicazione dei fertilizzanti, la semina, l'irrigazione dei suoli e il raccolto (Aubert et al., 2012; Krishnan, 2019). La PA veniva considerata come l'evoluzione dell'agricoltura convenzionale, dove è necessario considerare la variabilità del campo, le competenze manageriali e l'integrazione dell'impresa all'interno di mercati sempre più competitivi (Kountios et al., 2018). Lo sviluppo della PA è stato molto lento a causa dei modelli di business poco innovativi, e dalle sfide organizzative, da parte degli adottanti delle IT, causate da una serie di barriere: sociali, economiche e organizzative (Carmela Annosi et al., 2020). Con il passare degli anni, e con l'avvento di una nuova rivoluzione industriale, nelle imprese agricole iniziano a svilupparsi nuovi sistemi produttivi sempre più digitali e automatizzati, introducendo così il fenomeno della digitalizzazione delle imprese agricole. Ad oggi, non esiste ancora una definizione condivisa in letteratura di digitalizzazione, e spesso, vengono utilizzati termini differenti (Maffezzoli et al., 2022; Weber et al., 2022). Tra questi, i più utilizzati sono: *smart farming*, *digital agriculture*, *Agriculture 4.0*, *e-agriculture* e *smart agriculture*.

La tabella 1 di seguito riporta le principali definizioni individuate dalla revisione della letteratura, che utilizzano terminologie differenti per indicare il concetto di digitalizzazione in agricoltura.

Tabella 1. Definizioni di digitalizzazione in agricoltura

Termine	Definizione	Autori
Agriculture 4.0	<i>“Agricoltura 4.0 è l'integrazione di diverse tecnologie per automatizzare i compiti cyber-fisici, consentendo una migliore pianificazione e controllo della produzione agricola”</i>	(Escamilla-García et al., 2020)
	<i>“L'adozione della tecnologia per creare una catena del valore che integri l'organizzazione, i clienti e le altre parti interessate”.</i>	(Sott et al., 2020)
	<i>“La valutazione dell'agricoltura di precisione, realizzata attraverso la raccolta, l'integrazione e l'analisi automatizzata dei dati provenienti dal campo, dai sensori dell'attrezzatura e da altre fonti terze”</i>	(Maffezzoli et al., 2022)
	<i>“L'agricoltura digitale promuove l'applicazione di tecnologie all'avanguardia, esistenti o in via di sviluppo, nella produzione agroalimentare, con l'obiettivo di raggiungere traguardi elevati, come gli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile delle Nazioni Unite, quali la rieducazione alla povertà, l'azzeramento della fame e la mitigazione dei cambiamenti climatici.”</i>	(Lioutas et al., 2021)
Digital agriculture	<i>“L'agricoltura digitale è l'uso di informazioni digitali dettagliate per guidare le decisioni lungo la catena del valore agricolo. Ciò può includere l'uso di un volume elevato di dati di origine variabile, per produrre conoscenze attuabili.”</i>	(Shepherd et al., 2020)
Smart farming	<i>“L'agricoltura digitale è l'uso delle tecnologie digitali per digitalizzare, visualizzare, progettare, monitorare e controllare gli oggetti agricoli e i processi di formazione rilevanti per le esigenze dell'agricoltura.”</i>	(Zheng et al., 2011)
	<i>“L'agricoltura intelligente aiuta gli agricoltori e i coltivatori a gestire i dettagli relativi alla coltivazione delle colture, all'educazione del suolo e a far coincidere l'uso efficiente del terreno con le loro esigenze.”</i>	(Krishnan, 2019)
	<i>“L'agricoltura intelligente è un insieme di strumenti tecnologici, come sensori, modelli basati su dati che si basano sul monitoraggio automatico dei processi biologici e fisici correlati negli allevamenti.”</i>	(Blok & Gremmen, 2018)
	<i>“L'agricoltura intelligente è l'uso delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione nella gestione dell'azienda agricola, concentrandosi contemporaneamente su produttività, redditività e conservazione delle risorse naturali.”</i>	(Pivoto et al., 2019)
	<i>“L'e-agricoltura è il miglioramento dell'agricoltura e dello sviluppo rurale attraverso il miglioramento dello scambio di informazioni, della comunicazione e del processo di apprendimento.”</i>	(Armstrong et al., 2010)
E-agriculture	<i>“E-agriculture è una comunità di pratica globale che promuove il dialogo, lo scambio di informazioni e la condivisione di idee relative all'uso delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione per l'agricoltura sostenibile e lo sviluppo rurale.”</i>	(Chen et al., 2020)
Smart agriculture	<i>“L'agricoltura intelligente è un approccio alla gestione dell'azienda agricola che utilizza le cosiddette "tecnologie 4.0" per massimizzare i ritorni economici e garantire la conservazione delle risorse, proteggendo al contempo l'ambiente”</i>	(Annosi et al., 2019)

Tabella 1. Definizioni di digitalizzazione in agricoltura

“L'agricoltura intelligente è l'uso delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione e dei dispositivi elettronici nella pratica agricola; può anche includere il supporto alle decisioni di gestione, l'elaborazione dei dati raccolti e il monitoraggio a distanza dei macchinari agricoli.” (Kitouni et al., 2018)

La presenza di una vasta terminologia ad indicare la digitalizzazione in agricoltura porta ad una frammentazione della ricerca, dove, spesso, è difficile sviluppare una visione e interpretazione univoca del fenomeno. Per risolvere questa problematica e rendere uniforme il testo, abbiamo deciso di utilizzare il termine di Agricoltura 4.0 per indicare ogni ambito di applicazione – operativo o amministrativo - delle tecnologie digitali nelle imprese agricole, con l'obiettivo di supportare e automatizzare i processi, raccogliere dati e informazioni e identificare soluzioni utili per una migliore gestione (Cagnetti & Braccini, 2023).

L'agricoltura 4.0 introduce enormi cambiamenti all'interno delle imprese agricole, come modelli di business sempre più innovativi, nuove strategie organizzative e processi digitali e automatizzati (Carmela Annosi et al., 2020). La possibilità di raccogliere dati e di elaborarli in informazioni incrementa il valore delle imprese agricole (Aarthi Dhakshana J.D & Rajandran K.V.R., 2018), non solo riguardo la produttività, ma anche rispetto alla riduzione degli impatti ambientali generati dall'attività di produzione agricola (Khan et al., 2022; Shen et al., 2022).

3.3 *L'agricoltura 4.0 nel contesto delle imprese agricole italiane*

Il territorio italiano è da sempre caratterizzato da piccole e medie imprese (PMI), anche per quanto le imprese agricole. Infatti, secondo i dati del 2021, erano presenti 415.745 imprese agricole, con una superficie agricola utilizzata complessiva di 8.265.094 ettari. Di queste imprese, il 94,6% è rappresentato da imprese agricole, mentre il restante 5,4%, da imprese che operano come attività di supporto, tra cui la silvicoltura, pesca e acquacoltura (Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria., 2021). L'agricoltura in Italia ha un valore della produzione pari a 60 mln di € e un valore aggiunto di 32,7 mln di €, contribuendo al PIL nazionale con il 2% dei risultati (CENTRO STUDI TIM, 2022). Negli ultimi anni, anche nelle imprese agricole italiane è stato avviato un processo di digitalizzazione che ha introdotto notevoli cambiamenti. Secondo i dati del 2021, il mercato dell'Agricoltura 4.0 in Italia è pari a 1.6 miliardi di € e il 64% delle imprese agricole italiane, utilizza almeno una soluzione di agricoltura 4.0, dove la tecnologia maggiormente utilizzata riguarda i software gestionali aziendali. L'introduzione dell'Agricoltura 4.0 nelle imprese agricole italiane è avvenuta anche grazie a specifiche agevolazioni concesse dal governo italiano, in particolare i Programmi di sviluppo rurale e il Piano transizione 4.0. I programmi hanno permesso alle imprese

agricole di investire nelle soluzioni tecnologiche e digitali, considerando però la presenza di situazioni di burocrazia e incentivi non sempre mirati alle esigenze agricole (Osservatorio Smart AgriFood, 2022).

L'agricoltura 4.0 nelle imprese agricole italiane ha una distribuzione differente a seconda del contesto geografico di riferimento. Infatti, le imprese agricole nel territorio italiano risultano così digitalizzate: sud 6,7%, isole 10,3%, centro 16,1%, nord-ovest 32,9% e nord-est 33,5%. Gli investimenti del triennio 2018-2020 nelle imprese agricole italiane, ha portato ad innovazione in una o più fasi delle tecniche di produzione. Gli investimenti riguardano principalmente la meccanizzazione delle attività (55,6%), gli impianti e la semina (23,2%). Per quanto riguarda gli aspetti organizzativi, gli investimenti sono ancora limitati e riguardano, in piccola parte, solo la riorganizzazione interna e del personale (7,6% e 5,5%). Gli investimenti orientati alla digitalizzazione delle imprese agricole sono molto più frequenti nelle zone del nord Italia, mentre nelle zone del centro gli investimenti sono limitati e nelle zone del sud Italia, gli investimenti nelle sono quasi nulli. I maggiori investimenti sono avvenuti nelle Province autonome di Bolzano (45,6%) e Trento (32,0%), seguite da Piemonte (23,2%) e Emilia-Romagna (22,2%). Considerando le regioni del sud Italia e le isole, la digitalizzazione delle imprese agricole è ancora a livelli molto bassi, ad esclusione della Sardegna, dove le innovazioni all'interno delle imprese agricole ha un valore pari a 11,3% rispetto alle regioni del Sud pari a 5,4%. Le innovazioni sono principalmente diffuse nelle imprese agricole che svolgono sia attività di coltivazione che zootecnica (18,8%), mentre le imprese che si occupano solamente di coltivazione e zootecniche sono meno innovative (9% e 14,4%). Naturalmente, le imprese agricole più industrializzate sono caratterizzate da un capo aziendale giovane, di sesso maschile, istruito e specializzato e da imprese che hanno instaurato una collaborazione per incentivare la digitalizzazione (Gnesi, 2022).

3.4 Le tecnologie digitali nell'Agricoltura 4.0

L'Agricoltura 4.0 è caratterizzata dall'adozione delle tecnologie digitali, le quali consentono di supportare le imprese agricole nelle attività quotidiane e soprattutto nella pianificazione e sviluppo di strategie utili al raggiungimento degli obiettivi pianificati. Attraverso le tecnologie digitali, le imprese agricole riescono a risolvere i rischi, come quelli derivanti dai cambiamenti climatici (Khan et al., 2022; Weber et al., 2022), ma soprattutto, stabilizzare la situazione economica (Weber et al., 2022). Al giorno d'oggi, l'offerta di tecnologie digitali per le imprese agricole è molto vasta ma la loro adozione richiede una riorganizzazione interna dei processi produttivi e organizzativi (Gerli et al., 2022), considerando che ogni singola impresa è differente rispetto alle altre. Infatti, all'interno di ogni impresa agricola possiamo trovare un livello di digitalizzazione differente che dipende da una

serie di fattori che incidono sul livello adozione delle tecnologie digitali. Infatti, ciascuna impresa agricola è caratterizzata da un differente livello di adozione, che per semplicità, viene classificato in basso, medio e alto. Nel livello basso, vediamo che le imprese agricole adottano tecnologie digitali semplici, caratterizzate da facilità d'uso; nel livello intermedio, le imprese agricole adottano tecnologie digitali integrate nei processi produttivi, così da garantire uno sviluppo crescente e innovativo, caratterizzato principalmente dalla raccolta ed elaborazione dati. Infine, nel livello alto, notiamo che le imprese agricole utilizzano tecnologie digitali molto avanzate, basate principalmente sull'intelligenza artificiale e machine learning, con l'obiettivo di creare un'organizzazione completamente automatizzata (Valiyev, 2022). Considerando l'attuale contesto delle imprese agricole italiane, possiamo affermare che, secondo i livelli adozione appena descritti, le imprese si trovano a un livello essenzialmente basso. Infatti, secondo i dati ottenuti attraverso il settimo censimento dell'agricoltura italiana dell'ISTAT, notiamo che il numero di imprese che nel 2020 utilizza strumenti e tecnologie digitali nelle imprese agricole è aumentato rispetto al 2010, ma risulta come avere livelli molto bassi e pari al 16%, considerando l'intero territorio nazionale. I dati raccolti mostrano che solamente un'impresa agricola su dieci ha effettuato investimenti in ottica di digitalizzazione soprattutto per incentivare la meccanizzazione delle attività, gli impianti e la semina, la lavorazione dei suoli e infine gli impianti di irrigazione. Considerando tali informazioni, non è ancora possibile estendere il fenomeno ad un livello nazionale (ISTAT, 2022). Dalla letteratura abbiamo potuto identificare la presenza di una vastità di tecnologie che possono essere utilizzate nelle imprese agricole, le quali consentono, a livello generale, di ridurre la manodopera e propongono la creazione di nuovi modelli di business a basso impatto ambientale, così da migliorare le prestazioni delle imprese agricole (Pivoto et al., 2019; Shen et al., 2022; Singh et al., 2020; Weber et al., 2022). Per semplicità, abbiamo raccolto tutte le tecnologie digitali individuate in letteratura e classificate in quattro differenti gruppi, associando per ciascun gruppo, le tecnologie digitali che svolgono attività simili (Qi et al., 2021). La tabella 2 di seguito mostra il portafoglio di tecnologie che abbiamo realizzato estrapolando e classificando le tecnologie digitali dalla letteratura, mentre nei sotto paragrafi seguenti, abbiamo descritto i quattro gruppi di tecnologie digitali.

Tabella 2. Portafoglio delle tecnologie digitali

RiTipologia di tecnologia digitale	Tecnologie	Articolo
Tecnologie per la raccolta dati	Radio frequency Identification (RFID)	(Armstrong et al., 2010; Kidd, 2012; Kitouni et al., 2018; Rijanto, 2020; Yusoff et al., 2021)
	Sensori per la raccolta informazioni	(Gill et al., 2017; Krishnan, 2019; Lioutas et al., 2021; Maffezzoli et al., 2022; Rijanto, 2020; Rijswijk et al., 2021; Ruffoni & Reichert, 2022; Si et al., 2022; Singh et al., 2020; Suresh & Venkateswara Prasad, 2019; Zavorodnii et al., 2021)
	Smartphone	(Armstrong et al., 2010; Dannenberg & Lakes, 2013; Okonkwo et al., 2020; Shen et al., 2022)
	Sistema di posizionamento globale (GPS)	(Aubert et al., 2012; Chen et al., 2020; Ibrahim et al., 2018; Krishnan, 2019; Zavorodnii et al., 2021)
	Sistema satellitare globale di navigazione (GNSS)	(Zavorodnii et al., 2021)
	Macchine agricole automatizzate	(Ibrahim et al., 2018; Navakitkanok & Chandrachai, 2020; Shen et al., 2022)
	Macchine agricole automatizzate	(Aivazidou & Tsolakis, 2022; Kudryavtseva & Skhvediani, 2020; Lioutas et al., 2021; Maffezzoli et al., 2022; Zavorodnii et al., 2021)
	Droni	(Maffezzoli et al., 2022; Ronaghi & Forouharfar, 2020; Shen et al., 2022; Wolfert et al., 2017; Zavorodnii et al., 2021)
	E-commerce	(Chuang et al., 2020; Dannenberg & Lakes, 2013; Lin et al., 2020; Shen et al., 2022; Zavorodnii et al., 2021)
	Applicazioni mobile	(Okonkwo et al., 2020; Zavorodnii et al., 2021)
Tecnologie per la trasmissione dati	Internet	(Armstrong et al., 2010; Khan et al., 2022; Moon et al., 2010; Navimipour et al., 2018; Shen et al., 2022; Singh et al., 2020; Sondhi, n.d.; Zavorodnii et al., 2021)
	Wi-fi	(Krishnan, 2019)
	Satellite	(Lioutas et al., 2021; Rijanto, 2020; Shen et al., 2022)
	Connessione a Internet via cavo	(Rijanto, 2020)
	Rete mobile 2G/3G/4G/5G	(Maffezzoli et al., 2022; Rijanto, 2020; Si et al., 2022)

Tabella 2. Portafoglio delle tecnologie digitali

Tecnologie per l'archiviazione dati	Sistemi Cloud	(Gill et al., 2017; Maffezzoli et al., 2022; Ronaghi & Forouharfar, 2020; Si et al., 2022; Zscheischler et al., 2022)
	Big Data	(Carmela Annosi et al., 2020; Chen et al., 2020; Chuang et al., 2020; Ibrahim et al., 2018; Kshetri, 2021; Lioutas et al., 2021; Maffezzoli et al., 2022; Ronaghi & Forouharfar, 2020; Wolfert et al., 2017; Zavorodnii et al., 2021)
	Sistemi di Blockchain	(Chen et al., 2020; Klerkx et al., 2019a; Kshetri, 2021; Li et al., 2020; Maffezzoli et al., 2022; Osmanoglu et al., 2020; Rijanto, 2020; Shen et al., 2022; Zavorodnii et al., 2021)
	Machine Learning	(Maffezzoli et al., 2022)
	Intelligenza artificiale	(Lioutas et al., 2021; Maffezzoli et al., 2022; Rijswijk et al., 2019; Ronaghi & Forouharfar, 2020; Shen et al., 2022; Sondhi, n.d.; Teniwut et al., 2017; Valiyev, 2022; Zavorodnii et al., 2021)
Tecnologie per l'elaborazione dati	Sistemi a supporto delle decisioni	(Gill et al., 2017; Giua et al., 2021; Krishnan, 2019; Razilan Abdul Kadir et al., 2019; Teniwut et al., 2017)
	Sistemi informativi per la gestione agricola	(Gill et al., 2017; Giua et al., 2021; Moga et al., 2012; Razilan Abdul Kadir et al., 2019; Shen et al., 2022; Tummers et al., 2019)
	Sistema informativo geografico (GIS)	(Armstrong et al., 2010; Aubert et al., 2012; Gill et al., 2017; Krishnan, 2019; Maffezzoli et al., 2022; Zavorodnii et al., 2021)
	Realtà virtuale e aumentata	(Maffezzoli et al., 2022; Si et al., 2022; Zavorodnii et al., 2021)
	Elaborazione immagini	(Maffezzoli et al., 2022)

3.4.1 Tecnologie per la raccolta dati

Le tecnologie per la raccolta dati comprendono tutte le tecnologie in grado di raccogliere i dati (Maffezzoli et al., 2022). La raccolta dati consente alle imprese agricole di ridurre i costi di gestione delle informazioni, soprattutto dal punto di vista amministrativo, e migliorare la qualità e l'efficienza delle prestazioni, superando la praticità delle informazioni raccolte attraverso strumenti cartacei. Nelle imprese agricole, le più importanti tecnologie digitali di raccolta dati utilizzate sono i

droni, spesso integrati con altre tecnologie (Duangsuwan et al., 2020; Maffezzoli et al., 2022; Ronaghi & Forouharfar, 2020; Shen et al., 2022) come il Global Position System (GPS), il Global Navigation Satellite System (GNSS), Internet of Things (IoT) oppure i sensori, i quali raccolgono informazioni riguardo le condizioni meteorologiche, qualità del suolo e bestiame poiché vengono installati direttamente nei suoli o negli allevamenti (Krishnan, 2019; Si et al., 2022; Suresh & Venkateswara Prasad, 2019; Zavorodnii et al., 2021). Troviamo poi i robot, i quali contribuiscono all'automazione delle operazioni nei processi aziendali e sono in grado di eseguire specifiche iniziative e raccogliere dati nei campi e negli allevamenti (Kudryavtseva & Skhvediani, 2020; Maffezzoli et al., 2022). Anche i telefoni cellulari sono tecnologie che raccolgono informazioni, ma è anche uno dei primi canali di comunicazione che permette di soddisfare le esigenze degli agricoltori e di tutti gli stakeholder coinvolti nei processi (Moon et al., 2010; Okonkwo et al., 2020; Shen et al., 2022). Altre tecnologie come l'e-commerce, permettono la raccolta di dati dai clienti e prodotti, riducendo le asimmetrie informative (Lin et al., 2020; Shen et al., 2022). Infine, troviamo le macchine automatizzate che raccolgono dati direttamente dai campi (Shen et al., 2022), spesso caratterizzati da guida autonoma.

3.4.2 Tecnologie per la trasmissione dati

In questo gruppo abbiamo classificato tutte le tecnologie digitali che permettono di far veicolare le informazioni ed incentivano la comunicazione a basso, medio e lungo raggio (Maffezzoli et al., 2022; Rijanto, 2020). Le comunicazioni a lungo e medio raggio avvengono attraverso la rete internet (Shen et al., 2022; Zavorodnii et al., 2021), disponibile in modalità fissa o mobile. La rete mobile è caratterizzata dalla velocità di connessione 2G/3G/4G/5G (Maffezzoli et al., 2022). Infine, la trasmissione a basso raggio avviene attraverso le tecnologie *Cable internet connection*, Bluetooth, Wi-Fi (Krishnan, 2019; Rijanto, 2020).

3.4.3 Tecnologie per l'archiviazione dati

In questa sezione abbiamo classificato tutte le tecnologie digitali in grado di trasferire i dati raccolti attraverso la rete senza la necessità di interazione uomo-uomo o uomo-computer, conservando le informazioni per operazioni in corso d'opera o future (Maffezzoli et al., 2022). In questo gruppo troviamo i *big data*, i sistemi *cloud* e la *blockchain*. I *big data* sono i dati raccolti dalle imprese, i quali sono utilizzati per la gestione e il monitoraggio delle attività (Maffezzoli et al., 2022; Wolfert et al., 2017; Zavorodnii et al., 2021). Il sistema *cloud* è basato su server ai quali possiamo accedere attraverso internet e da software e database, disponibili attraverso i server. I server cloud non hanno necessariamente un datacenter installato nelle imprese, ma la loro posizione potrebbe essere sparsa in tutto il mondo. Attraverso il cloud, è possibile raccogliere e gestire i dati attraverso uno specifico algoritmo e spesso è integrato con tecnologie come Internet of Things (IoT) (Si et al.,

2022; Zavhorodnii et al., 2021). Infine, la *blockchain*, è una piattaforma database che contiene dati continuamente aggiornati, ed è una tecnologia che sta riscuotendo maggiore interesse nelle imprese agricole, poiché permette la tracciabilità del prodotto lungo l'intera filiera produttiva (Osmanoglu et al., 2020; Rijanto, 2020; Zavhorodnii et al., 2021).

3.4.4 Tecnologie per l'elaborazione dati

Infine, nell'ultimo gruppo, abbiamo classificato le tecnologie per l'elaborazione dei dati, in grado di analizzare i dati raccolti per produrre risultati e informazioni utili per le imprese agricole. In questo gruppo troviamo l'intelligenza artificiale (AI) e il Machine Learning (ML), due metodologie utilizzate per l'analisi dei dati (Maffezzoli et al., 2022). Il ML utilizza algoritmi per analizzare previsioni storiche ed effettua valutazioni su specifiche prestazioni; mentre l'AI cerca di migliorare i processi decisionali estrapolando i dati raccolti per identificare problematiche, cause ed effetti e fornire soluzioni (Lioutas et al., 2021; Shen et al., 2022; Zavhorodnii et al., 2021). Il data mining è una tecnica utilizzata per analizzare i dati e generare informazioni rilevanti, nuovi modelli e tendenze sconosciute (Bansal, 2020; Carolyn Mackrell & Veronica Boyle, 2010). In questo gruppo rientrano anche i sistemi informativi come i Geographic Information System (GIS), i Decision Support System (DSS) e i Farm Management Information System (FMIS). I GIS associano i dati alla posizione geografica realizzando una mappatura, elaborano ed estraggono informazioni (Aubert et al., 2012; Gill et al., 2017; Maffezzoli et al., 2022; Zavhorodnii et al., 2021). I DSS analizzano, completano, suggeriscono i dati raccolti mostrando valutazioni, risultati e conclusioni (Krishnan, 2019; Teniwut et al., 2017). Infine, i FMIS sono sistemi pianificati che raccolgono, elaborano, archiviano e diffondono informazioni per una corretta e migliore gestione dell'impresa agricola (Bitrus et al., 2019; Gill et al., 2017; Khanh Chi, 2022; Pivoto et al., 2019).

3.5 *Cambiamento e resistenza organizzativa*

L'agricoltura 4.0 richiede cambiamenti organizzativi, in alcune situazioni, potremmo trovarci di fronte a situazioni di resistenza al cambiamento. I cambiamenti organizzativi sono definiti come evoluzioni dei comportamenti umani generati dall'introduzione di tecnologie nella vita quotidiana e sono influenzati dalle organizzazioni, le quali sono caratterizzate da un'evoluzione - di tipo incrementale - in grado di apportare lievi miglioramenti ai processi, ai prodotti e ai servizi già esistenti (Knierim et al., 2019). Inizialmente, i cambiamenti incrementali erano legati essenzialmente al miglioramento delle tecnologie, le quali riuscivano ad apportare un maggiore controllo e coordinamento nell'organizzazione. Al giorno d'oggi, vediamo che le tecnologie digitali riescono a modificare le modalità in cui l'organizzazione opera, richiedendo maggiore collaborazione nella loro

adozione. Infatti, possiamo notare che le imprese agricole decidono di adottare le tecnologie digitali solo se, la loro organizzazione, è caratterizzata da una accesa collaborazione, caratterizzata da differenti livelli di conoscenza e sostenimento di eventuali costi (Rijswijk et al., 2019).

I cambiamenti nell'organizzazione sono continui e, in molti casi, le imprese agricole devono essere in grado di mantenere un livello di stabilità interna dell'organizzazione, dove la consapevolezza rappresenta un requisito essenziale. Tali cambiamenti organizzativi avvengono essenzialmente per fasi, le quali si avviano attraverso la sostituzione delle tecnologie analogiche con le tecnologie sempre più digitali, fino ad attivare ad avere dati digitali utili per il processo decisionale (Snow et al., 2017). In molte situazioni, notiamo che le organizzazioni si trovano in situazioni sfavorevoli che incidono sulla probabilità di attuare comportamenti volti alla resistenza verso il cambiamento, causati essenzialmente dalla digitalizzazione che, ad oggi, non è ancora applicabile a livello radicale in tutte le imprese agricole. Le resistenze dipendono principalmente dalla revisione da una diminuzione di lavoratori (Hirst & Humphreys, 2015), ma anche da un'ambiente organizzativo interno che non è in grado di adattarsi al cambiamento e perciò non ha un atteggiamento flessibile. Altre resistenze sono riconducibili alla gestione delle informazioni in relazione alla privacy e alla volontà di restare tradizionali (Snow et al., 2017) dato che, le tecnologie, non sono considerate elementi essenziali per raggiungere l'efficienza e incrementare la produttività delle imprese agricole (Eastwood et al., 2017).

3.6 Cambiamento e resistenza organizzativa dell'Agricoltura 4.0

L'Agricoltura 4.0, perciò, necessita di cambiamenti organizzativi che dipendono da una serie di fattori, e tra questi prevalgono i rapporti di collaborazione – interni ed esterni - spesso difficili da realizzare, ma essenziali perché permettono l'identificazione di problematiche e la possibilità di raggiungere obiettivi aziendali che necessitano dell'integrazione di varie attività svolte da stakeholder differenti (Michels et al., 2020). Attraverso i rapporti di collaborazione, le imprese agricole diventano anche partner di progetti di ricerca utili per innovare e incentivare il know-how (Snow et al., 2017)

Il cambiamento organizzativo dipende anche dalle competenze dei lavoratori, le quali devono essere sempre più digitali. Le organizzazioni devono comprendere i requisiti tecnologici necessari per attuare cambiamenti, introducendo tecniche sempre più innovative e in grado di sostituire le competenze considerate ormai obsolete (van der Burg et al., 2019) attraverso una riqualificazione dei dipendenti già esistenti oppure procedendo con nuove assunzioni (Rijswijk, K., Klerkx, L., Turner). L'adozione delle tecnologie digitali modifica anche il contesto organizzativo interno, dove la cultura aziendale rappresenta uno degli elementi essenziali. In questo caso, un'organizzazione basata principalmente sulle persone, necessita di un atteggiamento collaborativo e agile. Infine, il

cambiamento avviene nelle pratiche organizzative, coinvolgendo tutte le attività svolte da stakeholder interni ed esterni all'impresa agricola.

Dato che l'agricoltura 4.0 è attualmente un'esperienza ancora limitata e in fase di sviluppo, abbiamo identificato in letteratura delle resistenze al cambiamento. Ad esempio, le tecnologie digitali integrate nei processi delle imprese agricole possono sostituire il lavoro umano, ma necessitano di investimenti di tipo finanziario per essere adottate. In altre situazioni, le imprese agricole sono difficili da cambiare a causa dell'ambiente organizzativo, molto tradizionale, che non è in grado di adattarsi alle continue evoluzioni del mondo digitale. Disporre di un ambiente organizzativo tradizionale, stabile e restio dal cambiare, non permette di attuare cambiamenti. La resistenza al cambiamento dipende anche dalla fiducia sulla trasparenza di dati e informazioni, ma anche dalla preferenza di proseguire un processo decisionale basato sull'esperienza piuttosto che sui dati (Rijswijk, K., Klerkx, L., Turner, J.A). La resistenza dipende anche dalla mancanza di risorse, principalmente finanziarie, che permettono alle imprese agricole di disporre di risorse sufficienti per adottare le tecnologie digitali. Resistenze al cambiamento dipendono anche dalla necessità di disporre di competenze necessarie (Verdouw et al., 2021) e dalla mancanza di una strategia organizzativa. Infatti, in assenza di specifiche strategie, le imprese agricole non sono in grado di affrontare le sfide, di guidare i processi industriali, di risolvere i problemi e di individuare nuove tecniche e competenze per i lavoratori (Snow et al., 2017). Inoltre, sarà difficile cambiare le industrie che vogliono mantenere un'organizzazione gerarchica, poiché quest'ultima è efficace in ambienti stabili e prevedibili, dove non ci sono cambiamenti (Rijswijk, K., Klerkx, L., Turner).

4 I fattori di adozione delle tecnologie digitali nell'Agricoltura 4.0

Le tecnologie digitali permettono di attuare numerosi miglioramenti nelle imprese agricole, dal punto di vista economico, tecnologico e organizzativo (Cannas, 2021). Le tecnologie digitali, nel contesto di Agricoltura 4.0, introducono nuovi metodi di coltivazione e allevamento, modificando i processi aziendali che diventano sempre più incentrati sui dati (Spanaki et al., 2021; Zscheischler et al., 2022). L'obiettivo della nostra tesi è quello di identificare un elenco esaustivo di fattori che incentivano il processo di digitalizzazione nelle imprese agricole. I fattori possono assumere ruoli differenti nelle fasi di adozione delle tecnologie digitali. Per tale motivo, consideriamo *fattori abilitanti* e *barriere* tutti quei fattori che hanno, rispettivamente, un impatto positivo e negativo durante le fasi di preadozione e adozione delle tecnologie. Infine, consideriamo *risultati*, i fattori che sono in grado di generare cambiamenti nelle dimensioni organizzative, interne ed esterne alle imprese (Cagnetti & Braccini, 2023). L'analisi dei fattori, soprattutto nella loro classificazione, tiene conto della prospettiva sociotecnica, la quale considera la tecnologia come l'interazione tra tecnologia-individuo-organizzazione (Appelbaum, 1997). I paragrafi seguenti ci permettono di rispondere alla domanda RQ2 e alle sotto domande, descrivendo la metodologia che abbiamo utilizzato per identificare e classificare i fattori e successivamente, la descrizione di ogni singolo fattore individuato. I fattori, classificati in fattori abilitanti, barriere e risultati di adozione, vengono analizzati secondo il modello TOE.

4.1 Le barriere di adozione

L'adozione delle tecnologie digitali di Agricoltura 4.0 è spesso limitata dalla presenza di una serie di barriere che possono disincentivare l'adozione e causare una serie di problematiche (Valiyev, 2022).

Una delle prime barriere di Agricoltura 4.0 che abbiamo individuato in letteratura riguarda il *comportamento degli adottanti*, ovvero gli stakeholder interni all'impresa agricola. Gli stakeholder interni hanno un ruolo centrale per la produzione e inserimento dei dati (Teniwut et al., 2017). Tra gli stakeholder interni più rilevanti troviamo gli agricoltori, i quali possono assumere anche la figura dell'imprenditore sulla base di specifiche caratteristiche aziendali (Aivazidou & Tsolakis, 2022). Gli agricoltori sono tutti coloro che svolgono a tempo parziale o pieno varie attività che dipendono dal tipo di industria agricola, come la coltivazione della terra, le colture o l'allevamento di animali (McElwee & Smith, 2005). L'agricoltore può anche essere un imprenditore, chiamato imprenditore agricolo, in cui gestisce l'impresa agricola cercando di espandere le proprie capacità imprenditoriali e manageriali per raggiungere gli obiettivi prefissati (Gray, 2002). Gli stakeholder esterni sono

rappresentati da quelle figure che osservano i risultati delle imprese agricole e suggeriscono delle situazioni migliori (Teniwut et al., 2017). Gli stakeholder possono avere atteggiamenti scettici e conservatori verso l'agricoltura 4.0 e preferiscono continuare ad utilizzare tecniche di produzione tradizionali (Gerli et al., 2022a). Gli atteggiamenti negativi dipendono principalmente dalla mancanza di competenze, al fatto di non sapersi adattare alla modernità con conseguente adozione delle tecnologie digitali e infine, alla mancanza di fiducia verso i cambiamenti introdotti dall'Agricoltura 4.0 (Moga et al., 2012).

Altra barriera importante è rappresentata dalla mancanza di *rapporti di collaborazione* tra imprese, caratterizzata dall'assenza di rapporti tra stakeholder interni ed esterni all'impresa. Ad esempio, potrebbe non esistere un rapporto di collaborazione tra gli sviluppatori di software per usi agricoli e gli utenti finali (le imprese agricole) (Moga et al., 2012), oppure tra settore pubblico e privato (Carmela Annosi et al., 2020). È possibile distinguere la mancanza di collaborazione in tre livelli: (1) mancanza di collaborazione dell'utente causato dalla sua mentalità e propensione all'innovazione; (2) mancanza di collaborazione di stakeholder per la propensione verso il sostenimento di costi; (3) collaborazione con stakeholder che non hanno propensione a adottare le tecnologie digitali e nuove soluzioni in grado di garantire e soddisfare i bisogni (Carmela Annosi et al., 2020).

Anche l'*età* rappresenta una barriera importante. Infatti, solamente le nuove generazioni, con maggiori competenze e capacità, hanno la propensione a trasformare e digitalizzare le imprese (Giua et al., 2021), rispetto agli agricoltori più anziani (Carmela Annosi et al., 2020).

Anche la *dimensione delle imprese* rappresenta una barriera che necessita di essere studiata. Tale barriera evidenzia che sono principalmente le grandi imprese ad avviare un processo di digitalizzazione, rispetto alle piccole imprese che non dispongono di risorse necessarie per trasformarsi (Lioutas et al., 2021).

Successivamente troviamo i *modelli di business* adottati dalle imprese agricole, i quali risultano tradizionali e non sono in grado di introdurre le innovazioni, sia dal punto di vista delle competenze che gli utenti devono avere per utilizzare le tecnologie sia dal punto di vista finanziario. La causa di questa barriera dipende dal fatto che le innovazioni in ambito agricolo sono spesso studi accademici ed è difficile applicare un modello di business teorico in una realtà imprenditoriale (Sibona et al., 2020b). Spesso gli agricoltori preferiscono continuare ad utilizzare il loro modello di business senza superare le metodologie tradizionali di produzione (Chuang et al., 2020).

La mancanza di *competenze* rappresenta un'altra delle barriere più rilevanti che comporta resistenze verso l'agricoltura 4.0 (Aivazidou & Tsolakis, 2022; Rijswijk et al., 2021). Dato che l'Agricoltura 4.0 è appena iniziata, gli stakeholder interni ed esterni alle imprese agricole non dispongono di competenze e conoscenze digitali, così da incentivare l'utilizzo di pratiche produttive

tradizionali (Hassan et al., 2020; Pivoto et al., 2019; Zscheischler et al., 2022). Tra gli stakeholder esterni troviamo: fornitori, agronomi, ricercatori e investitori. I fornitori di attrezzature e materiali necessari per le attività di agricoltura, mentre gli agronomi, sono figure che visitano frequentemente le imprese agricole per avere informazioni sulle colture e offrire soluzioni, per risolvere problematiche legate alla produzione (Rijanto, 2020). I ricercatori sono esperti del settore che lavorano in progetti di ricerca, associazioni e università, ed operano su attività relative all'agricoltura (Weber et al., 2022). Attraverso i progetti di ricerca, è necessario offrire alle imprese soluzioni produttive migliori, dal lato della produttività, economicità ma anche sostenibilità. Infine, gli investitori sono figure che finanziano le imprese agricole, e consentono la possibilità di avviare investimenti per l'adozione di nuove pratiche produttive, in grado di risolvere problemi legati alla produzione e sostenibilità ambientale (Sibona et al., 2020b). Nella mancanza di competenze rientra anche l'assenza di familiarità con termini specifici relativi all'agricoltura 4.0 nelle imprese agricole (Binsardi & Ahmed, 2013) e nella traduzione delle conoscenze e informazioni utilizzando lo stesso linguaggio (Carmela Annosi et al., 2020).

Procedendo, un'altra barriera rilevante riguarda i problemi nella *sicurezza e diffusione dei dati* causati da attacchi informatici o manipolazioni. La privacy e la sicurezza rappresentano due concetti rilevanti in tema di Agricoltura 4.0 dato il crescente utilizzo di tecnologie per raccolta, analisi ed elaborazione dati. La privacy è il diritto di controllare le informazioni personali e il loro utilizzo, mentre la sicurezza è la protezione delle informazioni personali (Singh et al., 2020). I dati generati dalle moderne tecnologie digitali sono in grado di influenzare i comportamenti e i processi decisionali delle imprese agricole e necessitano di una corretta e intensa gestione, per evitare una fuoriuscita e manomissione (Shen et al., 2022).

Altra barriera molto rilevante è la mancanza di *un'infrastruttura di cyber security*, la quale consente di contrastare eventuali attacchi interni ed esterni di fughe di dati e informazioni (Singh et al., 2020; van der Burg et al., 2019).

Successivamente, un'altra barriera importante è rappresentata dalle *complessità tecnologiche*. La barriera dipende principalmente dalla complessità di implementare le tecnologie digitali a causa della relazione tra mancanza di collaborazione e le competenze rappresentate, ad esempio, dagli sviluppatori delle tecnologie digitali (Couper, 2000; Razilan Abdul Kadir et al., 2019; Regan, 2019; Yoon et al., 2020).

Anche la mancanza di *stimoli finanziari* adeguati da parte del governo rappresenta una delle barriere più rilevanti. Per adottare le tecnologie digitali di Agricoltura 4.0, le imprese agricole devono sostenere dei costi anche se non tutte le imprese dispongono di risorse finanziarie necessarie (Carmela Annosi et al., 2020), come le piccole e medie imprese che hanno un capitale ridotto. Infatti, attuare investimenti in assenza di coperture finanziarie adeguate, è considerata un'attività rischiosa in grado

di causare perdite economiche (Aivazidou & Tsolakis, 2022; Gerli et al., 2022a; Giua et al., 2021). L'assenza di interventi governativi non permette di affrontare i divari digitali (Klerkx et al., 2019a), comportando problemi a livello di sistema e per gli agricoltori e problematiche di upscaling e outscalling (Carmela Annosi et al., 2020).

Continuando, vediamo che l'agricoltura 4.0 è spesso limitata dall'assenza di *quadri normativi* (Aivazidou & Tsolakis, 2022; Vargas-Canales et al., 2018). L'Agricoltura 4.0 necessita di norme e codici di condotta utili per definire i ruoli e le attività delle imprese agricole (Eastwood et al., 2019), data la presenza di una serie di normative e standard in continua evoluzione (Galliano & Orozco, 2013).

Altra barriera identificata dalla letteratura riguarda l'impossibilità di identificare *miglioramenti della performance aziendali* a seguito dell'adozione delle tecnologie digitali, dal punto di vista organizzativo e tecnologico (Carmela Annosi et al., 2020; Zscheischler et al., 2022).

Successivamente, un altro fattore rilevante è rappresentato dall'assenza di *indicatori di valutazione* delle tecnologie digitali rispetto l'attività lavorativa dell'individuo. Tale barriera mostra l'assenza di metodologie adeguate in grado di valutare come, l'adozione delle tecnologie digitali, influenzano il lavoro all'interno dell'organizzazione e soprattutto la convenienza ad adottarle (Weber et al., 2022).

Infine, un'altra barriera è rappresentata dalla *resistenza al cambiamento*, individuale per ogni singola impresa agricola. Infatti, la resistenza al cambiamento dipende dall'insoddisfazione delle attività operative dell'organizzazione, soprattutto perché le tecnologie digitali non sono in grado di fornire miglioramenti (Aivazidou & Tsolakis, 2022). L'insoddisfazione dell'agricoltura 4.0 nasce non solo a livello organizzativo, ma anche tecnologico e finanziario (Chaudhuri & Kendall, 2021; Moga et al., 2012). La tabella 3 seguente sintetizza le barriere appena descritte, suddivise per ambito di interesse.

Tabella 3. Classificazione delle barriere per aree di interesse

Economici	Organizzativi	Demografici	Comportamentali	Tecnologici
Stimoli finanziari	Rapporti di Età collaborazione		Resistenza al cambiamento	Competenze
Quadri normativi	Modelli di business		Comportamento degli adottanti	Sicurezza e diffusione dati
	Dimensione delle imprese		Indicatori di valutazione delle prestazioni	Complessità tecnologiche
	Miglioramento performance aziendale			
	Infrastruttura di cyber security			

4.2 I fattori abilitanti dell'agricoltura 4.0

Per incentivare l'agricoltura 4.0 nelle imprese agricole, è necessario identificare una serie di fattori abilitanti che aiutano ad avviare il processo di cambiamento, con la conseguente adozione delle tecnologie digitali (Singh et al., 2020; Tolentino & Hernandez, 2020).

Uno dei più importanti fattori è rappresentato dal *comportamento degli adottanti*, rappresentati dagli stakeholder interni ed esterni **che** adottano comportamenti necessari per incentivare il cambiamento delle imprese agricole verso l'agricoltura 4.0 (Ibrahim et al., 2018). Gli stakeholder svolgono un ruolo fondamentale perché oltre ad avere delle proprie caratteristiche individuali, definiscono strategie organizzative in grado di modificare le attività produttive delle imprese agricole, affrontando sfide legate alla sostenibilità economica, sociale e ambientale. Gli stakeholder interni ed esterni spesso sono coinvolti in progetti di ricerca, con Università e centri di ricerca, con l'obiettivo di incentivare la conoscenza e il trasferimento tecnologico, sviluppando know-how e testando nuove tecnologie (Regan, 2021). Gli stakeholder interni ed esterni sono in continua evoluzione nel contesto di Agricoltura 4.0, infatti continuamente nascono nuovi stakeholder con competenze digitali sempre più elevati, che possiamo chiamare esperti di IT, oppure stakeholder disposte a finanziare nuove imprese agricole digitali (Zscheischler et al., 2022). Le nuove figure necessitano di norme per essere disciplinate, così da promuovere e implementare nuovi modelli organizzativi e creare una rete di collaborazione tra differenti comunità (Sibona et al., 2020b; Vargas-Canales et al., 2018; Zscheischler et al., 2022). Disporre di stakeholder con atteggiamenti positivi e propensi verso l'agricoltura 4.0, permette di modificare completamente le imprese agricole attraverso l'introduzione di nuove metodologie di produzione e innovazioni (Gerli et al., 2022a).

L'*integrazione informazioni nell'organizzazione* rappresenta un ulteriore fattore abilitante, il quale contribuisce all'adozione diffusa nell'organizzazione delle tecnologie digitali, e l'utilizzo di informazioni in modo affidabile e tempestivo (Dannenberg & Lakes, 2013). La disponibilità delle informazioni permette di ridurre l'isolamento nelle imprese agricole, incrementando le relazioni non solo di tipo commerciale, e la loro efficienza produttiva (Carmela Annosi et al., 2020; Dannenberg & Lakes, 2013).

Continuando, tra i fattori abilitanti più rilevanti troviamo la creazione di nuovi *modelli di business*, ovvero modelli di business basati sulle tecnologie digitali che consentono di migliorare i ricavi, diminuire i costi (Carmela Annosi et al., 2020) e propongono nuovi metodi decisionali basati sui dati (Wolfert et al., 2017). I nuovi modelli organizzativi dipendono dalle capacità delle imprese agricole di disporre di risorse, routine e processi in grado di percepire il cambiamento e adattare l'impresa alle innovazioni (Ruffoni & Reichert, 2022).

Per incentivare l'agricoltura 4.0, un altro fattore abilitante notevole è rappresentato dalla creazione di *rapporti di collaborazione* tra imprese che possono verificarsi tra singole imprese agricole oppure in partenariati pubblico-privati (Carmela Annosi et al., 2020). La collaborazione viene definita come un lavoro congiunto tra più imprese che genera relazioni in grado di gestire le operazioni seguendo le strategie e gli obiettivi stabiliti. La collaborazione consente la condivisione di dati, informazioni e risultati per il raggiungimento degli obiettivi, condivisione di risorse e creazione di nuove conoscenze (Spanaki et al., 2021), la realizzazione di un ambiente di lavoro collaborativo tra le parti interessate (Sibona et al., 2020b), con l'intenzione di migliorare l'apprendimento sociale e istituzionale (Chaudhuri & Kendall, 2021). Attraverso i rapporti di collaborazione è possibile superare la mancanza di risorse necessarie per attuare cambiamenti, non solo in ambito economico ma anche organizzativo, tecnologico e sociale (Carmela Annosi et al., 2020; Ibrahim et al., 2018). Infine, i rapporti di collaborazione possono verificarsi solamente se esistono rapporti di fiducia (Vargas-Canales et al., 2018), impegno (Zeng & Lu, 2021) e una buona governance, in grado di gestire attraverso accordi formali o informali, la cooperazione tra le imprese ed evitare il rischio contrattuale tra le imprese (Wolfert et al., 2017).

Un altro fattore abilitante è rappresentato dalle *competenze* possedute dagli stakeholder interni ed esterni all'impresa agricola, così da migliorare le pratiche produttive (Cannas, 2021; Pivoto et al., 2019). In molti casi, le imprese agricole incrementano le competenze attraverso nuovi contenuti educativi o promuovendo apprendimenti personalizzati per gli stakeholder interni alle imprese (Carmela Annosi et al., 2020; Valsamidis et al., 2015). Nel contesto di Agricoltura 4.0, tra gli stakeholder interni prevalgono gli esperti di IT, i quali possiedono capacità informatiche che permettono di analizzare e trasmettere dati e informazioni, gestire in modo efficiente i processi e tracciare i prodotti attraverso la condivisione di informazioni (Pivoto et al., 2019; Zeng & Lu, 2021). Attraverso le capacità informatiche, gli esperti di IT influenzano le prestazioni aziendali sviluppando capacità organizzative (Lin et al., 2020) e operative, generando migliori risultati in termini di innovazione e redditività (Cannas, 2021).

Continuando troviamo gli *stimoli finanziari* concessi dal governo, ovvero una base economica che incentiva l'Agricoltura 4.0 (Rijanto, 2020; Vargas-Canales et al., 2018). Gli incentivi fiscali e finanziari sono delle opportunità in grado di promuovere cambiamenti e innovazioni (Rieple & Snijders, 2018). Attraverso gli incentivi fiscali e finanziari concessi dal governo, le imprese attuano programmi e miglioramenti nelle imprese agricole in grado di migliorare le attività produttive (Kidd, 2012). In alcuni casi, le imprese agricole entrano a far parte di progetti finanziati attraverso fondi pubblici o privati, che oltre a finanziare la ricerca in tale ambito, incentivano le imprese ad attuare un approccio strategico, dove l'**opportunità di sovvenzioni per la ricerca e sviluppo (R&D)** rappresenta un ulteriore fattore abilitante (Regan, 2021).

Altro fattore abilitante è rappresentato da un'*ambiente dinamico e flessibile* che caratterizza l'intera organizzazione. Questo permette di identificare e comprendere cambiamenti e opportunità che influenzano la performance delle imprese agricole (Aubert et al., 2012; Cannas, 2021; Lin et al., 2020).

Continuando, un fattore abilitante importante è rappresentato dalla possibilità di *diffondere i risultati con esperti del settore*. La diffusione dei dati e delle informazioni raccolte e analizzate attraverso le tecnologie digitali aumenta la crescita economica e la produttività delle aziende agricole, così da migliorare le pratiche agricole e ridurre l'asimmetria informativa (Aarthi Dhakshana J.D & Rajandran K.V.R., 2018; Zhang et al., 2018). Attraverso il ruolo degli esperti, come gli agronomi, la diffusione di informazioni facilita l'adozione delle tecnologie introducendo nuove competenze e conoscenze che possono migliorare le pratiche agricole, la gestione dell'azienda e il processo decisionale (Armstrong et al., 2010).

La tabella 4 di seguito sintetizza i fattori abilitanti che abbiamo appena descritto, suddividendoli per ambito di interesse.

Tabella 4. Classificazione fattori abilitanti per ambito di interesse

Economici	Organizzativi	Comportamentali	Tecnologici
Stimoli finanziari	Rapporti di collaborazione	Comportamento degli adottanti	Competenze
Opportunità sovvenzioni di R&S	Modelli di business Integrazione informazioni organizzative Ambiente dinamico e flessibile		Diffusione dei risultati con esperti del settore

4.3 I risultati dell'Agricoltura 4.0

I fattori abilitanti, essendo fattori che incidono sull'adozione, contribuiscono, una volta adottate le tecnologie digitali, a generare risultati, ovvero dei cambiamenti nelle organizzazioni.

I primi risultati dell'analisi di Agricoltura 4.0 sono relative alla *performance aziendale*, definita come l'integrazione di tutte le attività operative che compongono l'organizzazione, con l'obiettivo di migliorare la gestione aziendale, incrementare la capacità di sviluppo dei prodotti e dei servizi per i clienti (Khanh Chi, 2022; Maffezzoli et al., 2022; Navakitkanok & Chandrachai, 2020) e la produzione (Khanh Chi, 2022; Lioutas et al., 2021; Pivoto et al., 2019; Valiyev, 2022). La

performance aziendale viene studiata in termini di dimensioni della produttività, della redditività e del vantaggio competitivo.

Riguardo la *produttività*, l'Agricoltura 4.0 permette di ridurre il tempo utilizzato per le operazioni e aumentare la resa delle produzioni, integrando l'utilizzo dei dati raccolti attraverso le tecnologie digitali (Kudryavtseva & Skhvediani, 2020; Maffezzoli et al., 2022). Dal punto di vista della redditività, le imprese agricole riescono ad incrementare ed ottenere maggiori benefici economici, massimizzano le loro attività ed effettuano investimenti tecnologici per far accrescere sempre di più l'impresa (Khanh Chi, 2022; Vargas-Canales et al., 2018).

Infine, in termini di *vantaggio competitivo*, l'agricoltura 4.0 prevede l'utilizzo di tecnologie digitali, in grado di rendere le imprese agricole sempre più innovative e all'avanguardia rispetto alle imprese del settore che risultano poco innovative perché, per una serie di motivazioni, non hanno avviato processi di trasformazione (Rijswijk et al., 2021; Shen et al., 2022).

Altro risultato importante è rappresentato dalla *diffusione dei dati* che contribuisce al miglioramento dei raccolti e degli allevamenti di bestiame, considerando però che la diffusione deve avvenire nel momento giusto poiché deve contribuire all'individuazione di nuove strategie in grado di superare le tecniche tradizionali finora utilizzate (Armstrong et al., 2010; Sibona et al., 2020b). La possibilità di raccogliere dati in tempo reale permette alle imprese di essere più competitive, perché oltre a migliorare il processo decisionale, sono in grado di ridurre gli impatti ambientali, i costi e migliorare la produttività delle imprese agricole (Chaudhuri & Kendall, 2021; Singh et al., 2020). In ottica organizzativa, la produzione e diffusione dei dati consente la riduzione dell'asimmetria informativa, con conseguente miglioramento della coordinazione tra stakeholder interni ed esterni all'organizzazione (Galliano & Orozco, 2013), ma consentirà alle imprese anche di prendere decisioni in modo tempestivo (Shen et al., 2022). Per diffondere le informazioni, le imprese agricole, oltre ad usufruire delle tecniche tradizionali, possono utilizzare metodologie "open source", rispettando la privacy delle informazioni quando combinano dati pubblici con quelli privati (Sibona et al., 2020b). La diffusione delle informazioni incrementa le conoscenze degli agricoltori e propone la possibilità di rispondere a diverse aspettative delle imprese agricole. Naturalmente, le informazioni devono essere diffuse utilizzando un formato molto semplice e di conseguenza gli agricoltori devono possedere le giuste competenze per interpretare le informazioni (Armstrong et al., 2010).

Successivamente troviamo l'risultati relativo all'*automazione dei processi* che comporta cambiamenti dal punto di vista organizzativo, influenzando la cultura organizzativa ed ottenendo migliori risultati dal punto di vista della performance (Navimipour et al., 2018). L'automazione è in grado di rivoluzionare le pratiche produttive, le quali diventano sempre più digitali e cercano di abbandonare la tradizionalità del settore agricolo (Chuang et al., 2020; Zscheischler et al., 2022). L'automazione dei processi comporta cambiamenti di tipo culturale nelle organizzazioni, creando

lavori specializzati che richiedono competenze ma anche benefici in termini di sostenibilità, produttività ed efficienza (Carmela Annosi et al., 2020). Permette di incrementare la capacità produttiva poiché introduce nuove procedure e maggiori controlli e incentiva una gestione manageriale in grado di utilizzare in maniera efficiente le risorse umane, materiali e finanziarie (Ruffoni & Reichert, 2022). Infine, l'automazione influisce sui processi aziendali, riducendo le competenze decisionali e gestionali in situazioni definite critiche (Zscheischler et al., 2022).

Altro risultato importante è rappresentato dalla necessità di migliorare la *gestione dei processi* aziendali, utilizzando specifiche tecnologie digitali, come i sistemi informativi agricoli, i quali consentono di incrementare l'attività produttiva offrendo informazioni utili al processo decisionale e in grado di incrementare la performance delle imprese (Moga et al., 2012).

Successivamente, un ulteriore fattore identificato è quello della riduzione dei *costi di produzione*, infatti l'adozione delle tecnologie digitali permette di ridurre i costi legati alla produzione che le imprese agricole sostengono durante le loro attività produttive (Chen et al., 2020; Galliano & Orozco, 2013; Khanna, 2020; Vargas-Canales et al., 2018).

Altro risultato importante è rappresentato dal raggiungimento degli *obiettivi aziendali*, ottenuto attraverso l'utilizzo di specifiche strategie, puramente di carattere digitale. L'individuazione di strategie utili nelle imprese agricole consente di raggiungere non solo specifici termini produttivi, ma anche la possibilità di incrementare rapporti di collaborazione attraverso il raggiungimento di obiettivi condivisi (Armstrong et al., 2010; Sibona et al., 2020b; Spanaki et al., 2021).

Infine, troviamo anche l'*organizzazione decentralizzata*. In tal caso, la gestione avviene all'interno delle organizzazioni e tra le organizzazioni stesse (Chen et al., 2020; Galliano & Orozco, 2013). Il potere decisionale decentralizzato riesce ad eliminare tutti gli elementi che caratterizzano la centralizzazione del potere, dove le informazioni sono raccolte e utilizzate dalle posizioni lavorative più vicine ai vertici dell'organizzazione (Chen et al., 2020). Infine, anche in questa sezione, abbiamo riassunto i fattori per ambito di interesse nella tabella 5.

Tabella 5. Classificazione risultati per ambito di interesse

Economici	Organizzativi	Tecnologici
Produttività	Automazione processi	Diffusione dei dati
Redditività	Gestione processi	
Vantaggio competitivo	Obiettivi aziendali	
	Organizzazione decentralizzata	

4.4 Classificazione fattori per ambito di interesse

Dopo aver descritto nel dettaglio i fattori vogliamo rappresentare, in modo integrativo, tutti i fattori suddivisi per ambito di interesse e per fattori abilitanti, barriere e risultati di adozione. La figura 2 seguente evidenzia che alcuni fattori possono presentarsi sia come barriera che fattore abilitante. Tra questi, prevalgono, il comportamento degli adottanti, la mancanza e la disponibilità di incentivi fiscali e finanziari e infine, la mancanza e presenza di competenze.

	Economici	Organizzativi	Demografici	Comportamentali	Tecnologici
Barriere	Stimoli finanziari Quadri normativi	Modelli di business Rapporti di collaborazione Dimensione delle imprese Miglioramento prestazioni	Età	Comportamento degli adottanti Resistenza al cambiamento Indicatore di valutazione	Competenze Proprietà dati Infrastrutture cyber security Complessità tecnologiche
Fattori abilitanti	Stimoli finanziari Opportunità R&S	Modelli di business Rapporti di collaborazione Ambiente dinamico e flessibile Informazioni sull'integrazione organizzativa		Comportamento adottanti	Competenze Diffusione dati con esperti del settore
Outcomes	Produttività Redditività Vantaggio competitivo Costi di produzione	Organizzazione decentralizzata Automazione dei processi Gestione dei processi Obiettivi aziendali			Diffusione dati

Figura 2. Classificazione fattori per ambito di interesse

Gli incentivi fiscali e finanziari rappresentano la principale fonte di finanziamento per le imprese agricole, le quali necessitano di incentivi per finanziare l'acquisito di macchinari, attrezzature e incrementare le competenze necessarie per l'Agricoltura 4.0. Spesso, le imprese agricole partecipano ad attività di ricerca e sviluppo, per aumentare le competenze e sviluppare nuovo *know-how* (Carmela Annosi et al., 2020; Kudryavtseva & Skhvediani, 2020; Regan, 2021). La mancanza di investimenti, fiscali e finanziari, legati anche agli alti costi, riducono l'intenzione delle imprese agricole ad innovare verso l'ottica di agricoltura 4.0 (Aivazidou & Tsolakis, 2022; Gerli et al., 2022a). In questi casi, le imprese agricole potrebbero non avere disponibilità finanziarie anche a causa della loro dimensione. Nella maggior parte delle situazioni, sono sempre le imprese più grandi ad avviare processi di digitalizzazioni, rispetto alle piccole realtà aziendali. Le piccole imprese, che caratterizzano il territorio italiano, sono spesso realtà familiari in cui non ci sono ruoli definiti all'interno dell'organizzazione, ma prevale una struttura in grado di adattarsi a tutte le situazioni.

Considerando gli aspetti comportamentali, il comportamento degli adottanti viene espresso come barriera e fattore abilitante. Il comportamento degli adottanti è rappresentato da un atteggiamento negativo degli stakeholder interni ed esterni alle imprese agricole. Le motivazioni a non innovare verso un'Agricoltura 4.0, possono dipendere da una serie di fattori, come la mancanza di competenze, le quali non permettono di adattarsi alla modernità, ma spesso, dipendono anche dalla

fiducia (Moga et al., 2012). Gli stakeholder potrebbero avere atteggiamenti scettici e conservatori, preferendo le tecniche tradizionali rispetto a quelle innovative caratterizzate dall'utilizzo delle tecnologie digitali. Il comportamento degli adottanti, al contrario, spinge verso l'adozione delle tecnologie di agricoltura 4.0, quando sussistono motivazioni e atteggiamenti positivi, i quali aiutano gli stakeholder ad aprirsi verso le innovazioni e conseguente trasformazione (Gerli et al., 2022a). In alcune situazioni, soprattutto nelle imprese agricole in cui prevale un contesto giovanile, troviamo un atteggiamento propositivo verso l'adozione delle tecnologie caratterizzato anche da maggiori competenze necessarie e soprattutto da una propensione verso l'innovazione.

Infine, negli aspetti tecnologici troviamo le competenze, viste sia come barriera sia come fattore abilitante. L'adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole è spesso limitata a causa della mancanza di stakeholder che non dispongono di competenze e conoscenze necessarie per l'adozione, generando complessità tecnologiche (Aivazidou & Tsolakis, 2022; Hassan et al., 2020; Pivoto et al., 2019; Rijswijk et al., 2021; Zscheischler et al., 2022). Per adottare le tecnologie digitali, le imprese agricole devono possedere competenze necessarie, in grado di implementare e migliorare le attività produttive (Cannas, 2021; Pivoto et al., 2019). Le competenze devono coprire aspetti legati all'organizzazione e ai processi produttivi, e per riuscire nell'attività, è necessario attuare contenuti educativi o promuovere apprendimenti personalizzati per le figure interne (Carmela Annosi et al., 2020; Valsamidis et al., 2015).

Sulla base della classificazione appena descritta, questo studio considera il framework TOE per esaminare in un contesto di Agricoltura 4.0, ovvero come le tecnologie, l'ambiente e l'organizzazione impattano sull'adozione delle tecnologie digitali, considerando i fattori abilitanti, le barriere e i risultati in grado di generare.

Abbiamo, quindi, proposto un modello TOE (figura 3) che classifica i fattori identificati dalla revisione della letteratura secondo i tre contesti: ambiente esterno, organizzazione e tecnologia.

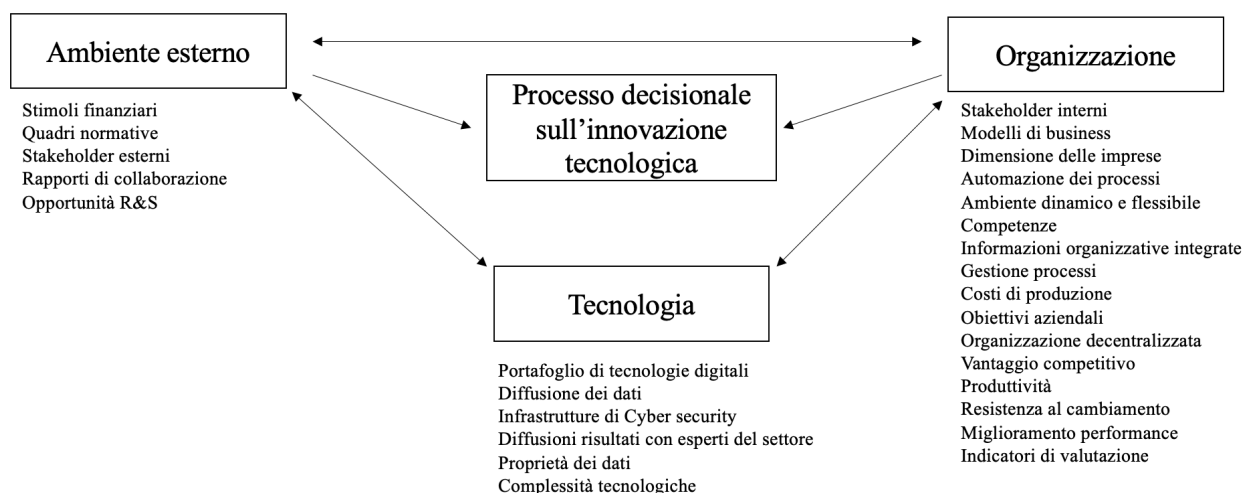


Figura 3. Il modello TOE con fattori di Agricoltura 4.0

Il modello TOE proposto non considera però tutti i fattori identificati dalla revisione della letteratura, poiché, data la loro natura – comportamentale e demografica – non è possibile classificarlo nei tre contesti di riferimento. Nei capitoli seguenti andremo a spiegare ed analizzare il caso empirico per comprendere quali dei fattori analizzati dalla revisione della letteratura influiscono sull'adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole, verificando anche quali dei fattori inclusi nel nuovo modello TOE proposto, sono considerati rilevanti per questo studio.

5 L'indagine empirica

Per analizzare i dati che abbiamo raccolto attraverso il questionario, abbiamo deciso di utilizzare un modello di regressione. In particolare, il modello che abbiamo scelto è stato proposto da Heckman (1979), il quale combina due modelli differenti. Nel primo modello tiene conto di un modello Probit, ovvero verifica la probabilità che si verifichi un determinato evento. In questa specifica situazione, verifica la probabilità di adozione/non adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole. Nel secondo modello, viene utilizzato un modello di regressione lineare che è influenzato dalla probabilità di verifica dell'evento. Il modello tiene conto dell'autoselezione di uno specifico campione, il quale permette di ottenere risultati evitando *bias* che potrebbero derivare da tutti quei campioni che non vengono selezionati in modalità casuale. I paragrafi seguenti descrivono le procedure che abbiamo utilizzato per analizzare i dati impiegati per l'analisi empirica e i risultati ottenuti attraverso il modello di Heckman. Infine, Il capitolo mostra i principali risultati ottenuti dall'analisi empirica. Inizialmente, vengono analizzati i dati relativi l'analisi descrittiva del questionario, ottenendo informazioni relativi al campione intervistato. Nel dettaglio, sono state poi analizzate le singole domande del questionario relative alle singole tecnologie digitali, per comprendere, sulla base delle risposte del rispondente, la presenza di affinità tra i fattori abilitanti, barriere e *risultati* di adozione per ciascuna tecnologia digitale analizzata. Nella seconda parte, vengono presentati i principali risultati del modello di Heckman.

5.1 L'Analisi empirica dei dati

Il questionario che abbiamo sottoposto alle imprese agricole italiane ci ha permesso di raccogliere informazioni utili da analizzare. Lo studio che vogliamo condurre, riguardo l'adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole italiane, ha come obiettivo principale quello di considerare che l'adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole è condizionata da una serie di aspetti demografici (età, sesso, titolo di studio, fatturato medio, dimensione delle imprese, anni di esperienza e tipologia di produzione) e dalla tipologia di tecnologia digitale adottata. Perciò, le imprese agricole decidono di adottare le tecnologie solamente se riusciranno ad ottenere benefici evidenti, in grado di apportare efficienza ed efficacia.

Attraverso il database che abbiamo a disposizione, possiamo provare a stimare l'equazione di adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole, ma solamente per quelle imprese che decidono di utilizzare le tecnologie digitali.

Come abbiamo già accennato, l'adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole dipende da una serie di fattori che possono introdurre dei bias di selezione all'interno del campione

che stiamo osservando. Se omettiamo tale osservazione, gli effetti stimati (i parametri) dell'equazione di adozione potrebbero soffrire di bias (distorsioni) poiché non tutte le imprese decidono di non adottare le tecnologie.

La scelta di utilizzare il modello di Heckman ci permette di risolvere i problemi legati alla distorsione del campione. Attraverso questo modello, possiamo trattare solamente il campione di interesse, risolvendo la problematica legata alla selezione del campione.

Il modello di Heckman è un modello sviluppato su due stadi:

- 1) Nel primo stadio, viene realizzato un modello Probit che dipende, in questo caso, dalla decisione delle imprese agricole di adottare/non adottare le tecnologie digitali. In questo stadio, dobbiamo stimare il processo di selezione (Chi adotta le tecnologie digitali nelle imprese rispondenti?) e sulla base dei risultati che riusciamo ad ottenere, possiamo procedere alla costruzione del secondo modello;

- 2) Nel secondo stadio, viene utilizzato un modello di regressione semplice, il quale permette di stimare un'equazione che tenga conto solamente degli adottanti alle tecnologie digitali, ovvero include un rapporto di Mills inverso (variabile di correlazione) che viene stimato durante il primo stadio.

5.2 *Il modello di Heckman*

Per realizzare il modello di Heckman, siamo partiti utilizzando i dati che abbiamo raccolto attraverso la somministrazione del questionario. Il modello di Heckman, come abbiamo già descritto nella sezione precedente, presuppone di stimare due differenti equazioni chiamate equazione di risultato ed equazione di selezione, le quali permettono di stimare, in modo integrato, due differenti modelli di regressione. La stima delle due equazioni ci permette di considerare la correlazione esistente tra gli errori che non vengono osservati in relazione alla variabile dipendente e la partecipazione all'indagine. L'utilizzo del modello di Heckman presuppone la soddisfazione di una serie di criteri, i quali riusciamo a soddisfare attraverso i dati che abbiamo a disposizione (Bärnighausen et al., 2011):

- 1) Il database è composto da una serie completa di osservazioni per tutte le variabili incluse, sia per gli adottanti delle tecnologie digitali sia per i non adottanti;
- 2) L'equazione di selezione deve essere composta da una variabile dipendente binari - anche indicata con il termine *dummy* - che assume valore "0= non adotta" e "1=adotta";
- 3) L'equazione di selezione deve includere una variabile osservata in grado di influire sul motivo di adottare le tecnologie digitali, senza però influenzare il risultato di

adozione. La scelta di una variabile osservata garantisce al modello di evitare la non collinearità tra l'equazione di risultato e l'equazione di selezione (Bushway et al., 2007). La variabile di selezione deve essere associata significativamente alla decisione di adottare le tecnologie digitali nelle imprese agricole attraverso un modello di selezione, effettuando controlli sulle variabili osservate. Il criterio di esclusione è rappresentato dalla scelta dei rispondenti di non adottare le tecnologie digitali nell'equazione di selezione.

Una volta che abbiamo definito le due equazioni che compongono il modello di Heckman, possiamo procedere alla realizzazione del modello. Il software che abbiamo utilizzato è R, disponibile al seguente link: <https://www.r-project.org/>.

Il pacchetto R utilizzato per costruire il modello si chiama “sampleSelection”, il quale ci permette di implementare due differenti modelli di selezione basati sul principio di Heckman. I comandi che vengono utilizzati inglobano entrambe le equazioni del modello; mentre per la massimizzazione della verosimiglianza viene utilizzato un ulteriore pacchetto chiamato “maxLik”. Tale pacchetto utilizza, di default, l'algoritmo di Newton_raphson, il quale utilizza un vettore di punteggio analitico e una matrice Hessiana. Un modello ben definito dovrebbe risolversi in meno di 15 iterazioni ma possono verificarsi dei casi di iterazioni deboli, dove il numero di iterazioni risulta superiore (Toomet & Henningsen, 2008).

Per realizzare il modello Heckman, abbiamo prima di tutto costruito un database composto dalle variabili estrapolate dal questionario, le quali rappresentano i fattori da investigare. Nella tabella 6 seguente abbiamo riportato l'elenco delle variabili utilizzate nell'analisi, indicando la codifica, la tipologia di domanda, il valore medio e la deviazione standard per ciascuna variabile.

Tabella 6. Analisi descrittiva delle variabili

Fattore	Codifica	Significato	Media	Dev. Stan.
Adozione tecnologie digitali	adot	Adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole (1=si; 0=no)	0.41891205	0.49350639
Competenze	comp	(Scala di Likert: 1= Decisamente no; 5= Decisamente si)	3.8446602	1.0932813
Stimoli finanziari	fin	(Scala di Likert: 1= Decisamente no; 5= Decisamente si)	3.3737864	1.390242
Opportunità Ricerca e sviluppo (R&S)	red	(Scala di Likert: 1= Decisamente no; 5= Decisamente si)	3.5339806	1.2596208
Modelli di business	buss	(Scala di Likert: 1= Decisamente no; 5= Decisamente si)	3.5582524	1.2587275
Rapporti di collaborazione	coll	(Scala di Likert: 1= Decisamente no; 5= Decisamente si)	3.4417476	1.2072969
Ambiente flessibile e dinamico	envr	(Scala di Likert: 1= Decisamente no; 5= Decisamente si)	3.8592233	1.1453351
Integrazione informazioni organizzativa	inf	(Scala di Likert: 1= Decisamente no; 5= Decisamente si)	3.631068	1.1602379
Diffusione dei risultati con esperti del settore	diffres	(Scala di Likert: 1= Decisamente no; 5= Decisamente si)	3.5291262	1.2402306
Gestione processi	miglproc	(Scala di Likert: 1= Decisamente no; 5= Decisamente si)	3.9805825	0.9924651
Costi di produzione	cost	(Scala di Likert: 1= Decisamente no; 5= Decisamente si)	3.6116505	1.1912937
Obiettivi aziendali	strat	(Scala di Likert: 1= Decisamente no; 5= Decisamente si)	3.8543689	1.0901579
Organizzazione decentralizzata	decn	(Scala di Likert: 1= Decisamente no; 5= Decisamente si)	2.9223301	1.2740511
Vantaggio competitivo	innov	(Scala di Likert: 1= Decisamente no; 5= Decisamente si)	3.9563107	1.0231629
Automazione dei processi	aut	(Scala di Likert: 1= Decisamente no; 5= Decisamente si)	3.6796117	1.0839277
Diffusione dati	diffinf	(Scala di Likert: 1= Decisamente no; 5= Decisamente si)	3.5533981	1.149576
Produttività	utlinf	(Scala di Likert: 1= Decisamente no; 5= Decisamente si)	3.9174757	1.0810949
Stimoli finanziari	manfin	(Scala di Likert: 1= Decisamente no; 5= Decisamente si)	3.2087379	1.4550572
Resistenza al cambiamento	rescamb	(Scala di Likert: 1= Decisamente no; 5= Decisamente si)	2.5194175	1.3204255
Quadri normativi	mancreg	(Scala di Likert: 1= Decisamente no; 5= Decisamente si)	2.4514563	1.1708129

Tabella 6. Analisi descrittiva delle variabili

infrastrutture di <i>cyber security</i>	cyber	(Scala di Likert: 1= Decisamente no; 5= Decisamente si)	2.4223301	1.1608602
Proprietà dei dati	propdata	(Scala di Likert: 1= Decisamente no; 5= Decisamente si)	2.5097087	1.2981799
Competenze	mancomp	(Scala di Likert: 1= Decisamente no; 5= Decisamente si)	2.4660194	1.2750172
Rapporti di collaborazione	mancoll	(Scala di Likert: 1= Decisamente no; 5= Decisamente si)	2.4466019	1.2857808
Modelli di business	manbuss	(Scala di Likert: 1= Decisamente no; 5= Decisamente si)	2.5097087	1.2126982
Dimensione delle imprese	size	(Scala di Likert: 1= Decisamente no; 5= Decisamente si)	2.776699	1.3135841
Età dei dipendenti	ageempl	(Scala di Likert: 1= Decisamente no; 5= Decisamente si)	2.4126214	1.2952581
Complessità tecnologiche	complex	(Scala di Likert: 1= Decisamente no; 5= Decisamente si)	2.461165	1.2040365
Competenze analitiche	mancompana	(Scala di Likert: 1= Decisamente no; 5= Decisamente si)	2.4805825	1.2125811
Performance aziendale	mancmigl	(Scala di Likert: 1= Decisamente no; 5= Decisamente si)	2.3058252	1.1256066
Sesso	sex	Domanda a scelta multipla	0.69140824	0.46202967
Età	age	Domanda a scelta multipla	3.08540925	1.18176447
Titolo di studio	titstud	Domanda a scelta multipla	2.91459075	1.10341448
Reddito medio annuale	turnover	Domanda a scelta multipla	1.5043213	0.86872683
Dimensione imprese	sizeind	Domanda a scelta multipla	1.10574479	0.38933198
Esperienza	exper	Domanda a scelta multipla	2.51601424	0.67931416
Località	loc	Domanda a scelta multipla	9.43975597	5.35013197

Dopo aver analizzato tutte le variabili da includere nel modello, procediamo con la creazione del modello di Heckman. Per quanto riguarda l'equazione di selezione, abbiamo considerato come variabile dipendente “*adot*”, ovvero un variabile binaria (1=adotta; 0=non adotta) che considera tutte le imprese investigate con il questionario. Per quanto riguarda le variabili indipendenti, abbiamo utilizzato tutte le variabili che caratterizzano i dati demografici dei rispondenti al questionario. Per ottenere informazioni più dettagliate, abbiamo deciso di suddividere le variabili “*exper*”, “*sex*”, “*age*”, “*titstud*”, “*turnover*”, “*sizeind*” e “*località*” in classi di valori. Nell'equazione di selezione abbiamo deciso di includere anche le variabili che ci permettono di analizzare quale tecnologia influisce sull'adozione nelle imprese agricole. I risultati ottenuti dal questionario evidenziano che per alcune delle otto tecnologie digitali analizzate abbiamo ottenuto uno scarso numero di informazioni (perché poco adottate dalle imprese agricole italiane). Per tale ragione, abbiamo deciso di includere

solamente le variabili relative all'adozione di tre delle otto tecnologie investigate. L'inclusione delle tre tecnologie dipende principalmente dalla mancanza di dati utili da poter analizzare. Infatti, considerare tecnologie come la Business intelligence per l'analisi dei dati che viene adottata solo da otto imprese agricole presenti nel campione, non sarebbe stato efficiente per la nostra analisi. Questo deriva dal fatto che, l'assenza di dati utili non ci avrebbe permesso di realizzare un modello con risultati veritieri dato che, in un modello di regressione, è necessario disporre di un numero di dati sufficientemente valido per essere analizzati. Perciò, le tecnologie digitali prese in considerazione sono: sensori per la raccolta dati dal suolo, macchine agricole automatizzate e sistemi informativi per la gestione dei dati agricoli.

Per quanto riguarda l'equazione di risultato, abbiamo considerato come variabile dipendente “*adott*”, ovvero consideriamo tutte le imprese che adottano le tecnologie digitali; mentre, come variabili dipendenti, abbiamo incluso tutti i fattori – barriere, fattori abilitanti e risultati – e dati demografici dato l'obiettivo della nostra ricerca.

Il capitolo 6 seguente presenta i risultati del modello, evidenziando i fattori che hanno una relazione con l'adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole.

5.3 *Il profilo dei rispondenti*

Il questionario somministrato alle imprese agricole del territorio nazionale italiano ha restituito un totale di 271 risposte totali, con un tasso di risposta dell'8% rispetto la popolazione totale di 3286 imprese. Delle 271 risposte, abbiamo deciso di rimuovere, per giustificare la correttezza del campione, 15 imprese perché abbiamo ottenuto 5 doppioni di risposte e, di 10 imprese, non siamo stati in grado di ottenere la loro posizione geografica. Per tale motivo, il nostro campione di analisi è composto in totale da 256 imprese agricole italiane, con un tasso di risposta pari all'8%.

Per una migliore comprensione, abbiamo analizzato il profilo dei rispondenti (considerando il profilo demografico e aziendale) evidenziando il campione totale e successivamente, abbiamo analizzato il profilo degli adottanti e dei non adottanti.

Le tabelle 7 e 8 seguenti mostrano i risultati ottenuti suddivisi per le dei rispondenti e per le caratteristiche delle imprese agricole del campione totale.

Tabella 7. Caratteristiche demografiche dei rispondenti

	<i>Items</i>	<i>f</i>	<i>%</i>
Sesso	Uomo	179	70%
	Donna	77	30%
	Totale	254	100%
Età	18-30	21	8%
	31-40	68	27%
	41-50	71	28%
	51-60	60	23%
	>60	36	14%
	Totale	254	100%
Titolo di studio	Licenza media	14	5%
	Diploma superiore	110	43%
	Laurea triennale	41	16%
	Laurea Magistrale	71	28%
	Dottorato/master	20	8%
	Totale	254	100%

Tabella 8. Caratteristiche delle imprese agricole

	<i>Items</i>	<i>f</i>	<i>%</i>
Fatturato annuo	<200.000€	176	69%
	200.001-700.000€	45	18%
	700.001-1.800.000€	18	7%
	>1.800.001€	17	7%
	Totale	254	100%
Dimensioni azienda	0-19	234	91%
	20-49	14	5%
	50-249	8	3%
	>250	0	0%
	Totale	99	100%
Anni di esperienza	< 5 anni	28	11%
	5-10 anni	67	26%
	>10 anni	161	63%
	Totale	254	100%
Tipologia produzione	Produzione agricola	198	77%
	Produzione zootecnica	9	4%
	Entrambe	49	19%
	Totale	99	100%

I dati nelle tabelle mostrano che i rispondenti sono principalmente uomini (70% del campione) con un'età compresa tra 31-40 anni e 41-50 anni (27% del campione, 28% del campione; e con un

diploma di scuola superiore come titolo di studio (43% del campione). Una buona parte dei rispondenti, afferma di avere come titolo di studio una laurea magistrale (28% dei rispondenti).

Le imprese agricole hanno un fatturato annuo ≤ 200.000 euro (69% del campione) e una dimensione dell'impresa di 0-19 dipendenti (91% del campione). Nessuna impresa, tra quelle intervistate, afferma di avere un numero di dipendenti superiore a 250. Questa osservazione è compatibile con le caratteristiche generali del contesto italiano, caratterizzato principalmente da PMI. Soprattutto, nel settore agricolo dove le imprese agricole contribuiscono al fatturato dell'economia nazionale, pur caratterizzate da enormi criticità legate soprattutto alle condizioni atmosferiche che hanno portato ad una riduzione e con perdite del 3.7% (Marras et al., 2022).

Infine, i rispondenti dichiarano di avere più di dieci anni di esperienza (63% del campione) e la produzione agricola caratterizza il maggior numero di industrie coinvolte nello studio (77%). Sulla base dei risultati ottenuti, possiamo affermare che il campione intervistato è in linea con gli studi presenti in letteratura (Bitrus et al., 2019; Ibrahim et al., 2018; Kountios et al., 2018; Lin et al., 2020; Moon et al., 2010; Navimipour et al., 2018; Pivoto et al., 2019; Razilan Abdul Kadir et al., 2019; Ronaghi & Forouharfar, 2020; Tolentino & Hernandez, 2020).

5.4 *Il profilo degli adottanti e dei non adottanti*

Utilizzando le risposte ottenute dalla somministrazione del questionario, possiamo delineare il profilo degli adottanti e dei non adottanti delle tecnologie digitali nelle imprese agricole del territorio italiano. La figura 4 seguente mostra i valori percentuali degli adottanti e non adottanti delle tecnologie digitali, evidenziando una prevalenza di imprese agricole che non adottano le tecnologie digitali (57% del campione dei rispondenti).

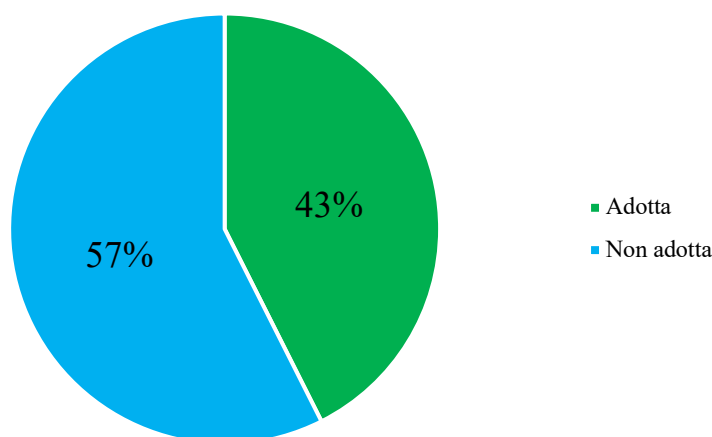


Figura 4. Percentuale di adottanti e non adottanti tecnologie digitali

Di seguito vengono presentati i due sotto campioni dei dati, evidenziando le caratteristiche demografiche e delle imprese che li compongono.

5.4.1 Caratteristiche del profilo degli adottanti

Le tabelle 9 e 10 di seguito riportate sintetizzano l'analisi descrittiva dei dati che caratterizza il campione degli adottanti, composto in totale da 108 rispondenti.

Tabella 9. Caratteristiche demografiche degli adottanti

	<i>Items</i>	<i>f</i>	<i>%</i>
Sesso	Maschio	85	78%
	Femmina	24	22%
	Totale	109	100%
Età	18-30	12	11%
	31-40	27	25%
	41-50	32	29%
	51-60	27	25%
	>60	11	10%
	Totale	109	100%
Titolo di studio	Licenza media	5	5%
	Diploma superiore	42	39%
	Laurea triennale	17	16%
	Laurea Magistrale	36	33%
	Dottorato/master	9	8%
	Totale	109	100%

Tabella 10. Caratteristiche delle imprese agricole degli adottanti

	<i>Items</i>	<i>f</i>	<i>%</i>
Fatturato annuo	<200.000€	60	55%
	200.001-700.000€	26	24%
	700.001-1.800.000€	10	9%
	>1.800.001€	13	12%
	Totale	109	100%
Dimensioni azienda	0-19	92	84%
	20-49	9	8%
	50-249	8	7%
	>500	0	0%
	Totale	109	100%
Anni di esperienza	< 5 anni	9	8%
	5-10 anni	32	30%
	>10 anni	68	62%
	Totale	109	100%
Tipologia produzione	Produzione agricola	85	78%
	Produzione zootecnica	2	2%
	Entrambe	22	20%
	Totale	109	100%

Anche in questo caso, abbiamo dato una lettura dei dati riportati nella tabella. I dati evidenziano che gli adottanti sono principalmente uomini (78% del campione degli adottanti) con un'età compresa tra 31-40 anni, 41-50 anni e 51-60 (rispettivamente 25%, 29% e 25% del campione degli adottanti) e con un diploma di scuola superiore e Laurea Magistrale come titoli di studio (39% del campione; 33% del campione degli adottanti). Le imprese agricole hanno un fatturato annuo $\leq$ 200.000 euro (55% del campione degli adottanti) e una dimensione dell'impresa di 0-19 dipendenti (84% del campione degli adottanti). Come per il campione totale intervistato, l'osservazione coincide con le caratteristiche generali del contesto italiano, caratterizzato principalmente da PMI. Infine, gli adottanti dichiarano di avere più di dieci anni di esperienza (62% del campione degli adottanti) e la produzione agricola caratterizza il maggior numero di industrie coinvolte nello studio (78% del campione degli adottanti).

Procedendo con l'analisi dei dati degli adottanti, abbiamo potuto identificare, sulla base delle otto tecnologie digitali investigate nel questionario, quali sono maggiormente adottate. Come già abbiamo evidenziato nella figura 4 precedente, sul totale di 254 intervistati, 109 aziende dichiarano di utilizzare tecnologie digitali nelle imprese agricole (43% del campione). Attraverso la figura 5 seguente, mostriamo la frequenza di utilizzo delle otto tecnologie investigate.

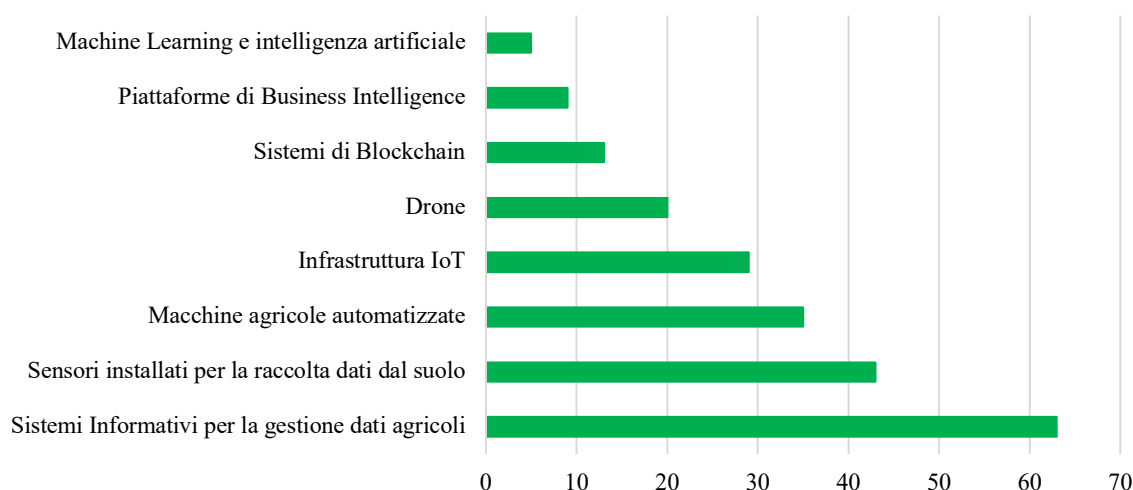


Figura 5. Adozione delle tecnologie digitali

Dalla figura possiamo notare che le tecnologie digitali maggiormente adottate dalle imprese agricole italiane sono i sistemi informativi agricoli per la gestione aziendale (adottati da più di 64 imprese), seguiti dai sensori installati nei suoli per la raccolta di informazioni (temperatura, umidità, pressione, patogeni) e infine, le macchine agricole automatizzate (rispettivamente adottati da quarantaquattro e trentasei imprese agricole). Dal grafico è possibile identificare che esiste un divario molto ampio tra le tecnologie digitali adottate dalle imprese agricole. Infatti, il machine learning e le piattaforme di Business intelligence sono poco utilizzate, infatti un numero inferiore di dieci imprese dichiara di utilizzarle.

5.4.2 Il profilo dei non adottanti

Infine, nelle tabelle 11 e 12 di seguito riportate, abbiamo riportato i dati relativi al sotto campione dei non adottanti delle tecnologie digitali, in totale di 147 rispondenti (58% dei rispondenti). I risultati mostrano che tra le imprese non adottanti troviamo sono principalmente uomini (64% del campione) con un'età compresa tra 31-40 e 41-50 anni (28% del campione; 27% del campione) e con un diploma di scuola superiore come titolo di studio (46% del campione). Le imprese agricole non adottanti hanno un fatturato annuo ≤ 200.000 euro (79% del campione) e una dimensione dell'impresa di 0-19 dipendenti (97% del campione). Anche in questo caso, l'osservazione coincide con le caratteristiche generali del contesto italiano, caratterizzato principalmente da PMI e da imprese agricole nazionali dove, l'attività agricola rappresenta uno dei settori prevalenti per l'economia italiana. Infine, le imprese non adottanti non adottanti dichiarano di avere più di dieci anni di esperienza (63% del campione) e la produzione agricola caratterizza il maggior numero di industrie coinvolte nello studio (77%). Mettendo in confronto il profilo degli adottanti e dei non adottanti con il profilo complessivo dei rispondenti, vediamo che non esistono notevoli differenze, tranne riguardo le località che verranno discusse nel paragrafo seguente.

Tabella 11. Caratteristiche demografiche dei non adottanti

	<i>Items</i>	<i>f</i>	%
Sesso	Maschio	94	64%
	Femmina	53	36%
	Totale	147	100%
Età	18-30	9	6%
	31-40	41	28%
	41-50	39	27%
	51-60	33	22%
	>60	25	17%
	Totale	147	100%
Titolo di studio	Licenza media	9	6%
	Diploma superiore	68	46%
	Laurea triennale	24	16%
	Laurea Magistrale	35	24%
	Dottorato/master	11	7%
	Totale	147	100%

Tabella 12. Caratteristiche delle imprese dei non adottanti

	<i>Items</i>	<i>f</i>	%
Fatturato annuo	<200.000€	116	79%
	200.001-700.000€	19	13%
	700.001-1.800.000€	8	5%
	>1.800.001€	4	3%
	Totale	147	100%
Dimensioni azienda	0-19	142	97%
	20-49	5	3%
	50-249	0	0%
	>500	0	0%
	Totale	147	100%
Anni di esperienza	< 5 anni	19	13%
	5-10 anni	35	24%
	>10 anni	93	63%
	Totale	147	100%
Tipologia produzione	Produzione agricola	113	77%
	Produzione zootecnica	7	5%
	Entrambe	27	18%
	Totale	147	100%

Analizzando i dati nelle tabelle appena presentate, i risultati mostrano che tra le imprese non adottanti troviamo sono principalmente uomini (64% del campione) con un'età compresa tra 31-40 e

41-50 anni (28% del campione; 27% del campione) e con un diploma di scuola superiore come titolo di studio (46% del campione). Le imprese agricole non adottanti hanno un fatturato annuo ≤ 200.000 euro (79% del campione) e una dimensione dell'impresa di 0-19 dipendenti (97% del campione). Anche in questo caso, l'osservazione coincide con le caratteristiche generali del contesto italiano, caratterizzato principalmente da PMI e da imprese agricole nazionali dove, l'attività agricola rappresenta uno dei settori prevalenti per l'economia italiana. Infine, le imprese non adottanti non adottanti dichiarano di avere più di dieci anni di esperienza (63% del campione) e la produzione agricola caratterizza il maggior numero di industrie coinvolte nello studio (77%). Mettendo in confronto il profilo degli adottanti e dei non adottanti con il profilo complessivo dei rispondenti, vediamo che non esistono notevoli differenze, tranne riguardo le località che verranno discusse nel paragrafo seguente.

5.5 L'analisi della popolazione di riferimento

Il campione da indagare è composto da 3286 imprese agricole del territorio italiano, come presenta la tabella 13 seguente. Per una migliore comprensione, abbiamo suddiviso le regioni per zone d'Italia: Nord-Ovest, Nord Est, Centro, Sud e infine, Isole. In base ai dati, notiamo che il maggior numero di imprese che costituisce il campione si trova nel sud Italia, seguito dal centro e infine, dal Nord Ovest e Nord est. Un numero inferiore di imprese è presente nelle Isole. I dati mostrano una distribuzione adeguata delle imprese agricole in tutto il territorio nazionale, senza elevate disuguaglianze, ad esclusione delle isole.

Tabella 13. Classificazione campione per località

	Suddivisione	tot	%	somma %	somma <i>f</i>
Sardegna	Isole	49	1%	12%	384
Sicilia		335	10%		
Abruzzo		104	3%		
Basilicata		34	1%		
Calabria	Sud	153	5%	24%	775
Campania		218	7%		
Molise		20	1%		
Puglia		246	7%		
Lazio	Centro	192	6%	24%	791
Marche		143	4%		
Toscana		352	11%		
Umbria		104	3%		
Emilia-Romagna	Nord Est	314	10%	21%	690
Friuli-Venezia Giulia		69	2%		
Trentino-Alto Adige		76	2%		
Veneto		231	7%		
Liguria	Nord Ovest	72	2%	20%	646
Lombardia		334	10%		
Piemonte		231	7%		
Valle d'Aosta		9	0%		
		3286	100%	100%	3286

5.5.1 Il profilo dei rispondenti

Se consideriamo il campione dei rispondenti, in totale 254 imprese, notiamo che, rispetto al campione complessivo, abbiamo ottenuto maggiori risposte soprattutto nel Nord Ovest, Nord est e dal Centro Italia. Invece, abbiamo ottenuto un numero di rispondenti abbastanza basso per il Sud e le Isole. Tali affermazioni sono riportate nella tabella 14 seguente.

Tabella 14. Classificazione per luogo dei rispondenti

Regione	Suddivisione	Tot	%	Somma %	Somma <i>f</i>
Valle d'Aosta		3	1%		
Piemonte	Nord Ovest	25	10%	24%	62
Liguria		9	4%		
Lombardia		25	10%		
Trentino-Alto Adige		6	2%		
Veneto	Nord Est	18	7%	22%	57
Friuli-Venezia Giulia		6	2%		
Emilia-Romagna		27	11%		
Toscana		28	11%		
Umbria	Centro	11	4%	26%	67
Lazio		6	2%		
Marche		22	9%		
Abruzzo		7	3%		
Molise	Sud	2	1%	18%	45
Campania		12	5%		
Puglia		15	6%		
Basilicata		1	0%		
Calabria	Isole	8	3%	9%	25
Sicilia		19	7%		
Sardegna		6	2%		
		254	100%	100%	256

Tabella 15. Classificazione imprese agricole degli adottanti per luogo

Regione	Zona	Tot	Tot %	Tot. zona	Tot. % zona
Valle d'Aosta		0	0%		
Piemonte	Nord Ovest	14	13%	25	23%
Lombardia		6	6%		
Liguria		5	5%		
Trentino-Alto Adige		3	3%		
Veneto	Nord est	10	9%	26	24%
Friuli		2	2%		
Emilia-Romagna		11	10%		
Toscana	Centro	12	11%	23	21%
Marche		7	6%		
Lazio		2	2%		
Umbria		2	2%		
Abruzzo		3	3%		
Molise	Sud	2	2%	23	21%
Campania		7	6%		
Basilicata		1	1%		
Puglia		6	6%		
Calabria	Isole	4	4%	11	10%
Sicilia		9	8%		
Sardegna		2	2%		
		108	100%	108	100%

Come possiamo vedere dalla tabella 15 precedente, abbiamo prevalenza di imprese agricole che adottano le tecnologie digitali nelle Nord Est e Nord Ovest Italia, mentre nelle Isole, l'adozione delle tecnologie è molto bassa.

5.5.2 Classificazione dei non rispondenti per località

Consideriamo ora i non adottanti e analizziamo dove è presente una prevalenza di non adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole del territorio nazionale. Come mostrano i dati riportati nella tabella 16, in prevalenza, un maggior numero di imprese agricole rispondenti che non adottano le tecnologie digitali sono presenti nelle regioni del centro Italia.

Tabella 16. Classificazione aziende agricole non adottanti per luogo

Regione	Zona	Tot	Tot %	Tot. zona	Tot. % zona
Valle d'Aosta		3	2%	37	25%
Piemonte	Nord Ovest	11	7%		
Lombardia		19	13%		
Liguria		4	3%		
Trentino		3	2%	31	21%
Veneto	Nord est	8	5%		
Friuli		4	3%		
Emilia		16	11%		
Toscana		16	11%	44	30%
Marche	Centro	15	10%		
Lazio		4	3%		
Umbria		9	6%		
Abruzzo		4	3%	22	15%
Molise	Sud	0	0%		
Campania		5	3%		
Basilicata		0	0%		
Puglia		9	6%		
Calabria	Isole	4	3%		
Sicilia		9	6%	13	9%
Sardegna		4	3%		
		147	1	147	100%

Consideriamo ora le tecnologie digitale adottate dalle imprese agricole (in totale otto analizzate nel questionario) suddivise per luogo di adozione. Nella figura 6 seguente abbiamo rappresentato graficamente l'adozione delle otto tecnologie digitali secondo la suddivisione territoriale. Il grafico mostra che le tecnologie sono utilizzate in prevalenza nel Nord Ovest e nel Nord Est con differenze di adozione, per il Centro, Sud e Isole. Le macchine agricole automatizzate sono utilizzate in prevalenza nel Nord Ovest e in piccola parte nel Nord est ma senza alcuna applicazione nelle zone del Centro, Sud e Isole., I sistemi informativi per la gestione agricola, anche se adottati in tutte le zone d'Italia, hanno una maggiore applicazione nel Nord est. I sensori per la raccolta dati dal suolo sono adottanti principalmente nelle zone del Nord Est, Centro e Sud. Per quanto riguarda le piattaforme di Business Intelligence e machine learning e intelligenza artificiale, hanno una scarsa adozione in tutte le zone d'Italia.

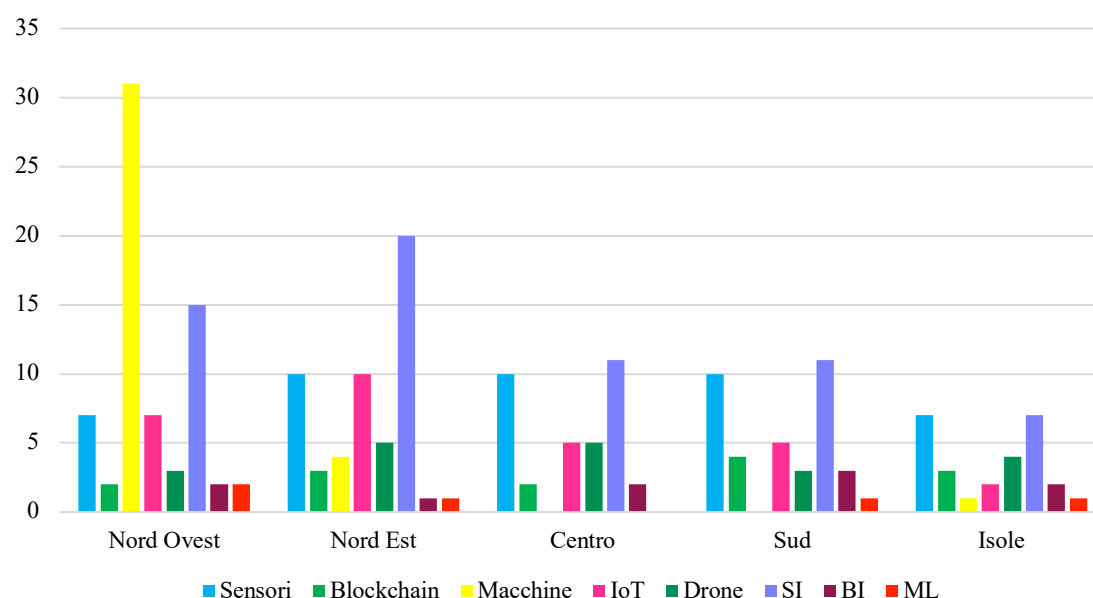


Figura 6. Classificazione tecnologie adottate per zone d'Italia

5.6 Fattori di non adozione delle tecnologie digitali

All'interno del questionario abbiamo inserito delle specifiche domande che ci hanno permesso di raccogliere e analizzare i dati riguardo i fattori che hanno spinto le imprese agricole a non adottare le tecnologie digitali. Anche in questo caso, fattori sono classificabili in organizzativi, tecnologici e comportamentali, ognuna con motivazione differente.

La figura 7 rappresenta il valore medio calcolato sui fattori di non adozione delle tecnologie digitali da parte delle imprese agricole non adottanti. Dato che le domande sono state poste su scale di Likert da 1 a 5, il valore massimo della media ottenibile è pari a 5. Perciò, sulla base dei risultati ottenuti, possiamo vedere che i fattori di non adozione che possiamo ritenere più importanti sono la mancanza di stimoli finanziari, la presenza di tecniche tradizionali e infine, la dimensione delle imprese agricole.

Tutti gli altri fattori investigati, ad esclusione della mancanza di creazione di nuovi modelli di business, dell'interesse per l'adozione e infine, dell'interesse per l'utilizzo, mostrano un valore medio basso e perciò possiamo affermare che non incidono notevolmente sulla non adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole.

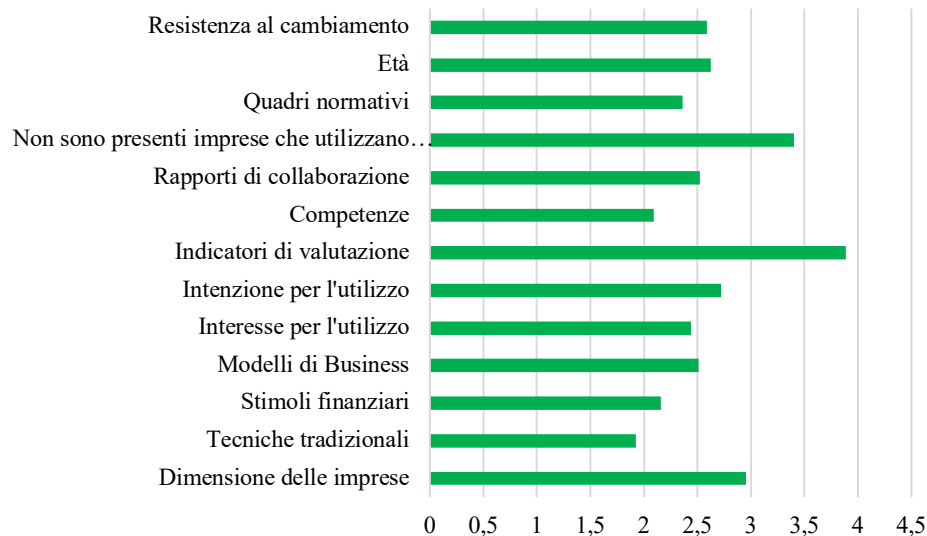


Figura 7. Fattori di non adozione delle tecnologie digitali

5.7 Fattori di adozione delle tecnologie digitali

L'obiettivo della nostra tesi è quella di identificare, attraverso la raccolta dati, i fattori che incidono sull'adozione delle otto tecnologie digitali. L'obiettivo della nostra tesi è quella di identificare, attraverso la raccolta dati, i fattori che incidono sull'adozione delle otto tecnologie digitali. Come spiegato in precedenza, non abbiamo considerato nell'analisi dei dati tutte le tecnologie digitali ma solamente alcune, perché disponiamo di un numero di dati superiori da poter analizzare. La tabella 22 seguente mostra i fattori di adozione identificati dalla revisione della letteratura e suddivisi per le tre componenti che contraddistinguono il modello TOE, e per ciascun fattore abbiamo indicato se fa riferimento a una barriera (B), un fattore abilitante (FA) o un risultato di adozione (R). In alcuni casi, è possibile notare che un fattore può presentarsi sia come una barriera sia come un fattore abilitante.

La tabella 17 successiva classifica tutti i fattori di adozione identificati dalla revisione della letteratura, i quali andremo ad analizzare per le otto tecnologie digitali considerate per il caso empirico.

Tabella 17.Fattori da testare nel modello classificati nel modello TOE e per fattori

Fattori	Codifica	Organizzazione	Ambiente esterno	Tecnologia
Competenze	comp	FA B		
Stimoli finanziari	fin		FA B	
Opportunità R&S	red		FA	
Modelli di business	buss		FA B	
Rapporti di collaborazione	coll	FA B		
Ambiente dinamico e flessibile	envr	FA		
Informazioni organizzative integrate	inf	FA		
Diffusione risultati con esperti del settore	diffres			FA
Gestione processi	miglproc	R		
Costi di produzione	cost	R		
Obiettivi aziendali	strat	R		
Organizzazione decentralizzata	decn	R		
Vantaggio competitivo	innov	R		
Automazione processi	aut	R		
Diffusione dati	diffinf			R
Produttività	utlinf	R		
Resistenza al cambiamento	rescamb	B		
Infrastruttura cyber security	cyber			B
Proprietà dei dati	propdata			B
Dimensione imprese	size	B		
Età dipendenti	ageempl	B		
Complessità tecnologiche	complex			B
Competenze analitiche	mancompana	B		
Miglioramento performance aziendale	mancmigl	B		
Indicatori di valutazione	assind		B	

5.7.1 Sensori per la raccolta dati dal suolo

In questa sezione analizziamo i dati relativi all'analisi descrittiva relativa alla tecnologia digitale dei sensori, riportati nella tabella 18. In questo caso, troviamo la presenza di fattori che assumono un valore medio elevato e in questo caso, tra i fattori abilitanti prevalgono la gestione dei processi, obiettivi aziendali, e produttività. Il valore massimo e minimo sono relativamente pari a 5 e 1, dato che le domande sono poste su scale di Likert da 1 a 5. Infine, i valori della varianza hanno valori pressoché simili.

Tabella 18. Analisi descrittiva dei sensori installati per la raccolta dati dal suolo

Fattori	Codifica	Organizzazione	Ambiente esterno	Tecnologia	$\bar{x}$	Max	Min	s^2
Competenze	comp	FA B			3.72972973	5	1	1.81592403
Stimoli finanziari	fin		FA B		3.45945946	5	1	1.60262966
Opportunità R&S	red		FA		3.72972973	5	1	1.70927684
Modelli di business	buss	FA B			3.51351351	5	1	1.33089847
Rapporti di collaborazione	coll		FA B		3.48648649	5	1	1.55880205
Ambiente dinamico e flessibile	envr	FA			3.81081081	5	1	1.05186267
Informazioni organizzative integrate	inf	FA			3.59459459	5	1	1.43900657
Diffusione risultati con esperti del settore	diffres			FA	3.51351351	5	1	0.91599708
Gestione processi	miglproc	R			4.05405405	5	1	1.25054785
Costi di produzione	cost	R			3.78378378	5	1	0.8385683
Obiettivi aziendali	strat	R			4.16216216	5	1	1.00219138
decn	R				2.56756757	5	1	.8371073
Vantaggio competitivo	innov	R			3.97297297	5	1	0.70562454
Automazione processi	aut	R			3.67567568	5	1	0.93791088
Diffusione dati	diffinf			R	3.62162162	5	1	0.9393718
Produttività	utlinf	R			4.08108108	5	1	1.81300219
Resistenza al cambiamento	rescamb	B			2.40540541	5	1	0.96566837
Infrastruttura cyber security	cyber			B	2.40540541	5	1	1.59678598
Proprietà dei dati	propdata			B	2.56756757	5	1	1.43900657
Dimensione imprese	size	B			2.78378378	5	1	1.65084003
Età dipendenti	ageempl	B			2.43243243	5	1	1.47114682

Tabella 18. Analisi descrittiva dei sensori installati per la raccolta dati dal suolo

Complessità tecnologiche	complex		B	2.35135135	5	1	1.43462381
Competenze analitiche	mancompana	B		2.56756757	5	1	1.11614317
Miglioramento performance aziendale	mancmigl	B		2.27027027	5	1	1.17019722
Indicatori di valutazione	assind		B	2.27027027	5	1	1.17019722

5.7.2 Sistemi di blockchain

Nella tabella 19 seguente, analizziamo i dati relativi all'analisi descrittiva della tecnologia digitale dei sistemi di blockchain. Troviamo la presenza di fattori che assumono un valore medio elevato, tra cui prevalgono un'ambiente dinamico e flessibile e il vantaggio competitivo obiettivi aziendali, e produttività. Il valore massimo e minimo sono relativamente pari a 5 e 1, dato che le domande sono poste su scale di Likert da 1 a 5. Infine, i valori della varianza hanno valori pressoché simili.

Tabella 19. Analisi descrittiva dei sistemi di blockchain

Fattori	Codifica	Organizzazione	Ambiente esterno	Tecnologia	$\bar{x}$	Max	Min	s^2
Competenze	comp	FA B			3.8571428	5	2	1.1224489
					6			8
Stimoli finanziari	fin		FA B		2.9285714	5	1	1.9234693
					3			9
Opportunità R&S	red		FA		3.1428571	5	1	2.1224489
					4			8
Modelli di business	buss		FA B		3.7142857	5	1	1.9183673
					1			5
Rapporti di collaborazione	coll	FA B			4	5	3	0.7142857
								1
Ambiente dinamico e flessibile	envr	FA			4.1428571	5	3	0.8367346
					4			9
Informazioni organizzative integrate	inf	FA			3.5714285	5	2	0.9591836
					7			7

Tabella 19. Analisi descrittiva dei sistemi di blockchain

Diffusione risultati con esperti del settore	diffres		FA	3.7857142 9	5	1	1.0255102
Gestione processi	miglproc	R		3.1428571 4	5	1	1.8367346 9
Costi di produzione	cost	R		2.6428571 4	5	1	2.0867346 9
Obiettivi aziendali	strat	R		3.2857142 9	5	1	2.0612244 9
Organizzazione e decentralizzata	decn	R		3	5	1	1.7142857 1
Vantaggio competitivo	innov	R		4.2142857 1	5	1	1.3112244 9
Automazione processi	aut	R		3.7142857 1	5	1	1.6326530 6
Diffusione dati	diffinf		R	3.6428571 4	5	1	2.2295918 4
Produttività	utlinf	R		3.5	5	1	1.9642857 1
Resistenza al cambiamento	rescamb	B		2.7142857 1	4	1	1.6326530 6
Infrastruttura cyber security	cyber		B	2.8571428 6	5	1	1.9795918 4
Proprietà dei dati	propdata		B	3.2142857 1	5	1	1.7397959 2
Dimensione imprese	size	B		2.7142857 1	5	1	1.9183673 5
Età dipendenti	ageempl	B		2.6428571 4	5	1	2.0867346 9
Complessità tecnologiche	complex		B	2.7142857 1	5	1	1.7755102
Competenze analitiche	mancompan a	B		3	5	1	1.8571428 6
Miglioramento performance aziendale	mancmigl	B		2.8571428 6	5	1	1.5510204 1
Indicatori di valutazione	assind		B	3.0714285 7	5	1	1.6377551

5.7.3 Macchine agricole automatizzate

Nella tabella 20 seguente, analizziamo i dati relativi all'analisi descrittiva della tecnologia digitale delle macchine agricole automatizzate. Anche in questa tecnologia digitale, troviamo la presenza di fattori che assumono un valore medio elevato, tra cui prevalgono la gestione dei processi e il vantaggio competitivo. Il valore massimo e minimo sono relativamente pari a 5 e 1, dato che le domande sono poste su scale di Likert da 1 a 5. Infine, i valori della varianza hanno valori pressoché simili.

Tabella 20. Analisi descrittiva delle macchine agricole automatizzate

Fattori	Codifica	Organizzazione	Ambiente esterno	Tecnologia	$\bar{x}$	Max	Min	s^2
Competenze	comp	FA B			3.69444444	5	2	0.76774691
Stimoli finanziari	fin		FA B		3.91666667	5	1	1.35416667
Opportunità R&S	red		FA		3.41666667	5	1	1.24305556
Modelli business	di buss		FA B		3.41666667	5	1	1.07638889
Rapporti collaborazione	di coll	FA B			3.19444444	5	1	1.10108025
Ambiente dinamico e flessibile	envr e	FA			3.77777778	5	1	0.95061728
Informazioni organizzative integrate	inf	FA			3.41666667	5	1	1.29861111
Diffusione risultati esperti settore	diffres con del			FA	3.19444444	5	1	1.21219136
Gestione processi	miglproc	R			4.08333333	5	3	0.52083333
Costi produzione	di cost	R			4.11111111	5	2	0.65432099
Obiettivi aziendali	strat	R			3.72222222	5	1	0.8117284
Organizzazione decentralizzata	decn	R			2.75	5	1	1.29861111
Vantaggio competitivo	innov	R			4	5	3	0.66666667
Automazione processi	aut	R			3.75	5	1	1.02083333
Diffusione dati	diffinf			R	3.38888889	5	2	1.0154321

Tabella 20. Analisi descrittiva delle macchine agricole automatizzate

Produttività	utlinf	R		3.97222222	5	2	0.7492284
Resistenza al cambiamento	rescamb	B		2.38888889	5	1	1.62654321
Infrastruttura cyber security	cyber		B	2.41666667	5	1	1.07638889
Proprietà dei dati	propdata		B	2.44444444	5	1	1.41358025
Dimensione imprese	size	B		2.30555556	5	1	1.10108025
Età dipendenti	ageempl	B		2.72222222	5	1	1.53395062
Complessità tecnologiche	complex		B	2.22222222	4	1	0.95061728
Competenze analitiche	mancompana	B		2.44444444	4	1	0.91358025
Miglioramento performance aziendale	mancmigl	B		2.41666667	5	1	1.02083333
Indicatori di valutazione	assind		B	2.36111111	5	1	1.34182099

5.7.4 Infrastruttura di IoT

La tabella 21 seguente contiene l'analisi descrittiva dei fattori relativi alla tecnologia digitale dell'infrastruttura di IoT. Anche in questo caso possiamo vedere che alcuni valori medi assumo un valore superiore, soprattutto in: modelli di business e obiettivi aziendali. Il valore massimo e minimo oscillano tra 1 e 5 dato che abbiamo utilizzato scale di Likert nelle domande. Infine, il valore della varianza è simile per i fattori.

Tabella 21. Analisi descrittive dell'infrastruttura di IoT

Fattori	Codifica	Organizzazione	Ambiente esterno	Tecnologia	$\bar{x}$	Max	Min	s^2
Competenze	comp	FA B			3.4067248	5	1	2.31469301
Stimoli finanziari	fin		FA B		3.79112168	5	1	1.7791065
Opportunità R&S	red		FA		3.45362663	5	1	2.12502374
Modelli di business	buss		FA B		4.04743031	5	0.64684899	1.2914408
Rapporti di collaborazione	coll	FA B			3.72407187	5	0.99881094	1.8687706
Ambiente dinamico e flessibile	envr	FA			3.35585943	5	1	2.29306077

Tabella 21. Analisi descrittive dell'infrastruttura di IoT

Informazioni organizzative integrate	inf	FA		3.82316026	5	0.71343639	1.56940559
Diffusione risultati con esperti del settore	diffres		FA	3.48619368	5	1.02734839	1.5644896
Gestione processi	miglproc	R		3.78735632	5	1	2.1211851
Costi di produzione	cost	R		3.15028405	5	1	1.87030318
Obiettivi aziendali	strat	R		4.03771965	5	0.57550535	1.2062364
Organizzazione e decentralizzata	decn	R		3.77942925	5	0.960761	1.85366688
Vantaggio competitivo	innov	R		3.33485269	5	1	2.13251093
Automazione processi	aut	R		3.55357379	5	0.99881094	1.91227724
Diffusione dati	diffinf		R	3.272427	5	1	2.04106146
Produttività	utlinf	R		2.36623068	4	1	1.41775837
Resistenza al cambiamento	rescamb	B		2.60734575	5	1	1.39620518
Infrastruttura cyber security	cyber		B	2.3700621	4	1	1.40864122
Proprietà dei dati	propdata		B	2.20266878	4	1	1.65171775
Dimensione imprese	size	B		2.63033426	5	1	2.45830816
Età dipendenti	ageempl	B		2.72856388	5	1	1.69090845
Complessità tecnologiche	complex		B	2.17565068	4	1	1.46345619
Competenze analitiche	mancompana	B		2.4314969	4	1	1.744113
Miglioramento performance aziendale	mancmigl	B		2.35714286	4	1	1.80102041
Indicatori di valutazione	assind		B	2.28571429	4	1	1.48979592

5.7.5 Drone

Nella tabella 22 analizziamo i fattori della tecnologia digitale del drone, i quali hanno valori medi non sono abbastanza simili tra loro, così come il valore massimo e minimo oscillano tra 1 e 5 dato l'utilizzo della scala di Likert nelle domande. Infine, il valore della varianza è simile per i fattori.

Tabella 22. Analisi descrittiva dei droni

Fattori	Codifica	Organizzazione	Ambiente esterno	Tecnologia	$\bar{x}$	Max	Min	s^2
Competenze	comp	FA B			2.8	5	1	2.14
Stimoli finanziari	fin		FA B		3.2	5	1	2.46
Opportunità R&S	red		FA		3.1	5	1	2.66
Modelli di business	buss		FA B		3.25	5	1	1.79
Rapporti di collaborazione	coll	FA B			3.55	5	1	1.7875
Ambiente dinamico e flessibile	envr	FA			3.15	5	1	1.6475
Informazioni organizzative integrate	inf	FA			3.55	5	1	1.6275
Diffusione risultati con esperti del settore	diffres			FA	3.6	5	1	2.1475
Gestione processi	miglproc	R			2.7	5	1	1.64
Costi di produzione	cost	R			3.45	5	1	2.71
Obiettivi aziendali	strat	R			2.2	5	1	2.0475
Organizzazione decentralizzata	decn	R			3.7	5	1	1.96
Vantaggio competitivo	innov	R			3.35	5	1	1.51
Automazione processi	aut	R			3.15	5	1	1.4275
Diffusione dati	diffinf			R	3.75	5	1	1.8275
Produttività	utlinf	R			3	5	1	1.3875
Resistenza al cambiamento	rescamb	B			2.6	5	1	2.8275
Infrastruttura cyber security	cyber			B	2.35	5	1	1.4875
Proprietà dei dati	propdata			B	2.2	5	1	2.1275
Dimensione imprese	size	B			2.75	5	1	2.19
Età dipendenti	ageempl	B			2.45	5	1	2.3875
Complessità tecnologiche	complex			B	2.2	5	1	1.6475
Competenze analitiche	mancompana	B			2.25	5	1	1.66
Miglioramento performance aziendale	mancmigl	B			2.3	5	1	1.9875
Indicatori di valutazione	assind		B		2.3	5	1	1.91

5.7.6 Sistemi informativi di gestione agricola

La tabella 23 mostra l'analisi descrittiva dei fattori relativi ai sistemi informativi per la gestione agricola, dove il valore medio che assume rilevanza è la gestione dei processi; mentre il valore massimo e minimo oscillano tra 1 e 5 (utilizzo scale di Likert nelle domande). Infine, il valore della varianza è simile per i fattori.

Tabella 23. Analisi descrittiva sistemi informativi per la gestione agricola

Fattori	Codifica	Organizzazione	Ambiente esterno	Tecnologia	$\bar{x}$	Max	Min	s^2
Competenze	comp	FA B			3.8125	5	1	1.15234375
Stimoli finanziari	fin		FA B		3.40625	5	1	1.83496094
Opportunità R&S	red		FA		3.453125	5	1	1.40405273
Modelli di business	buss		FA B		3.40625	5	1	1.64746094
Rapporti di collaborazione	coll	FA B			3.3125	5	1	1.65234375
Ambiente dinamico e flessibile	envr	FA			3.78125	5	1	1.35839844
Informazioni organizzative integrate	inf	FA			3.78125	5	1	1.32714844
Diffusione risultati con esperti del settore	diffres			FA	3.421875	5	1	1.58764648
Gestione processi	miglproc	R			4.078125	5	2	0.75952148
Costi di produzione	cost	R			3.640625	5	2	0.91772461
Obiettivi aziendali	strat	R			3.84375	5	1	1.10058594
Organizzazione decentralizzata	decn	R			3.140625	5	1	1.65209961
Vantaggio competitivo	innov	R			3.859375	5	1	1.24584961
Automazione processi	aut	R			3.609375	5	1	1.17553711
Diffusione dati	diffinf			R	3.53125	5	1	1.37402344

Tabella 23. Analisi descrittiva sistemi informativi per la gestione agricola

Produttività	utlinf	R		3.890625	5	1	1.1286621
							1
Resistenza al cambiamento	rescamb	B		2.5625	5	1	1.7460937
							5
Infrastruttura cyber security	cyber		B	2.296875	5	1	1.4274902
							3
Proprietà dei dati	propdata		B	2.453125	5	1	1.9978027
							3
Dimensione imprese	size	B		2.9375	5	1	1.9960937
							5
Età dipendenti	ageempl	B		2.3125	5	1	1.7773437
							5
Complessità tecnologiche	complex		B	2.484375	5	1	1.6247558
							6
Competenze analitiche	mancompan	B		2.453125	5	1	1.5290527
	a						3
Miglioramento performance aziendale	mancmigl	B		2.234375	5	1	1.0856933
							6
Indicatori di valutazione	assind		B	2.21875	5	1	1.1708984
							4

5.7.7 Business Intelligence per l'analisi dei dati

La tabella 24 contiene informazioni sull'analisi descrittiva dei fattori relativi alla tecnologia digitale della business intelligence per l'analisi dei dati. In questo caso possiamo vedere che i valori medi assumono rilevanza nelle competenze, rapporti di collaborazione, ambiente dinamico e flessibile, gestione processi e obiettivi aziendali. Anche in questo caso, il valore massimo e minimo oscillano tra 1 e 5 dato che abbiamo utilizzato scale di Likert nelle domande. Infine, il valore della varianza indica una dispersione dal valore medio.

Tabella 24. Analisi descrittiva della Business intelligence per l'analisi dei dati

Fattori	Codifica	Organizzazione	Ambiente esterno	Tecnologia	$\bar{x}$	Max	Min	s^2
Competenze	comp	FA B			4.4	5	4	0.24
Stimoli finanziari	fin		FA B		3.6	5	1	1.24
Opportunità R&S	red		FA		3.7	5	2	0.81
Modelli di business	buss		FA B		3.9	5	2	1.29
Rapporti di collaborazione	coll	FA B			4	5	3	0.6

Tabella 24. Analisi descrittiva della Business intelligence per l'analisi dei dati

Ambiente dinamico e flessibile	envr	FA		4.2	5	2	0.96
Informazioni organizzative integrate	inf	FA		3.9	5	2	1.29
Diffusione risultati con esperti del settore	diffres		FA	3.9	5	1	1.69
Gestione processi	miglproc	R		4.3	5	2	0.81
Costi di produzione	cost	R		3.9	5	3	0.49
Obiettivi aziendali	strat	R		4.2	5	3	0.56
Organizzazione decentralizzata	decn	R		3.5	5	1	1.65
Vantaggio competitivo	innov	R		3.9	5	2	0.89
Automazione processi	aut	R		3.9	5	2	1.29
Diffusione dati	diffinf		R	3.9	5	3	0.69
Produttività	utlinf	R		3.9	5	2	1.09
Resistenza al cambiamento	rescamb	B		2.2	5	1	1.56
Infrastruttura cyber security	cyber		B	2.4	4	1	1.04
Proprietà dei dati	propdata		B	2	3	1	0.8
Dimensione imprese	size	B		2.4	4	1	1.24
Età dipendenti	ageempl	B		2.2	4	1	1.16
Complessità tecnologiche	complex		B	2.1	4	1	0.69
Competenze analitiche	mancompana	B		2.1	3	1	0.49
Miglioramento performance aziendale	mancmigl	B		1.9	3	1	0.49
Indicatori di valutazione	assind		B	1.7	3	1	0.41

5.7.8 Machine learning e intelligenza artificiale

La tabella 25 successiva contiene informazioni sull'analisi descrittiva dei fattori relativi alle tecnologie digitali del machine learning e intelligenza artificiale. In questo caso possiamo vedere che il fattore che assume un valore medio rilevante è rappresentato dai modelli di business e anche in questo caso, il valore massimo e minimo oscillano tra 1 e 5 dato che abbiamo utilizzato scale di Likert nelle domande. Infine, il valore della varianza indica valori che hanno poca dispersione dal valore medio.

Tabella 25. analisi descrittiva del machine learning e intelligenza artificiale

Fattori	Codifica	Organizzazione	Ambiente esterno	Tecnologia	$\bar{x}$	Max	Min	s^2
Competenze	comp	FA B			3.4	5	1	2.3
Stimoli finanziari	fin		FA B		2	3	1	1
Opportunità R&S	red		FA		3.4	5	2	1.3
Modelli di business	buss		FA B		4.2	5	3	1.2
Rapporti di collaborazione	coll	FA B			2.4	4	1	1.3
Ambiente dinamico e flessibile	envr	FA			3.8	5	2	1.7
Informazioni organizzative integrate	inf	FA			3	5	1	2.5
Diffusione risultati con esperti del settore	diffres			FA	3.6	5	2	1.8
Gestione processi	miglproc	R			3	4	2	0.5
Costi di produzione	cost	R			2.8	5	1	2.2
Obiettivi aziendali	strat	R			2.8	4	1	1.2
Organizzazione decentralizzata	decn	R			2.8	4	1	1.7
Vantaggio competitivo	innov	R			3.6	5	2	1.8
Automazione processi	aut	R			2.6	3	1	0.8
Diffusione dati	diffinf			R	2.6	4	1	1.3
Produttività	utlinf	R			3.4	5	1	2.8
Resistenza al cambiamento	rescamb	B			2	3	1	1
Infrastruttura cyber security	cyber			B	2.2	3	1	1.2
Proprietà dei dati	propdata			B	2	3	1	1
Dimensione imprese	size	B			2	3	1	1
Età dipendenti	ageempl	B			2.2	4	1	1.7

Tabella 25. analisi descrittiva del machine learning e intelligenza artificiale

Complessità tecnologiche	complex		B	2.4	4	1	1.8
Competenze analitiche	mancompana	B		2.2	4	1	1.7
Miglioramento performance aziendale	mancmigl	B		2	3	1	1
Indicatori valutazione	di assind		B	2	4	1	2

5.8 Risultati del modello di Heckman

L'equazione di selezione (5.1 e 5.2) utilizzata per la creazione del modello, risulta composta dalle seguenti variabili:

$$\begin{aligned}
 & \text{Adozione tecnologie} = \\
 & = \text{adozione tecnologie}(\text{sex} + \text{età} + \text{titolo di studio} + \text{reddito} + \text{dimensione imprese} \\
 & + \text{località} + \text{adozione sensori} + \text{adozione sistemi informativi} \\
 & + \text{adozione macchine agricole}) + u_i
 \end{aligned}
 \tag{5.1}$$

$$y_i = \begin{cases} 1, & \text{se adozione tecnologie} > 0 \\ 0, & \text{altrimenti} \end{cases}
 \tag{5.2}$$

L'equazione di risultato (5.3), integrata delle variabili di stima e utilizzata per stimare il modello è la seguente:

$$\begin{aligned}
 & \text{imprese che adottano tecnologie} = \\
 & = \begin{cases} \text{comp} + \text{fin} + \text{red} + \text{buss} + \text{coll} + \text{envr} + \text{inf} + \text{diffres} + \text{miglproc} + \\ \text{cost} + \text{strat} + \text{decn} + \text{innov} + \text{aut} + \text{diffinf} + \text{utilnf} + \text{rescamb} + \text{cyber} + \text{propdata} + \\ \text{size} + \text{ageempl} + \text{complex} + \text{compans} + \text{mancmigl} + \text{assind} + \\ \text{sex} + \text{età} + \text{tit. studio} + \text{reddito} + \text{dimensione} + \text{esperienza} + \text{tipologia produzione} & \text{se adozione tecnologie} > 0 \\ - & \text{se adozione tecnologie} \leq 0 \end{cases}
 \end{aligned}
 \tag{5.3}$$

La tabella 26 seguente mostra i risultati del modello di Heckman realizzato attraverso il software R, il quale include sia l'equazione di selezione che di risultato.

Tabella 26. Modello di Heckman

Tobit 2 model (sample selection model)

2-step Heckman / heckit estimation

1395 observations (1176 censored and 219 observed)

89 free parameters (df = 1307)

Probit selection equation:

		Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
Interecetta	Intercetta	3.77074	1752.41	0.002	0.99828	
Sesso	Uomo	3.05247	1676.096	0.002	0.99855	
	Donna	2.52527	1676.096	0.002	0.9988	
Età	18-30 anni	0.86162	0.39579	2.177	0.02966	*
	31-40 anni	0.76741	0.33717	2.276	0.023	*
	41-50 anni	0.33451	0.33111	1.01	0.31256	
	51-60 anni	0.59999	0.34188	1.755	0.07949	.
	Licenza media	-0.19533	0.39304	-0.497	0.61929	

Tabella 26. Modello di Heckman

Titolo studio	di	Diploma superiore	-0.36135	0.26912	-1.343	0.1796	
		Laurea triennale	-0.01526	0.30085	-0.051	0.95954	
		Laurea magistrale	0.06688	0.26659	0.251	0.80195	
Reddito medio annuale		£ 200.000 €	-0.11419	0.48957	-0.233	0.81561	
		200.001 – 700.000 €	0.44057	0.47629	0.925	0.35513	
		700.001 – 1.800.000 €	0.39399	0.50427	0.781	0.43476	
Dimensione imprese		0-19	-8.20735	511.5116	-0.016	0.9872	
		20 – 49	-6.89378	511.5113	-0.013	0.98925	
		5 anni	-0.47063	0.30762	-1.53	0.12629	
Esperienza		5 – 10 anni	0.22266	0.18952	1.175	0.24026	
		Valle d'Aosta	-4.46908	663.4936	-0.007	0.99463	
		Piemonte	-0.30676	0.363	-0.845	0.39822	
Località		Liguria	-0.22519	0.48954	-0.46	0.64559	
		Lombardia	-1.21152	0.41694	-2.906	0.00373	**
		Trentino	-4.38264	216.5664	-0.02	0.98386	
		Veneto	-0.25613	0.36506	-0.702	0.48305	
		Friuli-Venezia Giulia	-0.9234	0.62089	-1.487	0.1372	
		Emilia-Romagna	-0.7332	0.38568	-1.901	0.05751	.
		Toscana	-0.63013	0.41505	-1.518	0.12921	
		Marche	-0.84222	0.39636	-2.125	0.03378	*
		Umbria	-0.72304	0.46393	-1.559	0.11935	
		Lazio	-2.02491	0.78111	-2.592	0.00964	**
		Abruzzo	-0.89672	0.7083	-1.266	0.20573	
		Molise	6.1769	900.1989	0.007	0.99453	
		Campania	0.06696	0.40825	0.164	0.86974	
		Basilicata	7.21293	1592.313	0.005	0.99639	
		Puglia	-1.50582	0.52843	-2.85	0.00445	**
Adozione tecnologia		Calabria	-0.50524	0.48407	-1.044	0.2968	
		Sicilia	-0.62183	0.38605	-1.611	0.10748	
		Adozione sensori	10.34594	466.3713	0.022	0.9823	
		Adozione macchine agricole	9.24074	481.2536	0.019	0.98468	
		Adozione sistemi informativi	9.14469	402.9558	0.023	0.9819	
Outcome			Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)	
Fattori abilitanti	Interecetta (Intercept)		1.00E+00	1.35E-16	7.42E+15	<0.0E2	***
		Competenze	4.06E-18	1.73E-17	2.34E-01	0.815	
		Stimoli finanziari	-1.49E-17	1.29E-17	-	0.2459	
		Opportunità R&S	-9.57E-18	1.96E-17	-4.89E-01	0.62466	
		Modelli di Business	-5.75E-18	1.89E-17	-3.04E-01	0.76117	

Tabella 26. Modello di Heckman

	Rapporti di collaborazione	2.14E-17	1.76E-17	1.22E+00	0.22409	
	Ambiente flessibile e dinamico	2.34E-18	2.18E-17	1.07E-01	0.91452	
	Informazioni organizzative integrate	1.59E-17	2.03E-17	7.87E-01	0.4312	
	Diffusione risultati con esperti del settore	-6.06E-17	2.03E-17	- 2.99E+00	0.00285	**
	Gestione processi	3.48E-17	2.33E-17	1.50E+00	0.13485	
	Costi di produzione	-2.30E-17	1.78E-17	-	0.19689	
				1.29E+00		
	Obiettivi aziendali	-1.50E-17	2.08E-17	-7.24E-01	0.46919	
Risultati	Organizzazione decentralizzata	-3.17E-18	1.39E-17	-2.27E-01	0.82023	
	Vantaggio competitivo	-3.48E-18	2.27E-17	-1.54E-01	0.87792	
	Automazione processi	-1.53E-17	2.34E-17	-6.53E-01	0.51393	
	Diffusione dati	3.61E-17	2.11E-17	1.71E+00	0.08755	.
	Produttività	-1.57E-18	2.30E-17	-6.80E-02	0.94549	
	Stimoli finanziari	-1.94E-17	1.32E-17	-	0.1421	
				1.47E+00		
	Resistenza al cambiamento	2.92E-17	1.66E-17	1.76E+00	0.07935	.
	Quadri normativi	2.44E-17	1.89E-17	1.29E+00	0.19634	
	Infrastruttura cyber security	-1.41E-17	2.02E-17	-6.96E-01	0.48659	
	Proprietà dati	-4.08E-18	1.70E-17	-2.40E-01	0.81055	
Barriere	Competenze	3.40E-19	2.08E-17	1.60E-02	0.98699	
	Rapporti di collaborazione	-2.81E-17	2.30E-17	-	0.22164	
				1.22E+00		
	Modelli di business	-1.65E-17	1.99E-17	-8.31E-01	0.40596	
	Dimensione imprese	3.38E-17	1.45E-17	2.33E+00	0.01992	*
	Età dipendenti	1.77E-17	1.66E-17	1.06E+00	0.28854	
	Miglioramento performance azienda	1.24E-17	2.11E-17	5.89E-01	0.55611	
Sesso	Uomo	-5.01E-17	3.89E-17	-	0.19806	
				1.29E+00		
	18 - 30 anni	1.70E-16	9.77E-17	1.75E+00	0.08118	.
	31 - 40 anni	1.37E-16	8.54E-17	1.61E+00	0.10876	
Età	41 - 50 anni	9.96E-17	7.80E-17	1.28E+00	0.20181	
	51 - 60 anni	4.67E-17	7.79E-17	5.99E-01	0.54935	
	Licenza media	-2.50E-17	1.04E-16	-2.41E-01	0.80948	
Titolo di studio	Diploma superiore	3.28E-17	6.14E-17	5.33E-01	0.59395	
	Laurea triennale	1.77E-16	7.42E-17	2.39E+00	0.01709	*
	Laurea magistrale	-6.30E-17	5.54E-17	-	0.25611	
				1.14E+00		
Reddito medio annuo	£ 200.000 €	4.95E-16	7.69E-17	6.43E+00	1.75E-10	***
	200.001 - 700.000 €	4.36E-16	7.02E-17	6.22E+00	6.80E-10	***

Tabella 26. Modello di Heckman

	700.001 - 1.800.000 €	3.64E-16	8.33E-17	4.37E+00	1.37E-05	***
	0 - 19 dipendenti			-		
Dimensione		-4.12E-16	8.12E-17	5.08E+00	4.44E-07	***
imprese	20 - 49 dipendenti			-		
		-2.32E-16	8.36E-17	2.78E+00	0.00559	**
Esperienza	5 anni	8.09E-17	6.77E-17	1.20E+00	0.23207	
	5 - 10 anni	-2.76E-17	5.35E-17	-5.16E-01	0.60574	
Tipologia	Allevamento	3.19E-16	1.39E-16	2.30E+00	0.02187	*
produzione	Produzione agricola	1.69E-17	4.02E-17	4.19E-01	0.6754	
Multiple R-	Adjusted R-Squared:-Inf					
Squared:-Inf,						
Error terms:						
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t)		
invMillsRati	-5.85E-18	1.91E-17	-0.306	0.76		
o						
sigma	1.92E-16	NA	NA	NA		
rho	-3.04E-02	NA	NA	NA		

5.8.1 Risultati modello equazione di selezione

Come possiamo vedere dalla tabella 35 precedente, abbiamo incluso nel modello tutti i fattori che abbiamo identificato nella letteratura e investigato attraverso il questionario per verificare se esiste un legame tra i fattori – barriere, fattori abilitanti e risultati – e le imprese che adottano le tecnologie digitali. La significatività dei coefficienti è stata calcolata con un livello di confidenza di default pari al 95% e tali coefficienti ci permettono di individuare le variabili che incidono significativamente sul modello ($p\text{-value} < 0,05$).

Nel complesso, la tabella 8 riporta le stime del modello di Heckman riguardo l'adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole italiane. L'equazione di selezione, basata sulla funzione probit, descrive l'effetto di ciascuna variabile esplicativa sulla probabilità che un'osservazione appartenga ad uno specifico gruppo di interesse. In particolare, vogliamo comprendere quali variabili influiscono sull'adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole italiane. L'equazione di selezione ci mostra che le variabili esplicative (tutte di tipo demografico) che incidono sull'adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole sono quasi tutte significative, di segno positivo in relazione all'età e di segno negativo in relazione alla località. Possiamo quindi affermare che:

- All'aumentare di una unità della variabile "18 – 30 anni", la probabilità di adottare le tecnologie digitali diminuisce dello 0.86;

- All' aumentare di una unità della variabile "31 – 40 anni", la probabilità di adottare le tecnologie digitali aumenta dello 0.76;
- All' aumentare di una unità della variabile "51 – 60 anni", la probabilità di adottare le tecnologie digitali aumenta dello 0.59;
- All' aumentare di una unità della variabile "Lombardia", la probabilità di adottare le tecnologie digitali diminuisce dell'1.21;
- All' aumentare di una unità della variabile "Emilia Romagna", la probabilità di adottare le tecnologie digitali diminuisce dello 0.73;
- All' aumentare di una unità della variabile "Marche", la probabilità di adottare le tecnologie digitali diminuisce dello 0.84;
- All' aumentare di una unità della variabile "Lazio", la probabilità di adottare le tecnologie digitali diminuisce dello 2.02;
- All' aumentare di una unità della variabile "Puglia", la probabilità di adottare le tecnologie digitali diminuisce dello 1.50.

5.8.2 Risultati modello equazione di risultato

Per quanto riguarda l'equazione di risultato, questa stima l'effetto di una o più variabili esplicative sulla variabile dipendente, considerando la probabilità stimata nell'equazione di selezione. Molte delle variabili esplicative incluse nel modello, le quali rappresentano i fattori abilitanti, barriere e risultati di adozione, risultano essere non significative al 5%. Infatti, le uniche variabili significative sono "diffusione risultati con esperti del settore" (fattore abilitante), "diffusione dati" (risultati), "resistenza al cambiamento" (barriera), "dimensione delle imprese" (barriera) e i seguenti dati demografici: "18 – 30 anni", "laurea triennale", " ≤ 200.000 €", "200.001 - 700.000 €", "700.001 - 1.800.000 €", "0 – 19 dipendenti", "20- 49 dipendenti" e infine, "allevamento". Possiamo quindi affermare che:

- Un incremento dell'adozione delle tecnologie digitali diminuisce la probabilità delle imprese agricole di incentivare la diffusione dei risultati ottenuti con gli esperti del settore, dato che le informazioni raccolte non vengono propagate e non sarà possibile identifica e introdurre nuove competenze in grado di migliorare le pratiche agricole, la gestione dell'azienda e il processo decisionale;
- Un incremento dell'adozione delle tecnologie digitali aumenta la probabilità che le imprese agricole decidano di diffondere i dati prodotti;
- Un incremento dell'adozione delle tecnologie digitali diminuisce la probabilità che nelle imprese agricole ci sia una mancanza di competenze analitiche;

- Un incremento dell'adozione delle tecnologie digitali aumenta la probabilità che nelle imprese agricole ci sia una resistenza al cambiamento da parte dell'organizzazione;
- Un incremento dell'adozione delle tecnologie digitali aumenta la probabilità che nelle imprese agricole l'adozione dipenda dalla loro dimensione;
- Un incremento dell'adozione delle tecnologie digitali aumenta la probabilità che nelle imprese agricole ci sia un'età compresa tra 18 – 30 anni
- Un incremento dell'adozione delle tecnologie digitali aumenta la probabilità che nelle imprese agricole ci siano dipendenti con una laurea triennale
- Un incremento dell'adozione delle tecnologie digitali aumenta la probabilità che le imprese agricole abbiano un reddito medio annuo ≤ 200.000 €”,
- Un incremento dell'adozione delle tecnologie digitali aumenta la probabilità che le imprese agricole abbiano un reddito medio annuo compreso tra 200.001 – 700.000 €”;
- Un incremento dell'adozione delle tecnologie digitali aumenta la probabilità che le imprese agricole abbiano un reddito medio annuo compreso tra 700.001 – 1.800.000 €”;
- Un incremento dell'adozione delle tecnologie digitali diminuisce la probabilità che le imprese agricole abbiano un numero di dipendenti compreso tra 0 e 19;
- Un incremento dell'adozione delle tecnologie digitali diminuisce la probabilità che le imprese agricole abbiano un numero di dipendenti compreso tra 20 e 49;
- Un incremento dell'adozione delle tecnologie digitali aumenta la probabilità che le imprese agricole abbiano una produzione basata principalmente sull'allevamento.

Il coefficiente rho ha un valore negativo pari a -3.4E-02 e tale valore indica che i rispondenti al questionario (le imprese agricole) hanno meno probabilità di adottare le tecnologie digitali.

6 Discussioni

In questo capitolo presentiamo e motiviamo le risposte alle domande di ricerca su cui si basa l'intero elaborato e che abbiamo descritto in modo dettagliato nel Capitolo 1 (paragrafo 1.6). L'obiettivo della nostra tesi è quello di discutere il fenomeno della digitalizzazione e TD nelle imprese agricole italiane, cercando di identificare i fattori che incidono sull'adozione delle tecnologie digitali, analizzando l'esistenza di possibili relazioni tra fattori e adozione. All'interno di questa sezione andremo a discutere il contributo offerto dalla tesi di dottorato, evidenziando, anche, la presenza di implicazioni teoriche e pratiche.

6.1 *Risposte alle domande di ricerca*

Consideriamo la prima domanda di ricerca: “Qual è lo stato dell'arte in letteratura della digitalizzazione in agricoltura?”. Per rispondere a questa domanda, abbiamo formulato due differenti proposizioni di ricerca. La prima proposizione ha come obiettivo la contestualizzazione dei fenomeni di TD e digitalizzazione nelle imprese agricole, i quali sono già stati descritti dettagliatamente nel capitolo 3. La TD digitale è in grado di apportare notevoli cambiamenti all'interno delle imprese agricole e dal punto di vista nazionale, le imprese agricole hanno avviato notevoli cambiamenti che, nel corso degli anni, porteranno a nuove forme organizzative e nuove attività operative, sempre più automatizzate (Rijswijk et al., 2021; Spanaki et al., 2021; Zscheischler et al., 2022). Le imprese agricole italiane sono da sempre caratterizzate da processi principalmente tradizionali, basati essenzialmente sulla consapevolezza e praticità. Determinate circostanze, come le condizioni ambientali, economiche e sociali, influiscono negativamente sull'attività economica delle imprese. Per tale motivo, la TD è un fenomeno che può aiutare le imprese agricole a risolvere queste criticità, sviluppando relazioni tra il mondo fisico e digitale, ovvero tra le imprese agricole e il digitale, sfruttando il ruolo delle tecnologie. Le imprese agricole, quindi, diventano sempre più innovative e introducono all'interno dei loro processi le tecnologie digitali che consentono di trasformare le imprese agricole, promuovendo nuovi sistemi produttivi e nuove forme di organizzazione, commercializzazione e produzione (Klerkx et al., 2019a; Vargas-Canales et al., 2018). Attraverso la digitalizzazione delle imprese agricole, che per semplicità e uniformità nel testo abbiamo identificato con il termine di Agricoltura 4.0, vediamo che le imprese adottano le tecnologie digitali per incrementare la raccolta dati da utilizzare per migliorare i processi decisionali, cercando di sviluppare e ottimizzare un rapporto basato su uomo-macchina che non sostituisca completamente il lavoro umano, ma permette un aiuto incrementale verso le attività svolte (Zscheischler et al., 2022). Il lavoro umano dovrà diventare di supporto alla gestione delle macchine e delle tecnologie digitali, le quali

aiuteranno nelle attività più complesse di gestione e produzione (Valiyev, 2022; Zscheischler et al., 2022). L'agricoltura 4.0 non deve essere vista solamente come una tendenza ma come una soluzione in grado di apportare valore alle imprese agricole, anche se richiede modifiche sostanziali nelle organizzazioni attuali e soprattutto un atteggiamento propositivo verso il cambiamento (Lioutas et al., 2021). L'agricoltura 4.0 consente alle imprese agricole di ottimizzare la produzione, con l'obiettivo di risolvere una serie di problematiche legate principalmente alla produzione, tracciabilità dei prodotti e impatto ambientale (Klerkx et al., 2019). Non solo dal punto di vista produttivo, ma l'Agricoltura 4.0 introduce cambiamenti anche in ambito organizzativo, gestionale e tecnologico grazie soprattutto alle tecnologie digitali che rappresentano gli elementi essenziali di questa nuova trasformazione che sta avvenendo all'interno delle imprese agricole (Pivoto et al., 2019). Infatti, attraverso l'agricoltura 4.0, le imprese agricole saranno supportate da informazioni migliorate e soprattutto basate sull'evidenza grazie alle enormi quantità di dati che le tecnologie digitali sono in grado di raccogliere ed elaborare (Zscheischler et al., 2022). Nell'Agricoltura 4.0, un ruolo essenziale viene svolto non solo dalle tecnologie ma anche dalle persone, incrementando sempre di più un rapporto basato su aspetti sociali e tecnologici, tra loro combinati congiuntamente. Secondo una prospettiva sociotecnica, l'agricoltura 4.0 è in grado di allineare gli aspetti sociali e tecnologici, dove gli aspetti sociali sono rappresentati dalle persone e dalle organizzazioni; mentre gli aspetti tecnologici evidenziano la tecnologia, compiti, strutture e processi (Bostrom & Heinen, 1977). Secondo la teoria sociotecnica, in ottica di agricoltura 4.0, gli stakeholder possono integrare una serie di fattori (che nella ricerca andiamo a classificare in fattori abilitanti, barriere e risultati) nell'adozione delle tecnologie digitali all'interno dell'organizzazione, andando ad incidere direttamente sulle attività operative dell'impresa agricola e incentivando processi diretti verso la TD (Rijswijk et al., 2021). In un contesto di Agricoltura 4.0, quindi, gli stakeholder, insieme alle tecnologie rappresentano due prospettive essenziali. Infatti, gli stakeholder delle imprese agricole possiedono ruoli eterogenei nelle organizzazioni e soprattutto possono operare utilizzando e seguendo norme e valori differenti. Oltre gli stakeholder tradizionali, che nelle imprese agricole sono rappresentati soprattutto da agricoltori e/o imprenditori, possiamo identificare stakeholder che operano in settori a livello globale ma che sono essenziali nelle nuove imprese sempre più digitali. Tali stakeholder dispongono di skills necessari che possono incidere sull'adozione delle tecnologie digitali, basati sull'innovazione e sulla continua evoluzione delle nuove tecnologie digitali. Infatti, per essere migliorate, le tecnologie digitali devono essere integrate all'interno delle imprese agricole così da comprendere eventuali complicazioni e procedere con l'identificazione e soluzione delle problematiche riscontrate. Senza integrazioni tra aspetti sociali e tecnologici, non sarebbe possibile ricontrare le problematiche e promuovere tecniche di miglioramento (Zscheischler et al., 2022).

Procedendo con la nostra prima domanda di ricerca, abbiamo provveduto ad esplicitare la seconda sotto domanda di ricerca: *“Identificare e classificare le tecnologie digitali utilizzate nelle imprese agricole”*. Al mondo d’oggi, le tecnologie digitali riescono a creare imprese agricole sempre più innovative, basate sull’efficienza e sull’efficacia dei processi ma soprattutto in grado di generare attività economiche di successo, aiutando a risolvere le problematiche e rischi attualmente esistenti nei confronti del settore agricolo (Relf-Eckstein et al., 2019). Le tecnologie digitali sono in grado di produrre enormi quantità di dati che le organizzazioni possono implementare a supporto dei loro processi decisionali (Jakku et al., 2019; van der Burg et al., 2020). Le tecnologie digitali rappresentano, quindi, degli elementi in grado di semplificare e automatizzare i processi produttivi, con conseguente riduzione della manodopera – da intendere senza una completa sostituzione – e miglioramento delle prestazioni economiche, ambientali e sociali (Groher et al., 2020). L’adozione delle tecnologie digitali rappresenta un motore verso la trasformazione delle imprese agricole che necessita di accettazione e voglia di cambiamento (Rotz et al., 2019). Attualmente, in base agli studi presenti in letteratura, esistono varie tecnologie digitali che vengono adottate nelle imprese agricole, ognuna con una specifica utilità. Le tecnologie digitali possono essere utilizzate singolarmente, o in alcuni casi, per assicurare un servizio migliore, vengono adottate in combinazione tra loro, con l’obiettivo di automatizzare le attività ed arrivare al raggiungimento di specifici obiettivi aziendali, grazie all’elaborazione di enormi quantità di dati che le tecnologie digitali sono in grado di raccogliere ed elaborare (Zscheischler et al., 2022). Le tecnologie digitali, grazie all’automazione dei processi, permettono di inquadrare e regolarizzare nuovi modelli di business su cui incentrare l’organizzazione (Aivazidou & Tsolakis, 2022). I nuovi modelli di business, oltre ad apportare miglioramenti dal punto di vista agricolo, comportano incrementi nel lato economico, attraverso un supporto efficiente nella gestione dei rischi – elemento sostanziale nel processo di TD – attraverso lo sviluppo di nuove forme assicurative sui rischi climatici, ma anche nuove attività di marketing in grado di promuovere le attività, sempre più digitale, delle imprese agricole (Klerkx et al., 2019). L’utilizzo delle tecnologie digitali nelle imprese agricole è in grado di apportare notevoli benefici ma spesso sono limitate perché, spesso, le tecnologie non sono considerate un prodotto finito. Per essere utilizzate, le tecnologie digitali devono essere testate e basate su dati oggettivi. Quando le tecnologie digitali non hanno esperimenti o campi di applicazioni e risultano basate solamente su ricerche scientifiche, la loro adozione è limitata perché potrebbe richiedere ulteriori aggiornamenti e cambiamenti (Vargas-Canales et al., 2018). Nel nostro elaborato, abbiamo identificato una vastità di tecnologie digitali che vengono utilizzate nelle imprese agricole, adottate in campi applicativi differenti, che variano dalla attività di produzione e campionamento, gestione e analisi dati, produzione e risultati e infine, incremento dei risultati applicativi (Pivoto et al., 2019). Attualmente, l’adozione delle tecnologie digitali, pur essendo in costante crescita, presenta ancora molte limitazioni nel contesto delle imprese

agricole italiane (ISTAT, 2022). Pur esistendo una vasta scelta di possibili tecnologie digitali da poter adottare nelle imprese agricole, in grado di ridurre la manodopera, proporre la creazione di nuovi modelli di business e migliorare le prestazioni delle imprese agricole (Pivoto et al., 2019; Shen et al., 2022; Singh et al., 2020; Weber et al., 2022), molte imprese sono ostinate dalle loro adozioni a causa delle conseguenze che potrebbero generare.

Consideriamo la seconda domanda di ricerca: *“Quali sono i fattori abilitanti, le barriere e risultati di adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole?”*. Anche per questa domanda, abbiamo identificato due differenti proposizioni di ricerca. Nella prima sotto domanda, abbiamo cercato di identificare i fattori abilitanti, le barriere e i risultati di adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole, dopo un’attenta analisi della letteratura esistente. L’elenco che abbiamo identificato ha richiesto una lettura e analisi esaustiva delle ricerche scientifiche ad oggi pubblicate, le quali ci hanno permesso di identificare una serie di fattori che, per semplicità abbiamo classificato in ambiti di interesse e per tipologia di fattore di adozione, dove in alcuni casi, i fattori possono presentarsi come fattore abilitante o come barriera. Dato che i fattori identificati dalla letteratura sono in grado di promuovere un’interazione tra tecnologia, individuo e organizzazione (Appelbaum, 1997), abbiamo deciso di testare la nostra ricerca utilizzando come punto di riferimento il modello TOE. Tale modello consente una visione integrale e teorica dei fattori, dove la loro classificazione va oltre all’ambito di interesse. La teoria TOE è stata utilizzata per rispondere alla seconda sotto domanda di ricerca. Abbiamo scelto di utilizzare il modello TOE perché, essendo generico, è grado di adattarsi a vari contesti aziendali ma soprattutto ci ha permesso di comprendere l’impatto delle tecnologie digitali nelle imprese agricole, considerando tutte le seguenti caratteristiche: fattori esterni (ambiente), fattori interni (organizzazione) e tecnologia (Khanh Chi, 2022).

Infine, consideriamo la terza domanda di ricerca: *“Quali sono le relazioni tra le tecnologie digitali adottate nelle imprese agricole, le barriere all'adozione, i fattori abilitanti e i risultati ottenuti?”*. Abbiamo spiegato questa domanda sviluppando un modello empirico attraverso il quale comprendere quali siano effettivamente i fattori che influiscono nell’adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole. Per realizzare questo modello, il questionario sottoposto alle imprese agricole italiane ci ha permesso di raccogliere informazioni riguardo otto differenti tecnologie digitali. Sulla base dei risultati ottenuti, il modello che abbiamo proposto tiene conto solo di tre tecnologie, ovvero quelle che hanno ottenuto un numero di risposte superiori e che ci hanno fornito dati sufficienti per realizzare l’analisi. Prima di analizzare il modello, è importante porgere l’attenzione al campione intervistato, il quale è stato ampiamente descritto nel capitolo precedente. Infatti, non abbiamo evidenziato differenze notevoli tra il campione di adottanti e il campione di non adottanti, a differenza del luogo dei rispondenti. Infatti, abbiamo notato che in prevalenza, gli adottanti delle tecnologie digitali che hanno risposto al questionario le troviamo nella zona del Nord

Est Italia, caratterizzata dalla presenza di molte tipologie di industrie, tra cui quelle agricole. Discorso analogo può essere fatto per la zona del Nord Ovest, dove abbiamo potuto constatare la presenza di molti rispondenti. Per quanto riguarda il profilo dei non adottanti, possiamo notare che in prevalenza, le imprese che non adottano le tecnologie digitali sono soprattutto quelle del centro Italia.

Considerando invece i risultati ottenuti, secondo i fattori classificati mediante il modello TOE, notiamo che i fattori di adozione che risultano più rilevanti nell'adozione delle tecnologie digitali sono rappresentati nella figura 8 seguente.

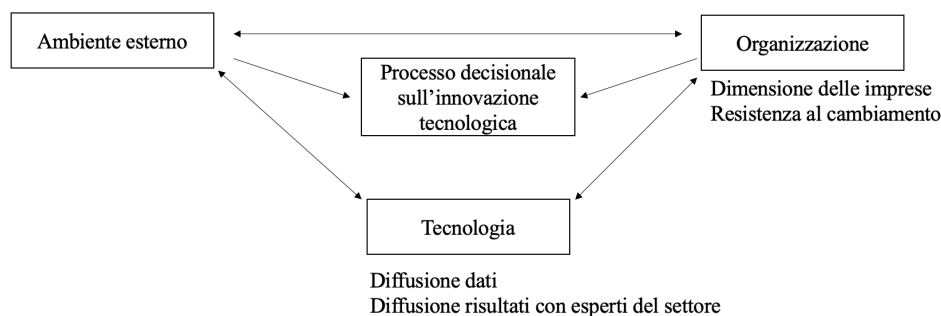


Figura 8. Modello TOE

Sulla base dei risultati ottenuti dall'analisi empirica, notiamo che rispetto al modello TOE presentato nel Capitolo 4 precedente, non tutti i fattori di adozione sono significativi nell'adozione delle tre tecnologie digitali analizzate. Infatti, è possibile notare che i fattori dell'ambiente esterno, pur integrando fattori che influirebbero notevolmente nell'adozione delle tecnologie digitali, come i finanziamenti che vengono consideranti come barriera e fattore abilitante, non sono significativi. Possiamo quindi, sintetizzare i risultati ottenuti attraverso la seguente equazione (7.1):

$$\text{adozione tecnologie} = f(\text{Tecnologia} + \text{Organizzazione} - \{\text{Ambiente esterno}\}) \quad (7.1)$$

Secondo il modello TOE, la tecnologia e l'organizzazione sono due elementi essenziali quando le imprese agricole decidono di adottare le tecnologie. L'interazione tra organizzazione e tecnologia rappresenta una tematica rilevante dato che può contribuire al successo delle imprese agricole. Le tecnologie digitali sono in grado di influenzare l'organizzazione apportando numerosi cambiamenti, non solo a livello produttivo, ma anche nelle strutture organizzative e nelle competenze richieste dai lavoratori. Grazie alle tecnologie digitali, le imprese agricole riescono ad incrementare l'efficienza, l'efficacia e la competitività all'interno di un settore che, dal punto di vista nazionale, ha da sempre riscontrato criticità verso l'innovazione. Tuttavia, le tecnologie digitali possono sviluppare criticità all'interno delle organizzazioni, dato che, spesso, i lavoratori sono poco consapevoli e perciò necessitano di formazione efficace (Vargas-Canales et al., 2018; Zeng & Lu, 2021). Di conseguenza,

è importante disporre di un'impresa agricola disposta a gestire tutti i cambiamenti che avvengono all'interno dell'organizzazione. La struttura e la cultura rappresentano elementi in grado di contribuire alla capacità dell'impresa agricola di adottare le nuove tecnologie sfruttando tutte le loro possibilità, anche se, in un contesto nazionale, non è molto facile identificare organizzazioni aperte al cambiamento e propense a adottare le tecnologie digitali. Infatti, le imprese agricole italiane sono dotate di un'organizzazione spesso rigida e resistente al cambiamento, in grado di ostacolare l'innovazione tecnologica. Spesso parliamo delle nuove generazioni, le quali sono nate in un mondo digitale e, quindi, hanno maggiore consapevolezza rispetto l'utilizzo delle tecnologie. Anche se principalmente le imprese agricole italiane sono caratterizzate da agricoltori e/o imprenditori di una fascia di età superiore, incentivare le nuove generazioni verso cambiamenti tecnologici in agricoltura potrebbe essere un modo creativo e innovativo di incentivare e promuovere un settore, che, da sempre, caratterizza il territorio nazionale (Carmela Annosi et al., 2020; Valsamidis et al., 2015). Infine, un ultimo elemento importante riguarda l'integrazione tra tecnologia e organizzazione. Le imprese agricole devono essere in grado di sviluppare nuove strategie di gestione, le quali devono essere supportate da competenze necessarie e da una cultura organizzativa sempre aperta al cambiamento. L'assenza di fattori provenienti dall'ambiente esterno riduce la possibilità per le imprese agricole di monitorare costantemente le necessità, le opportunità e le minacce che possono sorgere legate all'evoluzione delle tecnologie digitali. Per tale motivo, le imprese agricole devono incrementare e sfruttare tutte le opportunità, se esistenti, che consentono una crescita verso il digitale. La collaborazione con università, enti di ricerca ma anche con promotori di tecnologie, potrebbe essere un punto di partenza anche per le imprese tradizionali che vedono le tecnologie digitali come uno strumenti che comporterebbe solamente criticità nelle imprese.

6.2 Implicazioni teoriche

La nostra ricerca di dottorato presenta varie tipologie di implicazioni, comprese quelle di tipo teorico. In primo luogo, la tesi è principalmente basata sulla ricerca dei fattori – barriere, fattori abilitanti e risultati – che consentono di verificare la presenza di relazioni con l'adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole italiane. I fattori, ricavati dopo un'attenta revisione della letteratura, potrebbero risultare incompleti. Molti studi in letteratura utilizzano come casi empirici dei modelli teorici che caratterizzano le teorie dei sistemi informativi, le quali sono composte da fattori già testati e investigati, e molto spesso vengono integrate con nuovi fattori da investigare (Giua et al., 2022; Ibrahim et al., 2018; Ronaghi & Forouharfar, 2020; Tolentino & Hernandez, 2020). La ricerca condotta non include i fattori già testati in letteratura, ma considera solamente i nuovi fattori identificati dalla revisione della letteratura, con l'obiettivo di comprendere quanto avrebbero potuto

incidere sull'adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole italiane. La codifica dei fattori dalla letteratura ha richiesto molto tempo e pur provenendo da una lettura di articoli scientifici, potrebbe risultare incompleta, dato che gli studi sulla tematica di Agricoltura 4.0 aumentano continuamente. In base quanto descritto, la tesi potrebbe non prendere in considerazione fattori che sono già evidenziati dalla letteratura ma che potrebbero comunque essere considerati validi per le imprese italiane, ma che per ragioni di analisi, sono stati esclusi della ricerca.

Per tale motivazione, si propone un aggiornamento continuo dei fattori attraverso un'integrazione continua con le nuove pubblicazioni scientifiche, cercando così di identificare nuovi fattori da includere nella ricerca. In aggiunta, oltre ai nuovi fattori, si consiglia di integrare anche i fattori già studiati e validi, così da poter proporre nuove analisi, anche di tipo qualitativo, così da offrire una visione approfondita delle esperienze legate all'adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole.

In secondo luogo, il modello di Heckman utilizzato per verificare l'esistenza di relazione tra le imprese che adottano le tecnologie digitali e i fattori, è soggetto a multicollinearità, la quale si verifica quando c'è una forte correlazione tra le variabili incluse nel modello (Bärnighausen et al., 2011; Clark & Houle, 2014). Secondo la teoria TOE, l'adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole risulta influenzata da fattori comuni che oltrepassano le singole tecnologie digitali (Binsardi & Ahmed, 2013; Bitrus et al., 2019; Ibrahim et al., 2018; Moon et al., 2010; Ronaghi & Forouharfar, 2020; Tolentino & Hernandez, 2020), perciò un approccio olistico potrebbe considerarsi necessario per identificare fattori comuni in grado di influenzare l'adozione. Dal punto di vista ambientale, non sono presenti fattori ambientali che incidono sull'adozione delle tecnologie digitali, infatti elementi come l'accesso a infrastrutture digitali potrebbe incentivare e influenzare le scelte tecnologiche delle imprese. Sarebbe necessario, quindi, incrementare la ricerca investigando nuovi fattori di analisi soprattutto dal punto di vista ambientale.

In terzo luogo, l'analisi della letteratura ha permesso di identificare otto differenti tecnologie digitali, rilevanti per l'analisi dell'adozione delle tecnologie digitali delle imprese agricole. Attraverso il questionario, sono stati raccolti i dati sull'adozione delle otto tecnologie digitali nelle imprese agricole italiane, così da poter identificare quali sono i fattori di adozione che più rilevanti. Il campione delle imprese agricole ottenuto permette di ottenere una visione rappresentativa dell'adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole italiane, pur considerando fattori di differenti tipologie (organizzativi, ambientali e organizzativi). Dal punto di vista teorico, sarebbe opportuno ampliare la raccolta dei dati, lasciando invariate le otto tecnologie digitali prese in considerazione e la teoria TOE come modello di riferimento. Un incremento della raccolta dati, permetterebbe di sviluppare nuovi modelli statistici in grado anche di confrontare realtà differenti: nazionali e internazionali.

In quarto luogo, il questionario realizzato e utilizzato per la raccolta dati, ha permesso di identificare i principali fattori di adozione – fattori abilitanti, barriere e risultati - delle otto differenti tecnologie digitali. La numerosità dei risultati ottenuti è limitata e pari all'8% del campione totale, evidenziando una bassa digitalizzazione delle imprese agricole italiana (ISTAT, 2022), soprattutto alcune delle otto tecnologie digitali investigate risultato per nulla adottate.

Sarebbe perciò opportuno incrementare la numerosità dei risultati, proponendo di indirizzare il questionario a filiere produttive più specifiche che potrebbero presentare un livello di digitalizzazione più elevato.

Riguardo la mancanza di personalizzazione, il questionario potrebbe aver causato confusione, in quanto è realizzato da sezioni identiche per ciascuna delle otto tecnologie digitali, non evidenziando le specificità e le caratteristiche di ognuna e tralasciando fattori rilevanti per l'adozione. Per tale ragione è necessario effettuare un'analisi sulle otto tecnologie digitali analizzate nello studio per comprendere l'effettiva rilevanza e utilità nel settore agricole, procedere ad un miglioramento del questionario aggiungendo spiegazioni chiare e dettagliate così da evitare fraintendimenti, e infine, rivisitare il questionario aggiungendo sezioni dedicate a ciascuna tecnologia digitale, evidenziando le caratteristiche peculiari di ciascuna.

Per concludere, l'analisi considera un modello di analisi puramente quantitativo. L'integrazione di ulteriori modelli di ricerca – di tipo qualitativo-, come le interviste, potrebbero fornire una visione più completa e dettagliata riguardo l'adozione delle tecnologie digitali. Infatti, attraverso le interviste, sarà possibile esplorare più dettagliatamente le motivazioni che singole le imprese agricole ad adottare una specifica tecnologia digitale, ma soprattutto permetterebbero di identificare contesti particolari di imprese agricole.

6.3 Implicazioni pratiche

La nostra ricerca di dottorato presenta, infine, implicazioni anche di tipo pratico. In primo luogo, è doveroso affermare che, dal punto di vista della ricerca, sono assenti studi che indagano il contesto nazionale italiano. L'analisi della letteratura ha permesso di identificare che gli studi riguardo l'agricoltura 4.0 nei territori italiani sono prevalentemente bassi (Giua et al., 2022). Infatti, anche se in Italia il settore agricolo è da sempre considerato il settore primario prevalente per la produzione e per l'economia italiana, la digitalizzazione è un processo che tutt'oggi è scarsamente implementato. Sarebbe perciò opportuno verificare se, in un contesto di filiera, le tecnologie digitali vengono maggiormente adottate.

In secondo luogo, l'adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole dipende moltissimo dalle competenze. Le organizzazioni dovrebbero essere dotate di persone qualificate,

sottoposte a formazione continua in modo da essere sempre aggiornata e pronta alle nuove innovazioni (Kudryavtseva & Skhvediani, 2020). Non disporre delle competenze necessarie, rende le imprese agricole poco coinvolte e orientate verso un processo di digitalizzazione e soprattutto orientato al cambiamento (Pivoto et al., 2019), rispetto invece alle imprese che utilizzano personale qualificato per valutare e identificare i vantaggi che le tecnologie digitali possono apportare alle imprese agricole (Giua et al., 2021)

In terzo luogo, le tecnologie digitali investigate attraverso il modello di Heckman – sensori, sistemi informativi aziendali e macchine agricole automatizzate - hanno la necessità di incrementare i fattori ambientali, dato che nessun fattore relativo risulta significativo. Per tale ragione, non è possibile attribuire una gestione efficace nelle imprese agricole italiane data la mancanza di interazione tra tecnologia, organizzazione e ambiente esterno. Perciò, è importante incrementare l'analisi cercando di evidenziare – se esistono – i fattori ambientali rilevanti nell'adozione delle imprese agricole, soprattutto rispetto alle imprese in grado di investire e incentivare la tecnologia digitale, riuscendo a monitorare costantemente l'ambiente così da incrementare l'evoluzione digitale nelle imprese agricole.

È importante che le imprese agricole individuano modalità rilevanti attraverso le quali promuovere dati e informazioni raccolte attraverso le tecnologie digitali. Le imprese agricole possono disporre di tecnologie digitali in grado di inglobare i dati e di modificarli, producendo informazioni utili non solo per la singola impresa agricola, ma anche per le imprese del settore. In particolari condizioni, molte imprese agricole potrebbero decidere di non promuovere la diffusione delle informazioni considerando le informazioni riservate e basate su principi di privacy. È quindi necessario identificare e sostenere delle modalità e dei regolamenti utili alle imprese agricole che possono utilizzare per identificare modelli di diffusione dei dati.

La modernizzazione delle imprese agricole rappresenta un obiettivo fondamentale per incrementare lo sviluppo del settore agricolo, sia dal punto di vista economico sia sostenibile. Il governo rappresenta l'istituzione principale che, attraverso azioni mirate, può contribuire nello sviluppo attraverso la promozione di varie tipologie di incentivi finanziari. Tra questi, i più rilevanti sono rappresentati dalle sovvenzioni per la ricerca e sviluppo, incentivi fiscali e infine, prestiti finanziari. Le tre tipologie di incentivi fiscali rappresentano risorse finanziarie destinate a supportare le imprese verso l'innovazione digitale, incrementando non solo il capitale economico ma anche relativo a capacità e competenze. Oltre a disponibilità economiche, le imprese agricole devono disporre di un proprio capitale di competenza, non legato solamente alla formazione e diffusione dei risultati, ma anche alla collaborazione tra pubblico e privato. Le imprese agricole devono riuscire a promuovere e incrementare la collaborazione con gli enti di ricerca e/o le università, così da sviluppare e migliorare le tecnologie digitali e sviluppare soluzioni sempre più innovative. Tali

attività di collaborazione tra enti e aziende agricole permetteranno di favorire l'adozione di nuove imprese agricole sempre più digitali, grazie soprattutto alla modernizzazione di infrastrutture tradizionali che incrementano servizi sempre più digitali per la produzione agricola e gli allevamenti. Infine, attraverso il capitale di conoscenza, le imprese riusciranno a incrementare e adottare pratiche sempre più sostenibili, in grado di tutelare l'ambiente e riducendo gli impatti ambientali.

7 Conclusioni

La tesi di dottorato analizza i fenomeni di TD e digitalizzazione, contribuendo nella ricerca di Agricoltura 4.0 nelle imprese agricole italiane, dove l'adozione delle moderne tecnologie digitali è in fase di crescita ma ancora lontano da essere adottato ad un contesto nazionale. Abbiamo utilizzato metodologie di ricerca differenti per identificare, inizialmente, concetti puramente teorici di digitalizzazione e TD, per poi procedere nell'identificazione ed estrazione dei principali fattori di adozione – barriere, fattori abilitanti e risultati – delle più rilevanti tecnologie digitali adottate nelle imprese agricole. Successivamente, attraverso un'analisi empirica, preceduta dalla somministrazione di un questionario, abbiamo cercato di testare, attraverso un modello basato sulla teoria TOE, i fattori che maggiormente incidono sull'adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole italiane.

I risultati evidenziano che i fattori più importanti sono contenuti nelle sezioni della tecnologia e dell'organizzazione del modello TOE, mentre nella sezione dell'ambiente esterno non prevalgono fattori importanti per l'adozione delle tecnologie digitali.

La nostra tesi di dottorato presenta delle limitazioni importanti che devono essere prese in considerazione, dato che l'Agricoltura 4.0 pur essendo un concetto molto importante, ha uno sviluppo ancora limitato nelle imprese agricole italiane. In primo luogo, possiamo affermare che la nostra analisi tiene conto solamente di un ridotto numero di tecnologie digitali rispetto a quelle che solitamente è possibile adottare nelle imprese agricole. La mancata adozione e l'assenza di dati su specifiche tecnologie potrebbe aver influenzato i risultati, così da non sviluppare un quadro completo dell'impatto che le tecnologie digitali sono in grado di realizzare nelle imprese agricole italiane. In secondo luogo, abbiamo ottenuto uno scarso numero di risposte al questionario, pur avendo sollecitato molto spesso le imprese agricole. Questa limitazione non ci permettono di contestualizzare e generalizzare i risultati dato che lo scarso numero di risultati potrebbe non essere rappresentativo dell'intero territorio nazionale ma solamente delle imprese agricole che hanno partecipato al questionario. Nonostante questi limiti, la nostra tesi di dottorato riesce a promuovere la comprensione relativa all'adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole italiane.

Per incentivare la ricerca verso obiettivi futuri, sarà necessario incrementare il modello TOE ottenuto dall'analisi empirica, attraverso nuovi fattori da ricercare nella letteratura più recente e in continua evoluzione. Tali fattori richiederanno nuove fasi di analisi e validazioni che potrebbero avvenire non solo attraverso analisi quantitative ma anche di tipo qualitative, sempre con l'obiettivo di validare la teoria esistente, magari anche integrando nuovi modelli teorici nell'analisi. L'integrazione del modello con nuovi fattori e teorie consentirà un'esplorazione più approfondita nel campo di ricerca dell'Agricoltura 4.0, ancora ad oggi limitato nelle imprese agricole italiane.

Atra proposta utile per la ricerca futura, sarà quella di ampliare lo studio analizzando contesti nazionali differenti, che escono fuori dall'Italia. Infatti, un'esplorazione dei paesi europei, o addirittura di paesi internazionali come Cina e Stati Uniti, permetterebbe di ampliare il contesto di ricerca incrementando ancora di più l'analisi. Avere a disposizione un campione di dati più numeroso su contesti differenti, consentirebbe di identificare divergenze di contesto, in grado di confrontare come il modello TOE è in grado di sapersi adattare in nazioni dove la digitalizzazione è più sviluppata, soprattutto nei contesti agricoli. Oltre al contesto della digitalizzazione, sarebbe opportuno ampliare lo studio verso altre nazioni così da identificare – se esistono – le competenze necessarie e utili agli operatori delle imprese agricole per adottare le tecnologie digitali, date le differenze di contesto sociale che esistono tra le varie nazioni.

L'agricoltura 4.0 quindi, è da intendersi come un concetto molto importante, ma il suo sviluppo nelle imprese agricole è ancora in essere e richiede ancora diversi anni per completare le applicazioni. validità. Sarà necessario un impegno costante ma soprattutto un supporto da parte delle istituzioni che dovranno promuovere e incentivare le imprese agricole verso un miglioramento e una crescita costante nel tempo.

Bibliografia

- Aarthi Dhakshana J.D, & Rajandran K.V.R. (2018). Effectiveness of ICTs in dissemination of agricultural information among farmers in cauvery Delta, Thanjavur. *International Journal of Supply Chain Management*.
- Aivazidou, E., & Tsolakis, N. (2022). Transitioning towards human–robot synergy in agriculture: A systems thinking perspective. *Systems Research and Behavioral Science*. <https://doi.org/10.1002/sres.2887>
- Annosi, M. C., Brunetta, F., Monti, A., & Nat, F. (2019). Is the trend your friend? An analysis of technology 4.0 investment decisions in agricultural SMEs. *Computers in Industry*, 109, 59–71. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.04.003>
- Appelbaum, S. H. (1997). Socio-technical systems theory: an intervention strategy for organizational development. *Management Decision*, 35(6), 452–463. <https://doi.org/10.1108/00251749710173823>
- Armstrong, L. J., Diepeveen, D. A., & Tantisantisom, K. (2010). An eAgriculture-based decision support framework for information dissemination. *International Journal of Human Capital and Information Technology Professionals*, 1(4), 1–13. <https://doi.org/10.4018/jhctip.2010100101>
- Aubert, B. A., Schroeder, A., & Grimaudo, J. (2012). IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology. *Decision Support Systems*, 54(1), 510–520. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2012.07.002>
- Bansal, K. (2020). DATA MINING TECHNIQUES FOR INCREASING SMART FARMING IN AGRARIAN SECTOR. *INTERNATIONAL JOURNAL OF SCIENTIFIC & TECHNOLOGY RESEARCH*, 9, 2. www.ijstr.org
- Bärnighausen, T., Bor, J., Wandira-Kazibwe, S., & Canning, D. (2011). Correcting HIV prevalence estimates for survey nonparticipation using heckman-type selection models. *Epidemiology*, 22(1), 27–35. <https://doi.org/10.1097/EDE.0b013e3181ffa201>
- Binsardi, B. L., & Ahmed, B. (2013). The acceptance and adoption of mobile telephony by Bangladeshi farmers: a qualitative enquiry) 'The acceptance and adoption of mobile telephony by Bangladeshi farmers: a qualitative enquiry. In *Int. J. Management Practice* (Vol. 6, Issue 2).
- Bitrus, S., Vajjhala, R., & Strang, K. D. (2019). Factors impacting farm management decision making software adoption. *International Journal of Sustainable Agricultural Management and Informatics*, 5(1), 1. <https://doi.org/10.1504/ij sami.2019.10019819>
- Blok, V., & Gremmen, B. (2018). Agricultural technologies as living machines: Toward a biomimetic conceptualization of smart farming technologies. *Ethics, Policy and Environment*, 21(2), 246–263. <https://doi.org/10.1080/21550085.2018.1509491>
- Bostrom, R. P., & Heinen, J. S. (1977). *MIS Problems and Failures: A Socio-Technical Perspective, Part II: The Application of Socio-Technical Theory* (Vol. 1, Issue 4).
- Bryan, J. D., & Zuva, T. (2021). A Review on TAM and TOE Framework Progression and How These Models Integrate. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal*, 6(3), 137–145. <https://doi.org/10.25046/aj060316>
- Bushway, S., Johnson, B. D., & Slocum, L. A. (2007). Is the magic still there? The use of the Heckman two-step correction for selection bias in criminology. *Journal of Quantitative Criminology*, 23(2), 151–178. <https://doi.org/10.1007/s10940-007-9024-4>
- Cagnetti, C., & Braccini, A. M. (2023). La digitalizzazione delle organizzazioni nel settore dell'agricoltura- un'analisi esplorativa su fattori abilitanti, barriere e risultati dell'adozione delle tecnologie digitali. *Prospettive in Organizzazione*.
- Cannas, R. (2021). Exploring digital transformation and dynamic capabilities in agrifood SMEs. *Journal of Small Business Management*. <https://doi.org/10.1080/00472778.2020.1844494>

- Carmela Annosi, M., Brunetta, F., Capo, F., & Heideveld, L. (2020). Digitalization in the agri-food industry: the relationship between technology and sustainable development. *Management Decision*, 58(8), 1737–1757. <https://doi.org/10.1108/MD-09-2019-1328>
- Carolyn Mackrell, D., & Veronica Boyle, M. (2010). NOT SO “INVISIBLE”: A QUALITATIVE CASE STUDY EXPLORING GENDER RELATIONS AND FARM MANAGEMENT SOFTWARE. In *Australasian Journal of Information Systems* (Vol. 16).
- CENTRO STUDI TIM. (2022). *Smart Agriculture - Il futuro dell'agroalimentare italiano*.
- Chaudhuri, B., & Kendall, L. (2021). Collaboration without consensus: Building resilience in sustainable agriculture through ICTs. *Information Society*, 37(1), 1–19. <https://doi.org/10.1080/01972243.2020.1844828>
- Chen, Y., Li, Y., & Li, C. (2020). Electronic agriculture, blockchain and digital agricultural democratization: Origin, theory and application. *Journal of Cleaner Production*, 268. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122071>
- Chuang, J. H., Wang, J. H., & Liang, C. (2020). Implementation of internet of things depends on intention: Young farmers' willingness to accept innovative technology. *International Food and Agribusiness Management Review*, 23(2), 253–266. <https://doi.org/10.22434/IFAMR2019.0121>
- Clark, S. J., & Houle, B. (2014). Validation, replication, and sensitivity testing of Heckman-type selection models to adjust estimates of HIV prevalence. *PLoS ONE*, 9(11). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0112563>
- Consiglio per la ricerca in agricoltura e l'analisi dell'economia agraria. (2021). *L'agricoltura italiana conta 2021*. CREA.
- Couper, M. P. (2000). Review: Web Surveys: A Review of Issues and Approaches. In *Source: The Public Opinion Quarterly* (Vol. 64, Issue 4). Winter.
- Dannenberg, P., & Lakes, T. (2013). The use of mobile phones by Kenyan export-orientated small-scale farmers: Insights from fruit and vegetable farming in the Mt. Kenya region. *Economia Agro-Alimentare*, 15(3), 55–75. <https://doi.org/10.3280/ECAG2013-003005>
- Dhakal, K. (2022). NVivo. In *Journal of the Medical Library Association* (Vol. 110, Issue 2, pp. 270–272). Medical Library Association. <https://doi.org/10.5195/jmla.2022.1271>
- Duangsuwan, S., Teekapakvisit, C., & 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*, 5(4), 381–387. <https://doi.org/10.25046/aj050444>
- Eastwood, C., Klerkx, L., Ayre, M., & Dela Rue, B. (2019). Managing Socio-Ethical Challenges in the Development of Smart Farming: From a Fragmented to a Comprehensive Approach for Responsible Research and Innovation. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 32(5–6), 741–768. <https://doi.org/10.1007/s10806-017-9704-5>
- Eastwood, C., Klerkx, L., & Nettle, R. (2017). Dynamics and distribution of public and private research and extension roles for technological innovation and diffusion: Case studies of the implementation and adaptation of precision farming technologies. *Journal of Rural Studies*, 49, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2016.11.008>
- Ebert, C., & Duarte, C. H. C. (2018). Digital Transformation. *IEEE Software*, 35(4), 16–21. <https://doi.org/10.1109/MS.2018.2801537>
- Escamilla-García, A., Soto-Zarazúa, G. M., Toledano-Ayala, M., Rivas-Araiza, E., & Gastélum-Barrios, A. (2020). Applications of Artificial Neural Networks in Greenhouse Technology and Overview for Smart Agriculture Development. *Applied Sciences*. <https://doi.org/10.3390/app10113835>
- Galliano, D., & Orozco, L. (2013). New Technologies and Firm Organization: The Case of Electronic Traceability Systems in French Agribusiness. *Industry and Innovation*, 20(1), 22–47. <https://doi.org/10.1080/13662716.2013.761379>
- Gerli, P., Clement, J., Esposito, G., Mora, L., & Crutzen, N. (2022a). The hidden power of emotions: How psychological factors influence skill development in smart technology adoption. *Technological Forecasting and Social Change*, 180. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121721>

- Gerli, P., Clement, J., Esposito, G., Mora, L., & Crutzen, N. (2022b). The hidden power of emotions: How psychological factors influence skill development in smart technology adoption. *Technological Forecasting and Social Change*, 180(April), 121721. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121721>
- Ghimire, R., & Huang, W. C. (2016). Adoption Pattern and Welfare Impact of Agricultural Technology: Empirical Evidence from Rice Farmers in Nepal. *Journal of South Asian Development*, 11(1), 113–137. <https://doi.org/10.1177/0973174116629254>
- Gill, S. S., Buyya, R., & Chana, I. (2017). IoT based agriculture as a cloud and big data service: The beginning of digital India. *Journal of Organizational and End User Computing*, 29(4), 1–23. <https://doi.org/10.4018/JOEUC.2017100101>
- Giua, C., Materia, V. C., & Camanzi, L. (2021). Management information system adoption at the farm level: evidence from the literature. *British Food Journal*, 123(3), 884–909. <https://doi.org/10.1108/BFJ-05-2020-0420>
- Giua, C., Materia, V. C., & Camanzi, L. (2022). Smart farming technologies adoption: Which factors play a role in the digital transition? *Technology in Society*, 68. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.101869>
- Gnesi, C. (2022). *Digitalizzazione e innovazione delle aziende agricole italiane*.
- Gray, C. (2002). Entrepreneurship, resistance to change and growth in small firms. *Journal of Small Business and Enterprise Development*, 9(1), 61–72. <https://doi.org/10.1108/14626000210419491>
- Groher, T., Heitkämper, K., Walter, A., Liebisch, F., & Umstätter, C. (2020). Status quo of adoption of precision agriculture enabling technologies in Swiss plant production. *Precision Agriculture*, 21(6), 1327–1350. <https://doi.org/10.1007/s11119-020-09723-5>
- Harris, D. R., & Fuller, D. Q. (2014). Agriculture: Definition and Overview. In *Encyclopedia of Global Archaeology* (pp. 104–113). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0465-2_64
- Hassan, S. Z., Jajja, M. S. S., Asif, M., & Foster, G. (2020). Bringing more value to small farmers: a study of potato farmers in Pakistan. *Management Decision*, 59(4), 829–857. <https://doi.org/10.1108/MD-12-2018-1392>
- Hayat, N., Al Mamun, A., Nasir, N. A. M., & Nawi, N. C. (2019). Farmer's evaluation on conservative agriculture practices. *International Journal of Sustainable Agricultural Management and Informatics*, 5(4), 281–299. <https://doi.org/10.1504/IJSAMI.2019.104616>
- Heckman, J. J. (1979). *Sample Selection Bias as a Specification Error* (Vol. 47, Issue 1).
- Hirst, A., & Humphreys, M. (2015). Configurable Bureaucracy and the Making of Modular Man. *Organization Studies*, 36(11), 1531–1553. <https://doi.org/10.1177/0170840615593585>
- Hoffmann, R., & Kassouf, A. L. (2005). Deriving conditional and unconditional marginal effects in log earnings equations estimated by Heckman's procedure. *Applied Economics*, 37(11), 1303–1311. <https://doi.org/10.1080/00036840500118614>
- Ibrahim, A. M., Hassan, M. S., & Gusau, A. L. (2018). Factors influencing acceptance and use of ICT innovations by agribusinesses. *Journal of Global Information Management*, 26(4), 113–134. <https://doi.org/10.4018/JGIM.2018100107>
- ISTAT. (2022). *Digitalizzazione e innovazione delle aziende agricole italiane*.
- Jakku, E., Taylor, B., Fleming, A., Mason, C., Fielke, S., Sounness, C., & Thorburn, P. (2019). “If they don't tell us what they do with it, why would we trust them?” Trust, transparency and benefit-sharing in Smart Farming. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 90–91. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2018.11.002>
- Jay Barney. (1991). Firm Resources and Sustained Competitive Advantage. *Journal of Management*.
- Khan, N., Ray, R. L., Zhang, S., Osabuohien, E., & Ihtisham, M. (2022). Influence of mobile phone and internet technology on income of rural farmers: Evidence from Khyber Pakhtunkhwa Province, Pakistan. *Technology in Society*, 68. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2022.101866>

- Khanh Chi, N. T. (2022). Driving factors for green innovation in agricultural production: An empirical study in an emerging economy. *Journal of Cleaner Production*, 368. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132965>
- Khanna, M. (2020). Digital Transformation of the Agricultural Sector: Pathways, Drivers and Policy Implications. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 00(00), 1–22. <https://doi.org/10.1002/aepp.13103>
- Kidd, P. T. (2012). The role of the internet of things in enabling sustainable agriculture in Europe. *International Journal of RF Technologies: Research and Applications*, 3(1), 67–83. <https://doi.org/10.3233/RFT-2011-017>
- Kitole, F. A., Mkuna, E., & Sesabo, J. K. (2024). Digitalization and agricultural transformation in developing countries: Empirical evidence from Tanzania agriculture sector. *Smart Agricultural Technology*, 7. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2023.100379>
- Kitouni, I., Benmerzoug, D., & Lezzar, F. (2018). Smart agricultural enterprise system based on integration of internet of things and agent technology. *Journal of Organizational and End User Computing*, 30(4), 64–82. <https://doi.org/10.4018/JOEUC.2018100105>
- Klerkx, L., Jakku, E., & Labarthe, P. (2019a). A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. In *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences* (Vols. 90–91). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100315>
- Klerkx, L., Jakku, E., & Labarthe, P. (2019b). A review of social science on digital agriculture, smart farming and agriculture 4.0: New contributions and a future research agenda. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 90–91(October), 100315. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100315>
- Knierim, A., Kernecker, M., Erdle, K., Kraus, T., Borges, F., & Wurbs, A. (2019). Smart farming technology innovations – Insights and reflections from the German Smart-AKIS hub. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 90–91. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100314>
- Kountios, G., Bournaris, T., Papadavid, G., Michailidis, A., & Papadaki-Klavdianou, A. (2018). Exploring educational needs of young farmers in precision agriculture in Serres, Greece, and the perspective of innovative agricultural educational programs. *J. International Business and Entrepreneurship Development*, 11(1).
- Krishnan, S. S. R. , & K. T. A. A. (2019). A Practical Implementation Smart Farming Using Recommendation Routing in WSN 336. *Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE)*.
- Kshetri, N. (2021). Blockchain and sustainable supply chain management in developing countries. *International Journal of Information Management*, 60. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2021.102376>
- Kudryavtseva, T., & Skhvediani, A. (2020). Effectiveness Assessment of Investments in Robotic Biological Plant Protection. *International Journal of Technology*, 11(8), 1589–1597. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v11i8.4528>
- Kumar, K. (2016). HOW TO CREATE AN ONLINE SURVEY USING GOOGLE FORMS. *International Journal of Library and Information Studies*, 6(3). www.ijlis.org
- Li, X., Wang, D., & Li, M. (2020). Convenience analysis of sustainable E-agriculture based on blockchain technology. *Journal of Cleaner Production*, 271, 122503. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122503>
- Lin, J., Li, L., Luo, X. (Robert), & Benitez, J. (2020). How do agribusinesses thrive through complexity? The pivotal role of e-commerce capability and business agility. *Decision Support Systems*, 135(June), 113342. <https://doi.org/10.1016/j.dss.2020.113342>
- Lioutas, E. D., Charatsari, C., & De Rosa, M. (2021). Digitalization of agriculture: A way to solve the food problem or a trolley dilemma? *Technology in Society*, 67(May), 101744. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2021.101744>
- Mackey, Alison., & Gass, S. M. (2012). *Research methods in second language acquisition : a practical guide*. Wiley-Blackwell.

- Maffezzoli, F., Ardolino, M., Bacchetti, A., Perona, M., & Renga, F. (2022). Agriculture 4.0: A systematic literature review on the paradigm, technologies and benefits. *Futures*, 142. <https://doi.org/10.1016/j.futures.2022.102998>
- Marras, M. F., De Leo, S., Giuca, S., Macrì, M. C., Sardone, R., Viganò, L., Bonfiglio, A., Briamonte, L., Carillo, F., Cardillo, C., Castellotti, T., Cisilino, F., Fabiani, S., Frascchetti, L., Lironcurti, S. R., Lupia, F., Maluccio, S., Nino, P., Parisse, B., ... Ruberto, R. (2022). *L'AGRICOLTURA ITALIANA CONTA*. <https://www.crea.gov.it/web/politiche-e-bioeconomia/-/agricoltura-italiana-conta>
- McElwee, G., & Smith, R. (2005). *CLASSIFYING THE STRATEGIC CAPABILITY OF FARMERS: A SEGMENTATION FRAMEWORK*.
- Michels, M., Fecke, W., Feil, J. H., Musshoff, O., Pigisch, J., & Krone, S. (2020). Smartphone adoption and use in agriculture: empirical evidence from Germany. *Precision Agriculture*, 21(2), 403–425. <https://doi.org/10.1007/s11119-019-09675-5>
- Miyaoka, A., Decker-Woodrow, L., Hartman, N., Booker, B., & Ottmar, E. (2023). Emergent Coding and Topic Modeling: A Comparison of Two Qualitative Analysis Methods on Teacher Focus Group Data. *International Journal of Qualitative Methods*, 22. <https://doi.org/10.1177/16094069231165950>
- Moga, L. M., Constantin, D. L., & Antohi, V. M. (2012). A Regional Approach of the Information Technology Adoption in the Romanian Agricultural Farms. In *Informatica Economică* (Vol. 16, Issue 4).
- Moon, J., Park, J., Jung, G. H., & Choe, Y. C. (2010). The impact of IT use on migration intentions in rural communities. *Technological Forecasting and Social Change*, 77(8), 1401–1411. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2010.04.018>
- Morrissey, K., Kinderman, P., Pontin, E., Tai, S., & Schwannauer, M. (2016). Web based health surveys: Using a Two Step Heckman model to examine their potential for population health analysis. *Social Science and Medicine*, 163, 45–53. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2016.06.053>
- Navakitkanok, P., & Chandrachai, A. (2020). INNOVATIVE ENTREPRENEURSHIP MODEL FOR AGRICULTURAL PROCESSING SMES IN THAILAND'S DIGITAL AND INDUSTRIES 4.0 ERA. In *Academy of Entrepreneurship Journal* (Vol. 26, Issue 4).
- Navimipour, N. J., Milani, F. S., & Hossenzadeh, M. (2018). A model for examining the role of effective factors on the performance of organizations. *Technology in Society*, 55, 166–174. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2018.06.003>
- Okonkwo, C. W., Huisman, M., & Taylor, E. (2020). A framework for adoption and diffusion of mobile applications in Africa. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems*, 5(6), 1577–1592. <https://doi.org/10.25046/aj0506189>
- Osmanoglu, M., Tugrul, B., Dogantuna, T., & Bostanci, E. (2020). An Effective Yield Estimation System Based on Blockchain Technology. *IEEE Transactions on Engineering Management*, 67(4), 1157–1168. <https://doi.org/10.1109/TEM.2020.2978829>
- Osservatorio Smart AgriFood. (2022). *Smart agrifood: raccogliamo i frutti dell'innovazione digitale*.
- Pivoto, D., Barham, B., Waquil, P. D., Foguesatto, C. R., Corte, V. F. D., Zhang, D., & Talamini, E. (2019). Factors influencing the adoption of smart farming by Brazilian grain farmers. *International Food and Agribusiness Management Review*, 22(4), 571–588. <https://doi.org/10.22434/IFAMR2018.0086>
- Qi, Q., Tao, F., Hu, T., Anwer, N., Liu, A., Wei, Y., Wang, L., & Nee, A. Y. C. (2021). Enabling technologies and tools for digital twin. *Journal of Manufacturing Systems*, 58, 3–21. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2019.10.001>
- Razilan Abdul Kadir, M., Shahrul Nizam Mohd Danuri, M., & Sazili Shahibi, M. (2019). Transforming Smallholder Farmers Business towards Agribusiness: A Framework Using ICT. *SOCIAL SCIENCES & HUMANITIES*, 1635–1658. <http://www.pertanika.upm.edu.my/>

- Regan, Á. (2019). 'Smart farming' in Ireland: A risk perception study with key governance actors. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 90–91(February), 100292. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.02.003>
- Regan, Á. (2021). Exploring the readiness of publicly funded researchers to practice responsible research and innovation in digital agriculture. *Journal of Responsible Innovation*, 8(1), 28–47. <https://doi.org/10.1080/23299460.2021.1904755>
- Relf-Eckstein, J. E., Ballantyne, A. T., & Phillips, P. W. B. (2019). Farming Reimagined: A case study of autonomous farm equipment and creating an innovation opportunity space for broadacre smart farming. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 90–91. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100307>
- Rieple, A., & Snijders, S. (2018). The role of emotions in the choice to adopt, or resist, innovations by Irish dairy farmers. *Journal of Business Research*, 85, 23–31. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2017.11.039>
- Rijanto, A. (2020). Business financing and blockchain technology adoption in agroindustry. *Journal of Science and Technology Policy Management*, 12(2), 215–235. <https://doi.org/10.1108/JSTPM-03-2020-0065>
- Rijswijk, K., Klerkx, L., Bacco, M., Bartolini, F., Bulten, E., Debruyne, L., Dessein, J., Scotti, I., & Brunori, G. (2021). Digital transformation of agriculture and rural areas: A socio-cyber-physical system framework to support responsabilisation. *Journal of Rural Studies*, 85(August 2020), 79–90. <https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2021.05.003>
- Rijswijk, K., Klerkx, L., & Turner, J. A. (2019). Digitalisation in the New Zealand Agricultural Knowledge and Innovation System: Initial understandings and emerging organisational responses to digital agriculture. *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences*, 90–91. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.100313>
- Rogers, E. M., Singhal, A., & Quinlan, M. M. (2014). *Diffusion of innovations. In An integrated approach to communication theory and research* (Routledge).
- Ronaghi, M. H., & Forouharfar, A. (2020). A contextualized study of the usage of the Internet of things (IoTs) in smart farming in a typical Middle Eastern country within the context of Unified Theory of Acceptance and Use of Technology model (UTAUT). *Technology in Society*, 63. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101415>
- Rotz, S., Duncan, E., Small, M., Botschner, J., Dara, R., Mosby, I., Reed, M., & Fraser, E. D. G. (2019). The Politics of Digital Agricultural Technologies: A Preliminary Review. *Sociologia Ruralis*, 59(2), 203–229. <https://doi.org/10.1111/soru.12233>
- Ruffoni, E. P., & Reichert, F. M. (2022). Capabilities and Innovative Performance in the Brazilian Agricultural Machinery Industry. *Revista Brasileira de Gestao de Negocios*, 24(2), 275–293. <https://doi.org/10.7819/rbgn.v24i2.4168>
- Sarma, P. K. (2021). Adoption and impact of super granulated urea (guti urea) technology on farm productivity in Bangladesh: A Heckman two-stage model approach. *Environmental Challenges*, 5. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100228>
- Shen, Z., Wang, S., Boussemart, J. P., & Hao, Y. (2022). Digital transition and green growth in Chinese agriculture. *Technological Forecasting and Social Change*, 181. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121742>
- Shepherd, M., Turner, J. A., Small, B., & Wheeler, D. (2020). Priorities for science to overcome hurdles thwarting the full promise of the 'digital agriculture' revolution. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(14), 5083–5092. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9346>
- Si, L. F., Li, M. Y., & He, L. (2022). Farmland monitoring and livestock management based on internet of things. *Internet of Things (Netherlands)*, 19. <https://doi.org/10.1016/j.iot.2022.100581>
- Sibona, F., Chiavarini, L., Bortoletto, A., & Mainiero, S. (2020a). Innovation in farming: An engaging and rewarding business model to foster digitalization. *CERN IdeaSquare Journal of Experimental Innovation*, 4(1), 9–15. <https://doi.org/10.23726/cij.2020.1052>

- Sibona, F., Chiavarini, L., Bortoletto, A., & Mainiero, S. (2020b). Innovation in farming: An engaging and rewarding business model to foster digitalization. *CERN IdeaSquare Journal of Experimental Innovation*, 4(1), 9–15. <https://doi.org/10.23726/cij.2020.1052>
- Singh, S., Haneef, F., Kumar, S., & Oongsakul, V. (2020). A framework for successful IoT adoption in agriculture sector: a total interpretive structural modelling approach. *J. for Global Business Advancement*, 13(3), 382. <https://doi.org/10.1504/jgba.2020.10033252>
- Snow, C. C., Fjeldstad, Ø. D., & Langer, A. M. (2017). Designing the digital organization. *Journal of Organization Design*, 6(1), 7–8. <https://doi.org/10.1186/s41469-017-0017-y>
- Sondhi, T. S., S. A. R., B. K. S. (n.d.). *InFEvoS: Integrated Farming Evolution System* 933.
- Sørensen, C. G., Fountas, S., Nash, E., Pesonen, L., Bochtis, D., Pedersen, S. M., Basso, B., & Blackmore, S. B. (2010). Conceptual model of a future farm management information system. *Computers and Electronics in Agriculture*, 72(1), 37–47. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2010.02.003>
- Sott, M. K., Furstenau, L. B., Kipper, L. M., Giraldo, F. D., Lopez-Robles, J. R., Cobo, M. J., Zahid, A., Abbasi, Q. H., & Imran, M. A. (2020). Precision Techniques and Agriculture 4.0 Technologies to Promote Sustainability in the Coffee Sector: State of the Art, Challenges and Future Trends. *IEEE Access*, 8, 149854–149867. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3016325>
- Spanaki, K., Karafili, 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. <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2021.102350>
- Stone, D. H. (1993). Design a questionnaire. In *British Medical Journal* (Vol. 307, Issue 6914, pp. 1264–1266). <https://doi.org/10.1136/bmj.307.6914.1264>
- Suresh, R., & Venkateswara Prasad, B. (2019). Internet of things enabled inclusive business model for Indian agriculture. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 8(2 Special Issue 11), 2901–2903. <https://doi.org/10.35940/ijrte.B1365.0982S1119>
- Teniwut, Y. K., Marimin, M., & Indrasti, N. S. (2017). Spatial intelligent decision support system for increasing productivity on natural rubber agroindustry by green productivity approach. *International Journal of Productivity and Performance Management*, 66(6), 742–765. <https://doi.org/10.1108/IJPPM-01-2016-0005>
- The University of Queensland. (n.d.). *NVivo: 12Pro Essentials*.
- Théberge, P. (2015). Digitalization. *The Routledge Reader on the Sociology of Music*, 329–338. <https://doi.org/10.4324/9780203736319-36>
- Tolentino, T. R., & Hernandez, A. A. (2020). User Acceptance of Agricultural Market Information System with Analytics: Insights from the Philippines. *International Journal of Enterprise Information Systems*, 16(4), 39–57. <https://doi.org/10.4018/IJEIS.2020100103>
- Toomet, O., & Henningsen, A. (2008). *Journal of Statistical Software Sample Selection Models in R: Package sampleSelection* (Vol. 27, Issue 7). <http://www.jstatsoft.org/>
- Tornatzky, L. G., & Fleischer, M. (1990). *The Processes of Technological Innovation*. Lexington. [https://www.scirp.org/\(S\(351jmbntvnsjt1aadkoze\)\)/reference/referencespapers.aspx?referenceid=1771512](https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkoze))/reference/referencespapers.aspx?referenceid=1771512)
- Tummers, J., Kassahun, A., & Tekinerdogan, B. (2019). Obstacles and features of Farm Management Information Systems: A systematic literature review. In *Computers and Electronics in Agriculture* (Vol. 157, pp. 189–204). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.12.044>
- Valiyev, A. (2022). The Digitalization Effectiveness as an Innovative Factor Development of the Agriculture in Azerbaijan. *Journal of Eastern European and Central Asian Research*, 9(2), 194–205.
- Valsamidis, S., Kazanidis, I., Petasakis, I., & Kontogiannis, S. (2015). An adaptive prototype system for ubiquitous learning in agriculture. *International Journal of Sustainable Agricultural Management and Informatics*, 1(4), 317–332. <https://doi.org/10.1504/IJSAMI.2015.075029>

- van der Burg, S., Bogaardt, M. J., & Wolfert, S. (2019). Ethics of smart farming: Current questions and directions for responsible innovation towards the future. In *NJAS - Wageningen Journal of Life Sciences* (Vols. 90–91). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.01.001>
- van der Burg, S., Wiseman, L., & Krkeljas, J. (2020). Trust in farm data sharing: reflections on the EU code of conduct for agricultural data sharing. *Ethics and Information Technology*. <https://doi.org/10.1007/s10676-020-09543-1>
- Van Looy, A. (2021). A quantitative and qualitative study of the link between business process management and digital innovation. *Information and Management*, 58(2), 103413. <https://doi.org/10.1016/j.im.2020.103413>
- Vargas-Canales, J. M., Palacios-Rangel, M. I., Aguilar-Ávila, J., Camacho-Vera, J. H., Ocampo-Ledesma, J. G., & Medina-Cuellar, S. E. (2018). Efficiency of small enterprises of protected agriculture in the adoption of innovations in Mexico. *Estudios Gerenciales*, 34(146), 52–62. <https://doi.org/10.18046/j.estger.2018.146.2811>
- Venkatesh, V., Morris, M. G., Davis, G. B., & Davis, F. D. (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. In *Quarterly* (Vol. 27, Issue 3).
- Verdouw, C., Tekinerdogan, B., Beulens, A., & Wolfert, S. (2021). Digital twins in smart farming. *Agricultural Systems*, 189(December 2020), 103046. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2020.103046>
- Vial, G. (2019). Understanding digital transformation: A review and a research agenda. In *Journal of Strategic Information Systems* (Vol. 28, Issue 2, pp. 118–144). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.jsis.2019.01.003>
- Weber, R., Braun, J., & Frank, M. (2022). How does the Adoption of Digital Technologies Affect the Social Sustainability of Small-scale Agriculture in South-West Germany? *International Journal on Food System Dynamics*, 13(3), 275–293. <https://doi.org/10.18461/ijfsd.v13i3.C3>
- Webster, J., & Watson, R. T. (2002). Analyzing the Past to Prepare for the Future: Writing a Literature Review. *MIS Quarterly*, 26(2), xiii–xxiii. <https://doi.org/10.1.1.104.6570>
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). Big Data in Smart Farming – A review. In *Agricultural Systems* (Vol. 153, pp. 69–80). <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2017.01.023>
- Wu, S. (2024). The Path of Collaborative Innovation in Modern Agricultural Enterprises under the TOE Framework. *International Journal of Global Economics and Management*, 3(2), 345–352. <https://doi.org/10.62051/ijgem.v3n2.39>
- Yoon, C., Lim, D., & Park, C. (2020). Factors affecting adoption of smart farms: The case of Korea. *Computers in Human Behavior*, 108(February), 106309. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2020.106309>
- Yusoff, Z. Y. M., Ishak, M. K., & Alezabi, K. A. (2021). The role of RFID in green IoT: A survey on technologies, challenges and a way forward. *Advances in Science, Technology and Engineering Systems*, 6(1), 17–35. <https://doi.org/10.25046/aj060103>
- Zavhorodnii, A., Ohienko, M., Biletska, Y., Bondarenko, S., Duiunova, T., & Bodenchuk, L. (2021). Digitalization of agribusiness in the development of foreign economic relations of the region. *Journal of Information Technology Management*, 13, 123–141. <https://doi.org/10.22059/JITM.2021.82613>
- Zeng, M., & Lu, J. (2021). The impact of information technology capabilities on agri-food supply chain performance: the mediating effects of interorganizational relationships. *Journal of Enterprise Information Management*, 34(6), 1699–1721. <https://doi.org/10.1108/JEIM-08-2019-0237>
- Zhang, X., Tsai, F. S., Lin, C. C., Cheng, Y. F., & Lu, K. H. (2018). Fraud, economic versus social-psychological losses, and sustainable E-auction. *Sustainability (Switzerland)*, 10(9), 1–12. <https://doi.org/10.3390/su10093130>
- Zheng, L., Li, M., Wu, C., Ye, H., Ji, R., Deng, X., Che, Y., Fu, C., & Guo, W. (2011). Development of a smart mobile farming service system. *Mathematical and Computer Modelling*, 54(3–4), 1194–1203. <https://doi.org/10.1016/j.mcm.2010.11.053>

- Zhu, K., & Kraemer, K. L. (2005). Post-adoption variations in usage and value of e-business by organizations: Cross-country evidence from the retail industry. *Information Systems Research*, 16(1), 61–84. <https://doi.org/10.1287/isre.1050.0045>
- Zhukova, M., & Ulez'ko, A. (2019). *The specifics of the digital transformation of agriculture*. VI(43), 43–46. <https://doi.org/10.2991/ispc-19.2019.27>
- Zscheischler, J., Brunsch, R., Rogga, S., & Scholz, R. W. (2022). Perceived risks and vulnerabilities of employing digitalization and digital data in agriculture – Socially robust orientations from a transdisciplinary process. *Journal of Cleaner Production*, 358. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132034>

Allegati

Allegato A – Questionario sull'adozione delle tecnologie digitali nelle imprese agricole italiane

Il questionario che sta per svolgere è parte integrante della mia tesi di Dottorato svolta presso l'Università degli Studi della Tuscia, nel curriculum "Economia e trasformazione digitale delle PMI". La mia ricerca è svolta in collaborazione con il Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'economia agraria (CREA) e prevede lo studio delle aziende agricole che hanno avviato processi di adozione delle tecnologie digitali. Attualmente, esistono varie tecnologie digitali che possono essere implementate in agricoltura con funzionalità differenti, come i sensori, sistemi informativi per la gestione delle informazioni, analisi dei dati attraverso tecniche di intelligenza artificiale, droni o piattaforme di Internet of Things. Sulla base delle tecnologie digitali esistenti, è perciò importante comprendere il grado di adozione delle tecnologie digitali nelle aziende agricole, identificando le motivazioni per cui sono state adottate e i risultati prodotti, considerando anche eventuali ostacoli che le imprese possono incontrare nella loro adozione.

I dati raccolti verranno utilizzati nel rispetto della privacy e per scopi puramente accademici. La raccolta degli indirizzi e-mail sarà utilizzata solamente per future comunicazioni.

La ringrazio anticipatamente per la cortese attenzione e collaborazione.

Sezione 1 – Conoscenza delle tecnologie digitali

- 1) Quanto, su una scala da 1 a 5 (1= decisamente no; 5= decisamente sì) conosce le tecnologie digitali attualmente utilizzate nelle aziende?

1	2	3	4	5
---	---	---	---	---

- 2) Nella sua azienda ha deciso di adottare le tecnologie digitali?

☐ Sì

☐ No

Sezione 2 - Non adozione delle tecnologie digitali

- 3) Indicare su una scala da 1 a 5 (1= decisamente no; 5= decisamente sì) le motivazioni che la spingono a non adottare le tecnologie digitali nella sua azienda

	1	2	3	4	5
Mancanza di finanziamenti e incentivi da parte del governo					

Resistenza al cambiamento dei dipendenti					
Mancanza regolamenti e norme istituzionali					
Mancanza di competenze digitali (familiarità con termini, traduzione delle conoscenze, lingua)					
Mancanza di collaborazione all'interno e all'esterno dell'impresa					
Mancanza di modelli di business innovativi					
Dimensione delle imprese					
Età dei dipendenti					
Assenza di indicatori per valutare come le tecnologie influenzano il lavoro dei dipendenti					
Presenza di tecniche di produzione tradizionali nel settore agricolo					
Non sono presenti imprese agricole che utilizzano le tecnologie digitali					
Non c'è interesse ad utilizzare le tecnologie digitali					
Non c'è intenzione ad utilizzare le tecnologie digitali					

Sezione 3 - Adozione delle tecnologie digitali nelle aziende agricole

Sensori installati nei suoli per la raccolta di informazioni (temperatura, umidità, pressione, patogeni)

- 4) Qual è il grado di adozione dei Sensori installati nei suoli per la raccolta di informazioni (temperatura, umidità, pressione, patogeni) nella sua azienda?

- ☐ Interesse per l'adozione
- ☐ In corso di adozione
- ☐ Già adottato
- ☐ Adottato ma non ancora valutato

Sezione 4 - Adozione Sensori installati nei suoli per la raccolta di informazioni (temperatura, umidità, pressione, patogeni)

- 5) Indicare su una scala da 1 a 5 (1= decisamente no; 5= decisamente sì), quanto i seguenti elementi la incentivano a adottare i Sensori installati nei suoli per la raccolta di informazioni (temperatura, umidità, pressione, patogeni) nella sua azienda

	1	2	3	4	5
Disporre di competenze necessarie per utilizzare le tecnologie					
Avere accesso a finanziamenti e prestiti					
Partecipare ad attività di Ricerca e Sviluppo					
Creare nuovi modelli di business					
Sviluppare rapporti di collaborazione tra le imprese del settore					
Disporre di un ambiente dinamico e flessibile in cui lavorare					
Disporre delle stesse informazioni in tutti i livelli dell'organizzazione					

Avere la possibilità di diffondere i risultati con esperti del settore					
--	--	--	--	--	--

- 6) Su una scala da 1 a 5 (1= decisamente no; 5= decisamente si), valutare i risultati generati dei Sensori installati nei suoli per la raccolta di informazioni (temperatura, umidità, pressione, patogeni) nella sua azienda

	1	2	3	4	5
Miglioramento della gestione dei processi aziendali					
Riduzione costi di produzione					
Definizione di nuove strategie utili per raggiungere gli obiettivi					
Creazione di una struttura organizzativa decentralizzata					
Realizzazione di un'impresa innovativa e all'avanguardia					
Utilizzo e integrazione di nuovi sistemi di produzione					
Diffusione delle informazioni per l'identificazione di nuove strategie di produzione					
Utilizzo delle informazioni raccolte nei processi decisionali per migliorare la produttività e il processo decisionale					

- 7) Indicare, su una scala da 1 a 5 (1= decisamente no; 5= decisamente si), le limitazioni che ha incontrato nell'adozione dei Sensori installati nei suoli per la raccolta di informazioni (temperatura, umidità, pressione, patogeni) nella sua azienda

	1	2	3	4	5
Mancanza di finanziamenti e incentivi					
Resistenza al cambiamento dei dipendenti					
Mancanza regolamenti e norme istituzionali					
Mancanza di infrastrutture per contrastare attacchi informatici					
Impossibilità nel definire la proprietà dei dati					
Mancanza di competenze digitali (familiarità con termini, traduzione delle conoscenze, lingua)					
Mancanza di collaborazione all'interno e all'esterno dell'impresa					
Mancanza di modelli di business innovativi					
Dimensione delle imprese					
Età dei dipendenti					
Complessità tecnologiche legate all'utilizzo delle tecnologie					
Mancanza di competenze analitiche per l'analisi dei dati					
Impossibilità di riconoscere miglioramenti nell'adozione delle tecnologie					
Assenza di indicatori per valutare come le tecnologie influenzano il lavoro dei dipendenti					

Sezione 5 - Non adozione Sensori installati nei suoli per la raccolta di informazioni (temperatura, umidità, pressione, patogeni)

- 8) Indicare, su una scala da 1 a 5 (1= decisamente no; 5= decisamente sì) le motivazioni che l'hanno spinto a non adottare e/o valutare il processo di adozione dei Sensori installati nei suoli per la raccolta di informazioni (temperatura, umidità, pressione, patogeni) nella sua azienda

	1	2	3	4	5
Mancanza di interesse ad utilizzare le tecnologie digitali nell'impresa agricola					
Non sono presenti imprese agricole che utilizzano le tecnologie digitali nei processi					
Preferenza ad utilizzare tecniche di produzione tradizionali					
Assenza di indicatori per valutare come le tecnologie influenzano il lavoro dei dipendenti					
Complessità tecnologiche legate all'utilizzo delle tecnologie					
Non è possibile valutare i benefici delle tecnologie nelle imprese agricole					
Mancanza di sicurezza sulla performance dell'investimento					
Passaparola negativo da parte di imprese che utilizzano le tecnologie digitali					

- 9) Ha superato le motivazioni che hanno spinto la sua azienda a non adottare i Sensori installati nei suoli per la raccolta di informazioni (temperatura, umidità, pressione, patogeni)?

☐ Si

☐ No

Sezione 6 – Sistemi di blockchain

- 10) Qual è il grado di adozione dei Sistemi di blockchain?

☐ Interesse per l'adozione

☐ In corso di adozione

☐ Già adottato

☐ Adottato ma non ancora valutato

Sezione 7 - Adozione Sistemi di blockchain

- 11) Indicare su una scala da 1 a 5 (1= decisamente no; 5= decisamente sì), quanto i seguenti elementi la incentivano a adottare i Sistemi di blockchain nella sua azienda

	1	2	3	4	5
Disporre di competenze necessarie per utilizzare le tecnologie					

Avere accesso a finanziamenti e prestiti					
Partecipare ad attività di Ricerca e Sviluppo					
Creare nuovi modelli di business					
Sviluppare rapporti di collaborazione tra le imprese del settore					
Disporre di un ambiente dinamico e flessibile in cui lavorare					
Disporre delle stesse informazioni in tutti i livelli dell'organizzazione					
Avere la possibilità di diffondere i risultati con esperti del settore					

12) Su una scala da 1 a 5 (1= decisamente no; 5= decisamente sì), valutare i risultati generati dai Sistemi di blockchain nella sua azienda

	1	2	3	4	5
Miglioramento della gestione dei processi aziendali					
Riduzione costi di produzione					
Definizione di nuove strategie utili per raggiungere gli obiettivi					
Creazione di una struttura organizzativa decentralizzata					
Realizzazione di un'impresa innovativa e all'avanguardia					
Utilizzo e integrazione di nuovi sistemi di produzione					
Diffusione delle informazioni per l'identificazione di nuove strategie di produzione					
Utilizzo delle informazioni raccolte nei processi decisionali per migliorare la produttività e il processo decisionale					

13) Indicare, su una scala da 1 a 5 (1= decisamente no; 5= decisamente sì), le limitazioni che ha incontrato nell'adozione dei Sistemi di blockchain nella sua azienda

	1	2	3	4	5
Mancanza di finanziamenti e incentivi					
Resistenza al cambiamento dei dipendenti					
Mancanza regolamenti e norme istituzionali					
Mancanza di infrastrutture per contrastare attacchi informatici					
Impossibilità nel definire la proprietà dei dati					
Mancanza di competenze digitali (familiarità con termini, traduzione delle conoscenze, lingua)					
Mancanza di collaborazione all'interno e all'esterno dell'impresa					

Mancanza di modelli di business innovativi					
Dimensione delle imprese					
Età dei dipendenti					
Complessità tecnologiche legate all'utilizzo delle tecnologie					
Mancanza di competenze analitiche per l'analisi dei dati					
Impossibilità di riconoscere miglioramenti nell'adozione delle tecnologie					
Assenza di indicatori per valutare come le tecnologie influenzano il lavoro dei dipendenti					

Sezione 8 - Non adozione Sistemi di blockchain

14) Indicare, su una scala da 1 a 5 (1= decisamente no; 5= decisamente sì) le motivazioni che l'hanno spinto a non adottare e/o valutare il processo di adozione dei Sistemi di blockchain nella sua azienda

	1	2	3	4	5
Mancanza di interesse ad utilizzare le tecnologie digitali nell'impresa agricola					
Non sono presenti imprese agricole che utilizzano le tecnologie digitali nei processi					
Preferenza ad utilizzare tecniche di produzione tradizionali					
Assenza di indicatori per valutare come le tecnologie influenzano il lavoro dei dipendenti					
Complessità tecnologiche legate all'utilizzo delle tecnologie					
Non è possibile valutare i benefici delle tecnologie nelle imprese agricole					
Mancanza di sicurezza sulla performance dell'investimento					
Passaparola negativo da parte di imprese che utilizzano le tecnologie digitali					

15) Ha superato le motivazioni che hanno spinto la sua azienda a non adottare i Sistemi di blockchain?

☐ Sì

☐ No

Sezione 9- Macchine agricole automatizzate

16) Qual è il grado di adozione delle Macchine agricole automatizzate?

☐ Interesse per l'adozione

☐ In corso di adozione

☐ Già adottato

☐ Adottato ma non ancora valutato

Sezione 10 - Adozione Macchine agricole automatizzate

17) Indicare su una scala da 1 a 5 (1= decisamente no; 5= decisamente sì), quanto i seguenti elementi la incentivano a adottare le macchine agricole automatizzate?

	1	2	3	4	5
Disporre di competenze necessarie per utilizzare le tecnologie					
Avere accesso a finanziamenti e prestiti					
Partecipare ad attività di Ricerca e Sviluppo					
Creare nuovi modelli di business					
Sviluppare rapporti di collaborazione tra le imprese del settore					
Disporre di un ambiente dinamico e flessibile in cui lavorare					
Disporre delle stesse informazioni in tutti i livelli dell'organizzazione					
Avere la possibilità di diffondere i risultati con esperti del settore					

18) Su una scala da 1 a 5 (1= decisamente no; 5= decisamente sì), valutare i risultati generati delle Macchine agricole automatizzate nella sua azienda

	1	2	3	4	5
Miglioramento della gestione dei processi aziendali					
Riduzione costi di produzione					
Definizione di nuove strategie utili per raggiungere gli obiettivi					
Creazione di una struttura organizzativa decentralizzata					
Realizzazione di un'impresa innovativa e all'avanguardia					
Utilizzo e integrazione di nuovi sistemi di produzione					
Diffusione delle informazioni per l'identificazione di nuove strategie di produzione					
Utilizzo delle informazioni raccolte nei processi decisionali per migliorare la produttività e il processo decisionale					

19) Indicare, su una scala da 1 a 5 (1= decisamente no; 5= decisamente sì), le limitazioni che ha incontrato nell'adozione delle Macchine agricole automatizzate nella sua azienda

	1	2	3	4	5
Mancanza di finanziamenti e incentivi					
Resistenza al cambiamento dei dipendenti					
Mancanza regolamenti e norme istituzionali					

Mancanza di infrastrutture per contrastare attacchi informatici					
Impossibilità nel definire la proprietà dei dati					
Mancanza di competenze digitali (familiarità con termini, traduzione delle conoscenze, lingua)					
Mancanza di collaborazione all'interno e all'esterno dell'impresa					
Mancanza di modelli di business innovativi					
Dimensione delle imprese					
Età dei dipendenti					
Complessità tecnologiche legate all'utilizzo delle tecnologie					
Mancanza di competenze analitiche per l'analisi dei dati					
Impossibilità di riconoscere miglioramenti nell'adozione delle tecnologie					
Assenza di indicatori per valutare come le tecnologie influenzano il lavoro dei dipendenti					

Sezione 11 - Non adozione Macchine agricole automatizzate

20) Indicare, su una scala da 1 a 5 (1= decisamente no; 5= decisamente sì) le motivazioni che l'hanno spinto a non adottare e/o valutare il processo di adozione delle macchine agricole automatizzate nella sua azienda

	1	2	3	4	5
Mancanza di interesse ad utilizzare le tecnologie digitali nell'impresa agricola					
Non sono presenti imprese agricole che utilizzano le tecnologie digitali nei processi					
Preferenza ad utilizzare tecniche di produzione tradizionali					
Assenza di indicatori per valutare come le tecnologie influenzano il lavoro dei dipendenti					
Complessità tecnologiche legate all'utilizzo delle tecnologie					
Non è possibile valutare i benefici delle tecnologie nelle imprese agricole					
Mancanza di sicurezza sulla performance dell'investimento					
Passaparola negativo da parte di imprese che utilizzano le tecnologie digitali					

21) Ha superato le motivazioni che hanno spinto la sua azienda a non adottare le macchine agricole automatizzate

☐ Sì

☐ No

Sezione 12 - Infrastruttura di Internet of Things

22) Qual è il grado di adozione dell'infrastruttura di Internet of Things nella sua azienda?

- ☐ Interesse per l'adozione
- ☐ In corso di adozione
- ☐ Già adottato
- ☐ Adottato ma non ancora valutato

Sezione 13 – Adozione Infrastruttura di Internet of Things

23) Indicare su una scala da 1 a 5 (1= decisamente no; 5= decisamente sì), quanto i seguenti elementi la incentivano a adottare un'infrastruttura di Internet of Things

	1	2	3	4	5
Disporre di competenze necessarie per utilizzare le tecnologie					
Avere accesso a finanziamenti e prestiti					
Partecipare ad attività di Ricerca e Sviluppo					
Creare nuovi modelli di business					
Sviluppare rapporti di collaborazione tra le imprese del settore					
Disporre di un ambiente dinamico e flessibile in cui lavorare					
Disporre delle stesse informazioni in tutti i livelli dell'organizzazione					
Avere la possibilità di diffondere i risultati con esperti del settore					

24) Su una scala da 1 a 5 (1= decisamente no; 5= decisamente sì), valutare i risultati generati dall'Infrastruttura di Internet of Things

	1	2	3	4	5
Miglioramento della gestione dei processi aziendali					
Riduzione costi di produzione					
Definizione di nuove strategie utili per raggiungere gli obiettivi					
Creazione di una struttura organizzativa decentralizzata					
Realizzazione di un'impresa innovativa e all'avanguardia					
Utilizzo e integrazione di nuovi sistemi di produzione					
Diffusione delle informazioni per l'identificazione di nuove strategie di produzione					
Utilizzo delle informazioni raccolte nei processi decisionali per migliorare la produttività e il processo decisionale					

25) Indicare, su una scala da 1 a 5 (1= decisamente no; 5= decisamente sì), le limitazioni che ha incontrato nell'adozione di un Infrastruttura di Internet of Things

	1	2	3	4	5
--	---	---	---	---	---

Mancanza di finanziamenti e incentivi					
Resistenza al cambiamento dei dipendenti					
Mancanza regolamenti e norme istituzionali					
Mancanza di infrastrutture per contrastare attacchi informatici					
Impossibilità nel definire la proprietà dei dati					
Mancanza di competenze digitali (familiarità con termini, traduzione delle conoscenze, lingua)					
Mancanza di collaborazione all'interno e all'esterno dell'impresa					
Mancanza di modelli di business innovativi					
Dimensione delle imprese					
Età dei dipendenti					
Complessità tecnologiche legate all'utilizzo delle tecnologie					
Mancanza di competenze analitiche per l'analisi dei dati					
Impossibilità di riconoscere miglioramenti nell'adozione delle tecnologie					
Assenza di indicatori per valutare come le tecnologie influenzano il lavoro dei dipendenti					

Sezione 14 - Non adozione Infrastruttura di Internet of Things

26) Indicare, su una scala da 1 a 5 (1= decisamente no; 5= decisamente sì) le motivazioni che l'hanno spinto a non adottare e/o valutare il processo di adozione di un'Infrastruttura di Internet of Things

	1	2	3	4	5
Mancanza di interesse ad utilizzare le tecnologie digitali nell'impresa agricola					
Non sono presenti imprese agricole che utilizzano le tecnologie digitali nei processi					
Preferenza ad utilizzare tecniche di produzione tradizionali					
Assenza di indicatori per valutare come le tecnologie influenzano il lavoro dei dipendenti					
Complessità tecnologiche legate all'utilizzo delle tecnologie					
Non è possibile valutare i benefici delle tecnologie nelle imprese agricole					
Mancanza di sicurezza sulla performance dell'investimento					
Passaparola negativo da parte di imprese che utilizzano le tecnologie digitali					

27) Ha superato le motivazioni che hanno spinto la sua azienda a non adottare un'Infrastruttura di Internet of Things?

☐ Si

☐ No

Sezione 15 - Droni

28) Qual è il grado di adozione dei droni nella sua azienda?

- ☐ Interesse per l'adozione
☐ In corso di adozione
☐ Già adottato
☐ Adottato ma non ancora valutato

Sezione 16 – Droni

29) Indicare su una scala da 1 a 5 (1= decisamente no; 5= decisamente sì), quanto i seguenti elementi la incentivano a adottare i droni

	1	2	3	4	5
Disporre di competenze necessarie per utilizzare le tecnologie					
Avere accesso a finanziamenti e prestiti					
Partecipare ad attività di Ricerca e Sviluppo					
Creare nuovi modelli di business					
Sviluppare rapporti di collaborazione tra le imprese del settore					
Disporre di un ambiente dinamico e flessibile in cui lavorare					
Disporre delle stesse informazioni in tutti i livelli dell'organizzazione					
Avere la possibilità di diffondere i risultati con esperti del settore					

30) Su una scala da 1 a 5 (1= decisamente no; 5= decisamente sì), valutare i risultati generati dai droni nella sua impresa?

	1	2	3	4	5
Miglioramento della gestione dei processi aziendali					
Riduzione costi di produzione					
Definizione di nuove strategie utili per raggiungere gli obiettivi					
Creazione di una struttura organizzativa decentralizzata					
Realizzazione di un'impresa innovativa e all'avanguardia					
Utilizzo e integrazione di nuovi sistemi di produzione					
Diffusione delle informazioni per l'identificazione di nuove strategie di produzione					
Utilizzo delle informazioni raccolte nei processi decisionali per migliorare la produttività e il processo decisionale					

31) Indicare, su una scala da 1 a 5 (1= decisamente no; 5= decisamente sì), le limitazioni che ha incontrato nell'adozione dei droni nella sua impresa

	1	2	3	4	5
Mancanza di finanziamenti e incentivi					
Resistenza al cambiamento dei dipendenti					
Mancanza regolamenti e norme istituzionali					
Mancanza di infrastrutture per contrastare attacchi informatici					
Impossibilità nel definire la proprietà dei dati					
Mancanza di competenze digitali (familiarità con termini, traduzione delle conoscenze, lingua)					
Mancanza di collaborazione all'interno e all'esterno dell'impresa					
Mancanza di modelli di business innovativi					
Dimensione delle imprese					
Età dei dipendenti					
Complessità tecnologiche legate all'utilizzo delle tecnologie					
Mancanza di competenze analitiche per l'analisi dei dati					
Impossibilità di riconoscere miglioramenti nell'adozione delle tecnologie					
Assenza di indicatori per valutare come le tecnologie influenzano il lavoro dei dipendenti					

Sezione 17 - Non adozione droni

32) Indicare, su una scala da 1 a 5 (1= decisamente no; 5= decisamente sì) le motivazioni che l'hanno spinto a non adottare e/o valutare il processo di adozione dei droni

	1	2	3	4	5
Mancanza di interesse ad utilizzare le tecnologie digitali nell'impresa agricola					
Non sono presenti imprese agricole che utilizzano le tecnologie digitali nei processi					
Preferenza ad utilizzare tecniche di produzione tradizionali					
Assenza di indicatori per valutare come le tecnologie influenzano il lavoro dei dipendenti					
Complessità tecnologiche legate all'utilizzo delle tecnologie					
Non è possibile valutare i benefici delle tecnologie nelle imprese agricole					
Mancanza di sicurezza sulla performance dell'investimento					
Passaparola negativo da parte di imprese che utilizzano le tecnologie digitali					

33) Ha superato le motivazioni che hanno spinto la sua azienda a non adottare un drone?

☐ Si

☐ No

Sezione 18 - Sistemi informativi agricoli per la gestione aziendale

34) Qual è il grado di adozione dei Sistemi informativi agricoli per la gestione aziendale

☐ Interesse per l'adozione

☐ In corso di adozione

☐ Già adottato

☐ Adottato ma non ancora valutato

Sezione 19 – Adozione Sistemi informativi agricoli per la gestione aziendale

35) Indicare su una scala da 1 a 5 (1= decisamente no; 5= decisamente sì), quanto i seguenti elementi la incentivano a adottare i Sistemi informativi agricoli per la gestione aziendale

	1	2	3	4	5
Disporre di competenze necessarie per utilizzare le tecnologie					
Avere accesso a finanziamenti e prestiti					
Partecipare ad attività di Ricerca e Sviluppo					
Creare nuovi modelli di business					
Sviluppare rapporti di collaborazione tra le imprese del settore					
Disporre di un ambiente dinamico e flessibile in cui lavorare					
Disporre delle stesse informazioni in tutti i livelli dell'organizzazione					
Avere la possibilità di diffondere i risultati con esperti del settore					

36) Su una scala da 1 a 5 (1= decisamente no; 5= decisamente sì), valutare i risultati generati dai Sistemi informativi agricoli per la gestione aziendale

	1	2	3	4	5
Miglioramento della gestione dei processi aziendali					
Riduzione costi di produzione					
Definizione di nuove strategie utili per raggiungere gli obiettivi					
Creazione di una struttura organizzativa decentralizzata					
Realizzazione di un'impresa innovativa e all'avanguardia					
Utilizzo e integrazione di nuovi sistemi di produzione					
Diffusione delle informazioni per l'identificazione di nuove strategie di produzione					
Utilizzo delle informazioni raccolte nei processi decisionali per migliorare la produttività e il processo decisionale					

37) Indicare, su una scala da 1 a 5 (1= decisamente no; 5= decisamente sì), le limitazioni che ha incontrato nell'adozione dei Sistemi informativi agricoli per la gestione aziendale

	1	2	3	4	5
--	---	---	---	---	---

Mancanza di finanziamenti e incentivi					
Resistenza al cambiamento dei dipendenti					
Mancanza regolamenti e norme istituzionali					
Mancanza di infrastrutture per contrastare attacchi informatici					
Impossibilità nel definire la proprietà dei dati					
Mancanza di competenze digitali (familiarità con termini, traduzione delle conoscenze, lingua)					
Mancanza di collaborazione all'interno e all'esterno dell'impresa					
Mancanza di modelli di business innovativi					
Dimensione delle imprese					
Età dei dipendenti					
Complessità tecnologiche legate all'utilizzo delle tecnologie					
Mancanza di competenze analitiche per l'analisi dei dati					
Impossibilità di riconoscere miglioramenti nell'adozione delle tecnologie					
Assenza di indicatori per valutare come le tecnologie influenzano il lavoro dei dipendenti					

Sezione 20 - Non adozione Sistemi informativi agricoli per la gestione aziendale

38) Indicare, su una scala da 1 a 5 (1= decisamente no; 5= decisamente sì) le motivazioni che l'hanno spinto a non adottare e/o valutare il processo di adozione di Sistemi informativi agricoli per la gestione aziendale

	1	2	3	4	5
Mancanza di interesse ad utilizzare le tecnologie digitali nell'impresa agricola					
Non sono presenti imprese agricole che utilizzano le tecnologie digitali nei processi					
Preferenza ad utilizzare tecniche di produzione tradizionali					
Assenza di indicatori per valutare come le tecnologie influenzano il lavoro dei dipendenti					
Complessità tecnologiche legate all'utilizzo delle tecnologie					
Non è possibile valutare i benefici delle tecnologie nelle imprese agricole					
Mancanza di sicurezza sulla performance dell'investimento					
Passaparola negativo da parte di imprese che utilizzano le tecnologie digitali					

39) Ha superato le motivazioni che hanno spinto la sua azienda a non adottare i Sistemi informativi agricoli per la gestione aziendale?

☐ Sì

☐ No

Sezione 21 – Piattaforme di business intelligence per l'analisi dei dati

40) Qual è il grado di adozione delle Piattaforme di business intelligence per l'analisi dei dati nella sua azienda?

- ☐ Interesse per l'adozione
- ☐ In corso di adozione
- ☐ Già adottato
- ☐ Adottato ma non ancora valutato

Sezione 22 - Piattaforme di business intelligence per l'analisi dei dati

41) Indicare su una scala da 1 a 5 (1= decisamente no; 5= decisamente sì), quanto i seguenti elementi la incentivano a adottare le Piattaforme di business intelligence per l'analisi dei dati nella sua azienda

	1	2	3	4	5
Disporre di competenze necessarie per utilizzare le tecnologie					
Avere accesso a finanziamenti e prestiti					
Partecipare ad attività di Ricerca e Sviluppo					
Creare nuovi modelli di business					
Sviluppare rapporti di collaborazione tra le imprese del settore					
Disporre di un ambiente dinamico e flessibile in cui lavorare					
Disporre delle stesse informazioni in tutti i livelli dell'organizzazione					
Avere la possibilità di diffondere i risultati con esperti del settore					

42) Su una scala da 1 a 5 (1= decisamente no; 5= decisamente sì), valutare i risultati generati dalle Piattaforme di business intelligence per l'analisi dei dati nella sua azienda

	1	2	3	4	5
Miglioramento della gestione dei processi aziendali					
Riduzione costi di produzione					
Definizione di nuove strategie utili per raggiungere gli obiettivi					
Creazione di una struttura organizzativa decentralizzata					
Realizzazione di un'impresa innovativa e all'avanguardia					
Utilizzo e integrazione di nuovi sistemi di produzione					
Diffusione delle informazioni per l'identificazione di nuove strategie di produzione					

Utilizzo delle informazioni raccolte nei processi decisionali per migliorare la produttività e il processo decisionale					
--	--	--	--	--	--

43) Indicare, su una scala da 1 a 5 (1= decisamente no; 5= decisamente si), le limitazioni che ha incontrato nell'adozione delle Piattaforme di business intelligence per l'analisi dei dati nella sua azienda

	1	2	3	4	5
Mancanza di finanziamenti e incentivi					
Resistenza al cambiamento dei dipendenti					
Mancanza regolamenti e norme istituzionali					
Mancanza di infrastrutture per contrastare attacchi informatici					
Impossibilità nel definire la proprietà dei dati					
Mancanza di competenze digitali (familiarità con termini, traduzione delle conoscenze, lingua)					
Mancanza di collaborazione all'interno e all'esterno dell'impresa					
Mancanza di modelli di business innovativi					
Dimensione delle imprese					
Età dei dipendenti					
Complessità tecnologiche legate all'utilizzo delle tecnologie					
Mancanza di competenze analitiche per l'analisi dei dati					
Impossibilità di riconoscere miglioramenti nell'adozione delle tecnologie					
Assenza di indicatori per valutare come le tecnologie influenzano il lavoro dei dipendenti					

Sezione 23 - Non adozione Piattaforme di business intelligence per l'analisi dei dati

44) Indicare, su una scala da 1 a 5 (1= decisamente no; 5= decisamente si) le motivazioni che l'hanno spinto a non adottare e/o valutare il processo di adozione delle Piattaforme di business intelligence per l'analisi dei dati nella sua azienda

	1	2	3	4	5
Mancanza di interesse ad utilizzare le tecnologie digitali nell'impresa agricola					
Non sono presenti imprese agricole che utilizzano le tecnologie digitali nei processi					
Preferenza ad utilizzare tecniche di produzione tradizionali					
Assenza di indicatori per valutare come le tecnologie influenzano il lavoro dei dipendenti					
Complessità tecnologiche legate all'utilizzo delle tecnologie					
Non è possibile valutare i benefici delle tecnologie nelle imprese agricole					

Mancanza di sicurezza sulla performance dell'investimento					
Passaparola negativo da parte di imprese che utilizzano le tecnologie digitali					

45) Ha superato le motivazioni che hanno spinto la sua azienda a non adottare le Piattaforme di business intelligence per l'analisi dei dati?

☐ Si

☐ No

Sezione 24 – Machine Learning e Intelligenza artificiale

46) Qual è il grado di adozione dei Sensori installati nei suoli per la raccolta di informazioni (temperatura, umidità, pressione, patogeni) nella sua azienda?

☐ Interesse per l'adozione

☐ In corso di adozione

☐ Già adottato

☐ Adottato ma non ancora valutato

Sezione 25 - Adozione Machine Learning e Intelligenza artificiale

47) Indicare su una scala da 1 a 5 (1= decisamente no; 5= decisamente sì), quanto i seguenti elementi la incentivano a adottare il Machine Learning e Intelligenza artificiale nella sua azienda

	1	2	3	4	5
Disporre di competenze necessarie per utilizzare le tecnologie					
Avere accesso a finanziamenti e prestiti					
Partecipare ad attività di Ricerca e Sviluppo					
Creare nuovi modelli di business					
Sviluppare rapporti di collaborazione tra le imprese del settore					
Disporre di un ambiente dinamico e flessibile in cui lavorare					
Disporre delle stesse informazioni in tutti i livelli dell'organizzazione					
Avere la possibilità di diffondere i risultati con esperti del settore					

48) Su una scala da 1 a 5 (1= decisamente no; 5= decisamente sì), valutare i risultati generati dal Machine Learning e Intelligenza artificiale nella sua azienda

	1	2	3	4	5
--	---	---	---	---	---

Miglioramento della gestione dei processi aziendali					
Riduzione costi di produzione					
Definizione di nuove strategie utili per raggiungere gli obiettivi					
Creazione di una struttura organizzativa decentralizzata					
Realizzazione di un'impresa innovativa e all'avanguardia					
Utilizzo e integrazione di nuovi sistemi di produzione					
Diffusione delle informazioni per l'identificazione di nuove strategie di produzione					
Utilizzo delle informazioni raccolte nei processi decisionali per migliorare la produttività e il processo decisionale					

49) Indicare, su una scala da 1 a 5 (1= decisamente no; 5= decisamente sì), le limitazioni che ha incontrato nell'adozione del Machine Learning e Intelligenza artificiale nella sua azienda

	1	2	3	4	5
Mancanza di finanziamenti e incentivi					
Resistenza al cambiamento dei dipendenti					
Mancanza regolamenti e norme istituzionali					
Mancanza di infrastrutture per contrastare attacchi informatici					
Impossibilità nel definire la proprietà dei dati					
Mancanza di competenze digitali (familiarità con termini, traduzione delle conoscenze, lingua)					
Mancanza di collaborazione all'interno e all'esterno dell'impresa					
Mancanza di modelli di business innovativi					
Dimensione delle imprese					
Età dei dipendenti					
Complessità tecnologiche legate all'utilizzo delle tecnologie					
Mancanza di competenze analitiche per l'analisi dei dati					
Impossibilità di riconoscere miglioramenti nell'adozione delle tecnologie					
Assenza di indicatori per valutare come le tecnologie influenzano il lavoro dei dipendenti					

Sezione 26 – Non adozione Machine Learning e Intelligenza artificiale

50) Indicare, su una scala da 1 a 5 (1= decisamente no; 5= decisamente sì) le motivazioni che l'hanno spinto a non adottare e/o valutare il processo di adozione del Machine Learning e Intelligenza artificiale nella sua azienda

	1	2	3	4	5
Mancanza di interesse ad utilizzare le tecnologie digitali nell'impresa agricola					

Non sono presenti imprese agricole che utilizzano le tecnologie digitali nei processi					
Preferenza ad utilizzare tecniche di produzione tradizionali					
Assenza di indicatori per valutare come le tecnologie influenzano il lavoro dei dipendenti					
Complessità tecnologiche legate all'utilizzo delle tecnologie					
Non è possibile valutare i benefici delle tecnologie nelle imprese agricole					
Mancanza di sicurezza sulla performance dell'investimento					
Passaparola negativo da parte di imprese che utilizzano le tecnologie digitali					

51) Ha superato le motivazioni che hanno spinto la sua azienda a non adottare il Machine Learning e Intelligenza artificiale?

☐ Si

☐ No

Sezione 27 – Dati personali

52) Sesso

☐ Maschio

☐ Femmina

53) Anni

☐ 18-30 anni

☐ 31-40 anni

☐ 41-50 anni

☐ 51-60 anni

☐ >60 anni

54) Titolo di studio

☐ Licenza media

☐ Diploma superiore

☐ Laurea Triennale

☐ Laurea Magistrale

☐ Dottorato/Master

55) Fatturato medio annuo dell'azienda agricola

☐ ≤200.000€

☐ 200.001 – 700.000 €

☐ 700.001 – 1.800.000€

☐ $\geq 1.800.001$ €

56) Dimensione dell'azienda agricola

☐ 0 – 19 dipendenti

☐ 20 – 49 dipendenti

☐ 50 – 249 dipendenti

☐ ≥ 250 dipendenti

57) Anni di esperienza

☐ < 5 anni

☐ 5 – 10 anni

☐ > 10 anni

58) Tipologia di produzione

☐ Produzione agricola

☐ Produzione zootecnica

☐ Entrambe

Sezione 28 – Produzione agricola

59) Indicare la principale produzione agricola

☐ Cereali

☐ Legumi

☐ Ortaggi

☐ Patate

☐ Frutta

☐ Olive

☐ Vite da vino

☐ Colture industriali

☐ Foraggiere

☐ Altro

Sezione 29 - Produzione zootecnica

60) Indicare la principale produzione zootecnica

☐ Ovini e caprini

☐ Suini

☐ Bovini (latte e carne)

- ☐ Avicoli
- ☐ Equini
- ☐ Altro

Sezione 30 - Produzione agricola e zootecnica

61) Indicare la principale produzione agricola

- ☐ Cereali
- ☐ Legumi
- ☐ Ortaggi
- ☐ Patate
- ☐ Frutta
- ☐ Olive
- ☐ Vite da vino
- ☐ Colture industriali
- ☐ Foraggiere
- ☐ Altro

62) Indicare la principale produzione zootecnica

- ☐ Ovini e caprini
- ☐ Suini
- ☐ Bovini (latte e carne)
- ☐ Avicoli
- ☐ Equini
- ☐ Altro