

POLITECNICO DI TORINO

Collegio di Ingegneria Gestionale - Classe LM31
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale



Tesi di Laurea di II livello

Analisi dell'attività brevettuale e dei trend innovativi nel settore delle macchine agricole

Relatore:

Prof. Federico Caviggioli

Candidato:

Xavier Donzel

Anno Accademico 2024-2025

Indice

Premessa e scopo del lavoro.....	5
1. Settore primario e delle macchine agricole	6
1.1. Cenni storici	6
1.2. Contesto e rilevanza economica del settore a livello globale e nazionale	7
1.3. Innovazione e trend tecnologici chiave	8
1.3.1. Agricoltura 4.0, Agricoltura di Precisione e Smart Farming	8
1.3.2. Automazione e Robotica	10
1.3.3. Intelligenza Artificiale, Big Data e Internet of Things	12
1.3.4. Sostenibilità, Elettrificazione e Gestione delle Risorse	12
1.4. Politiche e regolamentazioni.....	13
2. Brevetti.....	15
2.1. Che cos'è un brevetto?.....	15
2.2. Classificazione IPC	15
3. Metodologia di Ricerca/Raccolta Dati e Costruzione/Validazione delle Query	17
3.1. Le fonti dei dati: gli strumenti del mestiere	17
3.2. La strategia di ricerca: un percorso a tappe	17
3.2.1. Preparare il terreno: le macro-aree e i codici di dominio	17
3.2.2. Costruzione e affinamento delle query: la storia di un'indagine	18
3.2.3. Le query definitive: il risultato dell'indagine	21
3.3. Criteri di validazione: la prova del nove	23
4. Analisi brevettuale del settore delle macchine agricole	24
4.1. Agricoltura di Precisione & IoT	24
4.1.1. Analisi Temporale	24
4.1.2. Principali Depositanti	24
4.1.3. Distribuzione Geografica	25
4.1.4. Classificazione Tecnologica	26
4.2. Elettrificazione	26
4.2.1. Analisi Temporale	26
4.2.2. Principali Depositanti	27
4.2.3. Distribuzione Geografica	28
4.2.4. Classificazione Tecnologica	28
4.3. Intelligenza Artificiale	29

4.3.1. Analisi Temporale	29
4.3.2. Principali Depositanti	29
4.3.3. Distribuzione Geografica	30
4.3.4. Classificazione Tecnologica	31
4.4. Automazione e Robotica	31
4.4.1. Analisi Temporale	31
4.4.2. Principali Depositanti	32
4.4.3. Distribuzione Geografica	33
4.4.4. Classificazione Tecnologica	33
4.5. Sostenibilità	34
4.5.1. Analisi Temporale	34
4.5.2. Principali Depositanti	34
4.5.3. Distribuzione Geografica	35
4.5.4. Classificazione Tecnologica	36
4.6. Analisi Comparativa	36
4.6.1. Identificazione delle Strategie di Innovazione	36
4.6.2. Dinamiche Temporali: Aree Emergenti e Aree Mature	38
4.6.3. Concentrazione Geografica dell’Innovazione	38
4.6.4. Analisi delle Tecnologie Abilitanti Trasversali	39
4.6.5. Analisi della Concentrazione Tecnologica	39
Conclusioni	40
Bibliografia e sitografia	42

Premessa e scopo del lavoro

Per capire dove sta andando il futuro dell'agricoltura, c'è un modo molto efficace: seguire la scia delle invenzioni e guardare da vicino i brevetti nel settore delle macchine agricole. Questo campo, fondamentale per riuscire a portare cibo sulle tavole di tutto il mondo, sta vivendo una vera e propria rivoluzione tecnologica. L'inventiva non è più un optional, ma è diventata l'ingrediente principale per vincere sfide enormi, come la richiesta crescente di cibo, la difficoltà a trovare manodopera e l'urgenza di usare metodi più rispettosi del nostro pianeta. In questo scenario, la protezione delle idee attraverso i brevetti funziona un po' come il lievito per l'innovazione: protegge gli investimenti di chi crea qualcosa di nuovo e spinge tutto il settore a fare passi avanti.

Analizzare i brevetti, quindi, è un po' come fare il detective. Permette di disegnare una mappa per capire quali sono le strade che la tecnologia sta prendendo, di scoprire i settori più "caldi" dove si concentrano le nuove idee e di vedere chi sono le aziende e gli inventori più creativi. Per fare questa "indagine", si studiano le enormi banche dati internazionali dove sono registrati tutti i brevetti del mondo. Esaminando chi brevetta, cosa e dove, si può ottenere un quadro completo e affascinante non solo del presente, ma soprattutto di come sarà l'agricoltura di domani.

Nello specifico il lavoro sarà diviso in due parti. La prima, relativa al contesto, riporterà una overview sul mondo agricolo e sulla sua evoluzione. Sarà poi introdotta la nozione di brevetto e successivamente sarà descritta la classificazione IPC. La seconda parte riguarda l'analisi. Sarà quindi illustrata la metodologia di ricerca/raccolta dei dati e costruzione/validazione delle query di ricerca, per poi passare all'analisi vera e propria di questo elaborato. Oltre a definire i player che hanno contribuito maggiormente all'innovazione del settore, sarà condotta un'analisi temporale, geografica e di classificazione tecnologica per ogni macroarea. Successivamente sarà presentata un'analisi comparativa di questi. Infine, l'ultimo capitolo trae le conclusioni del lavoro svolto e, interpretando criticamente i risultati ottenuti dall'analisi brevettuale, ne discuterà le implicazioni.

1. Settore primario e delle macchine agricole

L'agricoltura è la base su cui abbiamo costruito le nostre civiltà. È facile dimenticarsene oggi, almeno qui nei paesi più ricchi, dove diamo il cibo per scontato. Ma in gran parte del mondo, coltivare la terra resta la prima fonte di sopravvivenza e, allo stesso tempo, il motore che può davvero far ripartire l'economia.

Oggi stiamo vivendo una vera rivoluzione tecnologica nei campi. Per capire davvero l'importanza di queste nuove invenzioni, credo sia fondamentale fare un passo indietro e guardare al quadro generale.

Per questo ho deciso di ripercorrere la storia dell'agricoltura e del mercato delle macchine che la supportano. Se capiamo le dinamiche economiche del passato e le grandi scoperte che ci hanno portato fin qui, possiamo anche comprendere meglio le sfide attuali. Ci aiuta a vedere quali spinte stanno trasformando il settore e cosa possiamo aspettarci dal futuro.

Questo primo capitolo serve proprio a questo: fornire una panoramica del settore e del mercato delle macchine agricole. È il contesto che ci serve per poter poi analizzare i brevetti. Partirò quindi dal quadro storico ed economico, per poi cercare di delineare quali forze stanno guidando l'evoluzione tecnologica.

1.1. Cenni storici

La storia di come sono cambiati gli attrezzi agricoli nel tempo è come sfogliare un album di famiglia della tecnologia: ogni pagina racconta un'epoca e una rivoluzione diversa.

Per millenni, gli unici "motori" disponibili nei campi sono stati i muscoli di persone e animali assieme ad alcuni strumenti rudimentali. Poi, è arrivata la prima grande svolta: la meccanizzazione. I trattori (Figura 1) e le prime macchine a motore hanno cambiato le regole del gioco, facendo in un giorno il lavoro che prima richiedeva intere settimane e alleggerendo enormemente la fatica degli agricoltori.



Figura 1: Fordson Model 'F', il primo trattore al mondo. Fonte:
<https://whippennyrailwaymuseum.net/equipment/fordson-model-f/>

La seconda rivoluzione è esplosa intorno agli anni '90, quando nei campi hanno cominciato a sbarcare i primi computer e in seguito il GPS. Da lì in poi, per la prima volta, una macchina agricola poteva sapere esattamente dove si trovava, permettendo di seminare, irrigare o concimare con una precisione millimetrica. Il primo sistema satellitare GPS è stato il Jhon Deere Green Star nel 1996 (Figura 2); questo strumento era in grado di raccogliere dati e guidare l'agricoltore durante il lavoro in campo per la distribuzione a rateo variabile di concimi. Questo ha significato tagliare nettamente i costi (ad esempio di manodopera o carburante) e ridurre gli sprechi. Il risultato è un'agricoltura molto più efficiente.



Figura 2: Jhon Deere Green Star 1996. Fonte:
<https://www.bigiron.com/Lots/1996JohnDeereGreenStarDisplay>

Oggi stiamo vivendo la terza grande ondata: quella delle macchine intelligenti e autonome. La vera differenza è questa: se il trattore di un tempo era forte e quello con il GPS era preciso, quello di oggi è "furbo". Non si limita più a eseguire un compito, ma raccoglie dati dal campo, li analizza in tempo reale e decide da solo come lavorare al meglio per ottimizzare ogni singola operazione. È il passaggio da una macchina che fa a una macchina che pensa.

1.2. Contesto e rilevanza economica del settore a livello globale e nazionale

A livello mondiale, il mercato delle macchine agricole sta vivendo una fase di crescita. Secondo l'analisi condotta dal centro di politiche e bio-economia di CREA e pubblicato su "Annuario dell'agricoltura italiana", nel 2023 è stato valutato tra i 139 e i 164 miliardi di dollari. Con un CAGR (tasso di crescita annuale composto) che varia tra il 5.3% e il 6%, esso può arrivare addirittura a 230 miliardi di dollari entro il 2030-2032. La fetta più grande è rappresentata dal segmento dei trattori agricoli, la quale supera il 34%, con proiezioni che la vedono passare da

circa 74 miliardi di dollari nel 2025 a oltre 95 miliardi nel 2030. L'area Asiatica si conferma il mercato più importante e a più rapida crescita, seguita dal Nord America.

In Europa, preceduta solo da Francia e Germania, l'Italia ha un ruolo di primaria importanza. Essa è infatti la terza potenza agricola del continente. Nel 2023, il comparto agromeccanico nazionale ha registrato un fatturato record di 16,4 miliardi di euro (Il Sole 24ore, febbraio 2024), collocando l'Italia al quarto posto mondiale tra gli esportatori di trattori in quanto l'export costituisce circa il 70% del valore della produzione. Ciò conferma come il "Made in Italy" sia molto ben visto all'estero anche per quanto riguarda questo genere di prodotti. Nonostante il successo sui mercati internazionali, è però evidente che il mercato interno sia piuttosto debole e stagnante. Questo potrebbe essere legato sia a fattori ambientali e morfologici del territorio italiano che a fattori strutturali delle aziende locali. L'eccessiva frammentazione delle stesse sovente non permette loro di avere a disposizione i capitali da poter investire per acquistare queste nuove tipologie di tecnologie innovative.

1.3. Innovazione e trend tecnologici chiave

Le esigenze di maggiore efficienza per ottimizzare le risorse a disposizione e/o rendere le colture più produttive, hanno generato un'ondata di innovazione tecnologica senza precedenti. I driver di questa trasformazione sono molteplici e stanno definendo il futuro dell'agricoltura.

1.3.1. Agricoltura 4.0, Agricoltura di Precisione e Smart Farming

È ormai superata l'immagine classica dell'agricoltore che si affida solo all'esperienza e al meteo. Oggi, nei campi, è in corso una vera e propria rivoluzione silenziosa, che prende il nome di Agricoltura 4.0.

Ma di cosa si tratta, in parole poche? Si può pensare a una squadra di aiutanti super tecnologici che lavorano insieme per dare una mano all'agricoltore. Non è fantascienza, è già realtà da un po' di anni.

Ci sono, ad esempio, dei piccoli sensori piantati nel terreno (Figura 3). Si possono considerare come dei "dottori" per le piante: controllano costantemente se la terra è abbastanza umida o se le radici hanno cibo a sufficienza, e inviano subito un avviso.



Figura 3: Sensore che monitora l'umidità del terreno. Fonte:
<https://www.etgsrl.it/prodotti/sensore-umidita-terreno-imoisture/>

Poi ci sono i droni, degli occhi che volano sopra le coltivazioni (Figura 4). Vedono esattamente quale area del campo sta soffrendo e possono intervenire con una precisione incredibile, portando acqua o nutrimento solo a quel piccolo gruppo di piante, senza sprecarne una goccia.



Figura 4: Drone in azione. Fonte: <https://www.lgsdroni.it/agricoltura-di-precisione>

Tutte queste informazioni vengono raccolte e analizzate da un software, che diventa una specie di "consigliere" digitale per l'agricoltore, aiutandolo a prendere la decisione giusta al momento giusto (Figura 5).

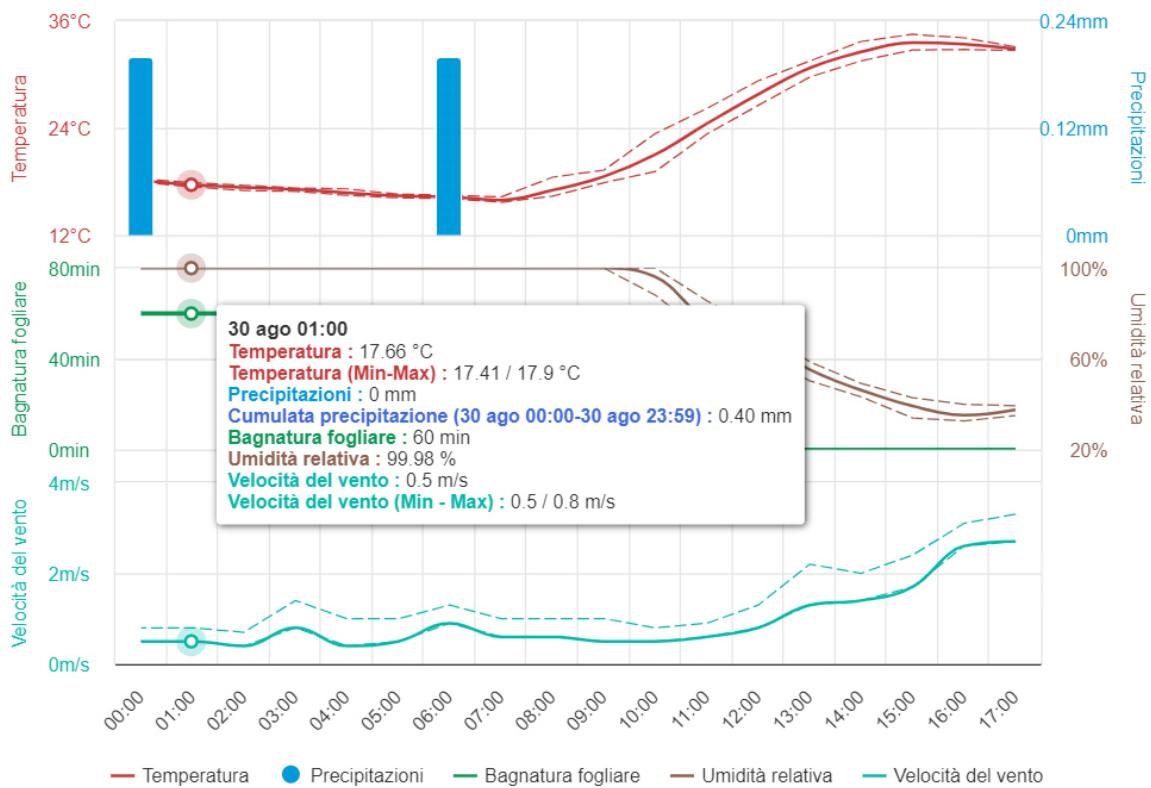


Figura 5: Esempio output di dati di una stazione agricola smart. Fonte:
<https://www.agricolus.com/wp-content/uploads/2024/08/grafico-dei-dati-da-stazioni>

L'obiettivo è semplice: dire addio ai metodi "a taglia unica", dove si trattava un intero campo allo stesso modo. Oggi si passa a un approccio "su misura", dove ogni zolla di terra riceve esattamente le cure di cui ha bisogno.

E i vantaggi si vedono, eccome. Per l'agricoltore, significa risparmiare tempo e denaro. Per il pianeta, vuol dire un impatto ambientale molto più leggero. E per i consumatori finali? Il vantaggio finale, a mio parere, è proprio per il consumatore. Significa avere accesso a prodotti migliori, coltivati con una logica più intelligente e sostenibile.

1.3.2. Automazione e Robotica

L'arrivo di macchine e robot intelligenti sta dando una grossa mano per risolvere due problemi sempre più sentiti in agricoltura: la difficoltà nel trovare persone esperte e la necessità di fare le cose più in fretta e meglio, senza sprechi.

I trattori che si guidano da soli, ad esempio, non sono più fantascienza e i primi prototipi sono stati sviluppati già nel 2016 (Figura 6). Grazie a un mix di GPS super precisi e sensori che funzionano come occhi tecnologici, questi giganti si muovono nei campi con una precisione

chirurgica. Sanno esattamente dove andare e cosa fare, svolgendo il lavoro più pesante e faticoso.



Figura 6: Trattore driverless del marchio CASE (gruppo CNH). Fonte:
<https://www.tractorhouse.it/blog/notizie-sulle-macchine-agricole/2016/08/case-ih-trattore->

Ma non esistono solo i colossi. Si stanno diffondendo anche tanti piccoli robot specializzati, un po' come degli operai instancabili e precisi. C'è il robottino che passa a togliere solo le erbacce, lasciando intatte le piante buone (Figura 7); quello che semina mettendo ogni singolo seme alla distanza perfetta; o quello che, con una delicatezza sorprendente, raccoglie frutti come fragole e pomodori.



Figura 7: Robot autonomo in grado di diserbare meccanicamente le orticole. Fonte:
<https://terraevita.edagricole.it/nova/nova-trattori-e-macchine-agricole/il-robot-dino-diserba-le-orticole-in-modo-sostenibile/>

Questi "aiutanti meccanici" hanno un vantaggio fondamentale: non sentono la fatica. A differenza di un operatore umano, possono lavorare senza sosta, di giorno o di notte, e non temono il maltempo. La quantità di lavoro che riescono a svolgere è quindi enormemente

superiore.

E che questo sia un settore in piena esplosione lo dimostra un fatto molto chiaro: il numero di nuove idee e brevetti per l'agricoltura robotica sta crescendo a un ritmo vertiginoso, più di quasi ogni altro campo.

1.3.3. Intelligenza Artificiale, Big Data e Internet of Things

Se i robot e i sensori sono i muscoli della nuova agricoltura, l'Intelligenza Artificiale (AI) ne è senza dubbio il cervello. La sua abilità speciale è quella di prendere un'incredibile montagna di informazioni diverse e darle un senso.

La raccolta dati è ormai capillare. Le informazioni arrivano da moltissime fonti: ci sono i sensori sparsi nei campi, i trattori stessi e i droni in volo. A questi si aggiungono poi i dati esterni, come le previsioni meteo o le foto satellitari.

Grazie a programmi super intelligenti, che imparano dall'esperienza proprio come farebbe una persona (il cosiddetto machine learning), l'AI non si limita a raccogliere questi dati, ma impara a "leggerli" per prevedere il futuro. Può, ad esempio, suggerire il momento perfetto per seminare, oppure lanciare un allarme se "capisce" che sta per diffondersi una malattia che potrebbe danneggiare le piante. La sua precisione è tale da poter creare una "ricetta" di cura su misura non solo per un campo, ma addirittura per ogni singola pianta.

Tutto questo sistema si basa sull'infrastruttura dell'Internet of Things (IoT). In pratica, si tratta di una rete che collega tutti i dispositivi e i sensori sparsi nell'azienda agricola. In questo modo, le macchine e gli strumenti possono scambiarsi dati costantemente, permettendo un monitoraggio delle operazioni in tempo reale.

È proprio l'integrazione tra queste diverse tecnologie a fare la differenza. Un semplice dato numerico, come il livello di umidità del suolo, viene elaborato e trasformato in una decisione operativa, ad esempio un comando per l'irrigazione. L'obiettivo finale è ottenere un'agricoltura capace di aumentare la produzione riducendo al contempo gli sprechi, con un impatto generale più sostenibile.

1.3.4. Sostenibilità, Elettrificazione e Gestione delle Risorse

L'attenzione sempre più forte verso i problemi del nostro pianeta è diventata una spinta importantissima per trovare nuove idee anche in agricoltura. L'obiettivo è chiaro: coltivare in modo da rispettare l'ambiente, usando meno acqua, meno energia e, in generale, sprecando il meno possibile.

Questa spinta ha portato a due risultati: da un lato, la progettazione di macchinari agricoli a minore impatto ambientale; dall'altro, lo sviluppo di tecniche di lavorazione più conservative, che mirano a preservare la salute e la fertilità del suolo nel lungo periodo.

In questo contesto, una delle novità più rilevanti è l'elettrificazione. Seguendo una tendenza già consolidata nel settore automobilistico, si stanno diffondendo i primi trattori e attrezzature a batteria, disponibili sia in versione ibrida che *full electric* (Figura 8). I benefici

sono evidenti. Prima di tutto, queste macchine azzerano le emissioni di gas di scarico durante il lavoro. Inoltre, sono molto più silenziose e, fattore cruciale, riducono la forte dipendenza delle aziende agricole dal gasolio.



Figura 8: Trattore elettrico autonomo Monarch MK-V. Fonte:
<https://www.omnitrattore.it/news/662677/monarch-consegnati-trattori-mkv-elettrici-autonomi/>

Quando queste macchine silenziose e pulite vengono usate insieme ai sistemi di agricoltura di precisione di cui abbiamo già parlato, si raggiunge un livello di efficienza impensabile fino a pochi anni fa. È un passo da gigante che sta portando tutto il settore verso un futuro in cui si produce meglio, sprecando meno e proteggendo il mondo che ci ospita.

1.4. Politiche e regolamentazioni

Tutta questa spinta verso un'agricoltura più moderna e tecnologica, ovviamente, non viaggia da sola. Per decollare, ha bisogno del sostegno delle istituzioni, che attraverso leggi e finanziamenti possono dare un'accelerata pazzesca al cambiamento.

A livello europeo, il motore principale di questo supporto è la Politica Agricola Comune, meglio conosciuta come PAC. Si tratta del grande piano con cui l'Europa da decenni si impegna a sostenere i suoi agricoltori, mettendo sul piatto una fetta importante del suo bilancio (Figure 9 e 10). Attualmente si attesta a circa il 25% del bilancio dell'UE. Questi aiuti arrivano in due modi: da un lato, come supporto diretto al reddito di chi lavora la terra, dall'altro, tramite progetti speciali per lo sviluppo delle campagne.

Sono spesso questi progetti, sia a livello nazionale che regionale, a dare i fondi per comprare nuovi macchinari. L'obiettivo è duplice: da un lato, si cerca di aiutare le aziende a competere meglio sul mercato, magari abbassando i costi; dall'altro, si spinge per ridurre il loro impatto ambientale.

Anche i singoli governi nazionali si stanno muovendo. L'Italia, per esempio, ha stanziato fondi specifici tramite il PNRR (Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza). Lo scopo era proprio quello di spingere le aziende agricole a comprare attrezzature di ultima generazione e ad adottare i nuovi metodi dell'Agricoltura 4.0. In pratica, tutto questo sistema di aiuti funziona come un potente carburante per l'innovazione, spingendo l'intero settore a muoversi più velocemente verso un futuro più tecnologico, efficiente e sostenibile.

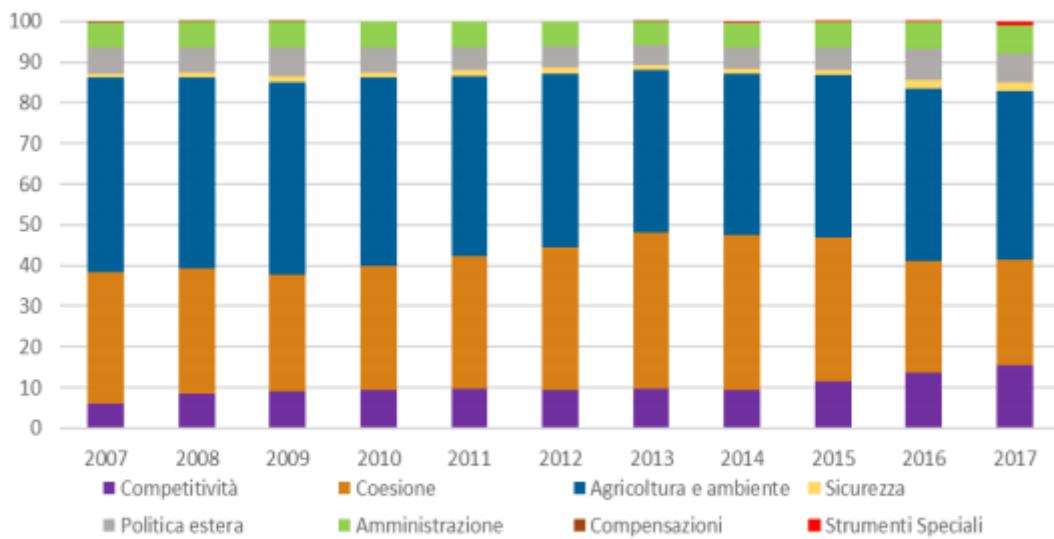


Figura 9: Composizione delle Spese del bilancio UE. Fonte: <https://osservatoriocpi.unicatt.it/cpi-BilancioUE>

Importi della PAC inclusi nella rubrica 3 del QFP (2021-2027)

Rubrica 3	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Totali	55 713	53 366	53 627	53 758	53 891	54 022	54 156
di cui:							
– Spese connesse al mercato e pagamenti diretti	40 368	40 638	40 692	40 602	40 529	40 541	40 496
– Sviluppo rurale	15 345	12 728	12 935	13 156	13 226	13 332	13 505
– Entrate con destinazione specifica esterne	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
NGEU	2 388	5 683					

Fonte: Commissione europea, Relazione finanziaria sul FEAGA e sul FEASR per il 2023, COM(2024)0417 del 26 settembre 2024.

Figura 10: Importi PAC rubrica 3 (Risorse Naturali e Ambiente). Fonte: [https://www.europarl.europa.eu/factsheets/it/sheet/106/il-finanziamento-della-pac-fatti-e-cifre#:~:text=Attualmente%20si%20attesta%20a%20circa,\(Risorse%20naturali%20e%20ambiente\)](https://www.europarl.europa.eu/factsheets/it/sheet/106/il-finanziamento-della-pac-fatti-e-cifre#:~:text=Attualmente%20si%20attesta%20a%20circa,(Risorse%20naturali%20e%20ambiente))

2. Brevetti

In questo capitolo tratterò i concetti fondamentali legati ai brevetti. Ho voluto inserire queste basi teoriche perché sono indispensabili per capire l'analisi che ho condotto nei capitoli successivi. Analizzerò infine il ruolo strategico che i brevetti giocano nel contesto dell'innovazione.

2.1. Che cos'è un brevetto?

Un brevetto è, prima di tutto, un documento ufficiale che protegge un'idea. Dà al suo creatore un diritto esclusivo sull'invenzione, ma solo per un tempo limitato (di solito sui 20 anni).

Cosa significa "esclusivo"? Che in quel periodo, solo l'inventore (o chiunque abbia comprato il brevetto da lui) può produrre, usare o vendere legalmente quell'invenzione per guadagnarci. L'obiettivo è chiaro: permettere all'inventore di ripagarsi dei costi e della fatica spesi in ricerca e sviluppo, senza che i concorrenti possano arrivare e copiare tutto il giorno dopo.

Ovviamente c'è una fine. Una volta che il brevetto scade, l'invenzione non è più protetta: diventa di "dominio pubblico" e chiunque può usarla e produrla liberamente.

Chiaramente non tutto può essere brevettato. Per ottenere questo "certificato", un'invenzione deve superare tre esami fondamentali.

Il primo è la novità: l'idea non deve essere già conosciuta o disponibile al pubblico in nessuna parte del mondo. Prima di presentare la domanda, infatti, bisogna fare i "compiti a casa" e controllare che a nessuno sia venuta la stessa idea prima, consultando le banche dati online degli uffici brevetti (italiano, europeo o mondiale a seconda di dove si vuole la protezione).

Il secondo esame riguarda l'attività inventiva. In pratica, l'invenzione non può essere banale. Non deve essere un piccolo miglioramento che un qualsiasi esperto del settore, con le conoscenze attuali, potrebbe sviluppare come semplice passo logico. Deve esserci un vero "salto" inventivo, un qualcosa che non era ovvio per chi è del mestiere.

Il terzo e ultimo requisito è l'applicazione industriale. Questo è più semplice: l'idea deve essere qualcosa di concreto. Deve essere possibile produrla o utilizzarla in un settore industriale. Un'idea puramente teorica o astratta, per quanto brillante, non può essere brevettata.

Se un'invenzione supera questi tre test e ottiene il brevetto, il suo proprietario ha il potere di impedire a chiunque altro di copiare, produrre, vendere o importare la sua creazione senza aver prima chiesto il permesso.

2.2. Classificazione IPC

Con milioni di invenzioni registrate nel mondo, l'archivio dei brevetti è come una biblioteca sconfinata. Per poter trovare qualcosa lì dentro, è fondamentale avere un sistema di catalogazione, un grande indice universale. Questo sistema esiste e si chiama Classificazione Internazionale dei Brevetti (IPC).

Nata da un accordo internazionale nel 1971, l'IPC è una specie di gigantesco schedario che

mette una "etichetta" su ogni invenzione a seconda del suo settore tecnologico. È uno strumento utilissimo sia per gli uffici brevetti, che lo usano per studiare le nuove richieste, sia per chiunque voglia scoprire cosa è già stato inventato in un certo campo.

La sua struttura funziona un po' come una matrioska, andando dal generale al super specifico. Al livello più alto ci sono otto grandi "contenitori" (chiamati Sezioni, dalla A alla H), che coprono ogni campo della conoscenza umana. Ognuno di questi si suddivide in "scatole" più piccole (le Classi), poi in "scatoline" ancora più dettagliate (le Sottoclassi), e così via, fino a descrivere l'invenzione con estrema precisione.

Prendiamo un esempio pratico dal settore agricolo. Quasi tutte le invenzioni di quest'area finiscono nella "macrosezione" A, quella dedicata alle "Necessità Umane".

All'interno di questa, la classe che ci interessa è la A01 ("Agricoltura, Allevamento, Pesca..."). Ma il sistema è molto più granulare di così. Se, per dire, l'invenzione è un nuovo tipo di aratro, il sistema lo classifica in modo ancora più preciso con il codice A01B ("Lavorazione del suolo"). Se invece si tratta di una falciatrice, il suo codice specifico sarà A01D ("Raccolta, Falciatura").

Usare questi codici è come avere l'indirizzo esatto di un'invenzione: permette di fare ricerche mirate in pochi minuti e di capire quali sono i settori tecnologici dove gli inventori si stanno concentrando di più.

3. Metodologia di Ricerca/Raccolta Dati e Costruzione/Validazione delle Query

Questo capitolo è il diario di bordo del viaggio che ha portato alla costruzione del "radar" per intercettare le invenzioni più importanti nel mondo delle macchine agricole. Racconta il percorso fatto per mettere a punto le giuste domande da porre ai grandi archivi di brevetti, un processo fatto di tentativi, errori e intuizioni che, passo dopo passo, ha permesso di creare uno strumento di ricerca preciso e affidabile.

3.1. Le fonti dei dati: gli strumenti del mestiere

Per un'indagine di questo tipo, servono gli strumenti giusti. La scelta è ricaduta su due piattaforme fondamentali, ognuna con un ruolo specifico.

- Come "mappa del tesoro" per l'estrazione e l'analisi dei brevetti, è stato scelto Lens.org. Si può pensare a Lens come a una gigantesca biblioteca digitale che non solo contiene milioni di documenti brevettuali da tutto il mondo, ma offre anche strumenti potentissimi per interrogarli, filtrarli e analizzarli. È stata la mia base operativa per tutte le ricerche.
- Per imparare la "lingua" dei brevetti, invece, lo strumento indispensabile è stato il portale della World Intellectual Property Organization (WIPO). È qui che si può consultare la Classificazione Internazionale dei Brevetti (IPC), una sorta di dizionario universale che assegna un'etichetta specifica a ogni tipo di invenzione. Capire la logica di questi codici è stato il primo passo per poter dialogare con gli archivi in modo efficace.

3.2. La strategia di ricerca: un percorso a tappe

Trovare i brevetti giusti non è stato un processo lineare. È stata piuttosto un'avventura in tre atti, un percorso di affinamento progressivo che ha trasformato un'idea iniziale, piuttosto ingenua, in una strategia di ricerca sofisticata e robusta.

3.2.1. Preparare il terreno: le macro-aree e i codici di dominio

Prima di iniziare a cercare, bisognava definire cosa cercare. Il punto di partenza è stato suddividere l'universo dell'innovazione in cinque grandi continenti, le macro-aree tecnologiche che oggi stanno ridisegnando il settore:

- Elettrificazione
- Agricoltura di Precisione & Internet of Things (IoT)
- Automazione e Robotica
- Intelligenza Artificiale (AI)

- Sostenibilità

Il passo successivo è stato costruire le fondamenta della mia ricerca: il "blocco di dominio". La classe principale che racchiude tutto il mondo dell'agricoltura è A01. Al suo interno, le sottoclassi più pertinenti, che si concentrano su macchine e operazioni, sono le seguenti:

- A01B - LAVORAZIONE DEL SUOLO IN AGRICOLTURA O SILVICOLTURA; PARTI, DETTAGLI O ACCESSORI DI MACCHINE O ATTREZZI AGRICOLI, IN GENERALE.
 - Questa sottoclasse copre aratri, erpici, coltivatori e le parti generali di qualsiasi macchina agricola.
- A01C - PIASTAGIONE; SEMINA; FERTILIZZAZIONE.
 - Copre tutte le macchine seminatrici, spandiconcime, trapiantatrici.
- A01D - RACCOLTA; FALCIATURA.
 - Include mietitrebbie, falciatrici, macchine per la raccolta di frutta e ortaggi.
- A01F - TREBBIATURA; IMBALLAGGIO DI PAGLIA, FIENO O SIMILI; MACCHINE STAZIONARIE O UTENSILI MANUALI PER FORMARE O LEGARE PAGLIA, FIENO O SIMILI IN FASCI; TAGLIO DI PAGLIA, FIENO O SIMILI; IMMAGAZZINAMENTO DI PRODOTTI AGRICOLI O ORTICOLI.
 - Sebbene più specifica, copre macchine come le imballatrici (presse per balle di fieno) che sono una parte importante del settore.
- A01M - CATTURA, CACCIA CON TRAPPOLE O SPAURACCHIO DEGLI ANIMALI; APPARECCHI PER LA DISTRUZIONE DI ANIMALI O PIANTE NOCIVE.
 - Questa classe è molto importante per macchine come le irroratrici (sprayers) e le tecnologie per il diserbo selettivo.

L'obiettivo era creare un filtro che dicesse al motore di ricerca: "Qualsiasi cosa cercherò, deve prima di tutto essere una macchina agricola". Questo filtro è stato costruito unendo, con l'operatore OR, i codici IPC che identificano il cuore del settore agromeccanico sopra descritti:
 class_ipcr.symbol:(A01B* OR A01C* OR A01D* OR A01F* OR A01M*)

Questa stringa è diventata la base di partenza per quasi tutte le ricerche successive, la garanzia che la "pesca" sarebbe avvenuta solo nelle acque giuste.

3.2.2. Costruzione e affinamento delle query: la storia di un'indagine

Qui inizia la parte più avvincente del lavoro. Il processo di costruzione delle query finali è stato un vero e proprio percorso investigativo, che si è evoluto attraverso tre fasi distinte.

Fase 1: Il primo tentativo, un buco nell'acqua

L'approccio iniziale è stato semplice e diretto: cercare nei database brevettuali le parole chiave più ovvie per ogni macro-area, come "autonomous tractor" o "electric farming". Il risultato? Un disastro. Mi sono trovato sommerso da decine di migliaia di risultati, un oceano di documenti in gran parte irrilevanti. Era chiaro che questo approccio era troppo generico e che le parole chiave da sole non bastavano. Bisognava cambiare completamente strategia.

Fase 2: La via della rigidità, una soluzione a metà

Per il secondo tentativo, ho provato un approccio molto più strutturato. Ho lasciato perdere le parole chiave e mi sono concentrato solo sui codici di Classificazione Internazionale (IPC). La mia idea era di usare una logica "a due blocchi". Il primo blocco era quello del "dominio" (il "dove"): in pratica una base fissa con tutti i codici IPC dell'agricoltura (A01B*, A01C*, ecc.), che doveva funzionare da ancora per essere sicuro che i risultati fossero pertinenti. Il secondo blocco era quello della "tecnologia" (il "cosa"), che cambiava di volta in volta: qui inserivo i codici delle tecnologie che cercavo, come B60L* per l'elettrico o G06N* per l'IA.

Ho quindi unito i due blocchi con l'operatore AND. Come previsto, le ricerche sono diventate molto più precise, ma mi sono scontrato con il problema opposto: la strategia era troppo rigida, quasi "miope".

Quando ho analizzato i risultati, infatti, mi sono reso conto che mi stavo perdendo moltissimi brevetti importanti, specie quelli delle startup. Il motivo era semplice: un'azienda che progetta un software IA per il diserbo, molto probabilmente lo brevetta usando un codice informatico (come G06V), senza pensare di aggiungere anche il codice agricolo (A01M). E la mia ricerca "rigida" li escludeva del tutto.

La mia ricerca, così rigida, era "cieca" a queste invenzioni. Bisognava trovare un modo più intelligente e flessibile di interrogare i dati.

Fase 3: L'affinamento finale, il lavoro da detective (la versione vincente)

Questa è stata la fase decisiva, dove ogni query è stata smontata e ricostruita pezzo per pezzo, analizzando i "fallimenti" delle versioni precedenti. Per ogni macro-area, ho selezionato alcune aziende chiave e sono andato a "caccia" dei loro brevetti che le mie query non riuscivano a trovare (i "falsi negativi"). Capire perché un brevetto importante sfuggiva alla mia rete è stata la chiave per perfezionarla.

- Intelligenza Artificiale: L'indagine è partita analizzando i brevetti di Blue River, un pioniere del diserbo intelligente. Mi sono accorto che molte delle sue invenzioni più recenti erano invisibili alla mia query. Il colpevole era un nuovo codice IPC, G06V, creato appositamente per le tecnologie di "riconoscimento di immagini e video". Le vecchie query non lo includevano. Aggiungendolo alla lista dei codici tecnologici, di colpo sono emersi decine di brevetti fondamentali che prima erano nascosti. Il risultato finale è stato una query con un tasso di pertinenza del 97%, praticamente un cecchino.

- Automazione e Robotica: Qui l'indizio è arrivato da Pyka Inc., un'azienda che produce droni per l'irrigazione. I loro brevetti non venivano trovati perché l'ufficio brevetti li aveva classificati come "aeroplani" (B64) e non come macchine agricole. L'intuizione è stata quella di dividere la query in due: una parte per i veicoli di terra e una per quelli di aria, unendo i risultati con OR. La parte "aerea" è stata resa precisa aggiungendo un filtro testuale: cercava brevetti B64 solo se nel testo comparivano parole come "farm" o "crop". Successivamente, analizzando Monarch Tractor, è emerso un problema simile per i veicoli terrestri, a volte classificati come generici "veicoli a motore" (B62D). È stato quindi aggiunto un terzo percorso di ricerca, che cercava questi codici solo se nel testo si parlava contemporaneamente di agricoltura e di automazione. Questa struttura a tre vie ha portato la pertinenza a un incredibile 98%.
- Agricoltura di Precisione & IoT: Analizzando i brevetti di aziende come CropX e Xfarm Technologies, mi sono accorto di un problema enorme: le mie ricerche li escludevano quasi tutti. Ho capito che il motivo era duplice. O questi brevetti usavano codici IPC iper-specifici (come A01G25/16 per l'irrigazione), oppure facevano il contrario cioè usavano solo codici tecnologici generici (come G01S per il GPS), senza nessun riferimento all'agricoltura. Per risolvere, ho dovuto inventarmi una query "a più bracci". Il primo braccio faceva la ricerca "classica". Il secondo l'ho dedicato a cercare codici specifici come quello dell'irrigazione. Il terzo braccio, che si è rivelato fondamentale, andava a caccia dei codici tecnologici generici (come il GPS), ma ho aggiunto una condizione: dovevano avere nel titolo o nell'abstract almeno una parola "ancora" (come "tractor" o "irrigation") che mi confermasse il legame con l'agricoltura. Questo metodo ha funzionato benissimo e ha fatto emergere invenzioni che altrimenti non avrei mai trovato. Alla fine, il tasso di pertinenza dei risultati è arrivato al 96%.
- Elettrificazione: Anche in questo caso, le invenzioni di Monarch Tractor sfuggivano alla rete perché registrate in modo troppo generico. La query è stata completamente ripensata con una logica "a due velocità": un primo percorso molto stretto (IPC agricolo + IPC elettrico + parola chiave a tema) e un secondo percorso più flessibile, che cercava brevetti agricoli che, pur non avendo il codice IPC elettrico, descrivevano nel testo una "propulsione elettrica". Studiando poi i brevetti di AGCO, è emerso che spesso usavano il codice G05B ("sistemi di controllo") per descrivere la gestione dei motori elettrici. È stato quindi aggiunto un terzo percorso di ricerca per catturare anche questi casi, sempre vincolato alla presenza di parole chiave agricole nel testo. Dopo aver escluso il "rumore" di brevetti su tosaerba o pale eoliche, la query ha raggiunto un'ottima pertinenza dell'86%.
- Sostenibilità: Questa è stata la sfida più grande, data la natura astratta del concetto. All'inizio ho provato a usare una lunga lista di parole chiave, ma è stato un completo

fallimento. La ricerca mi restituiva brevetti che parlavano di "efficienza" in senso generale, ma quasi nessuno legato alla sostenibilità ambientale. Ho dovuto quindi cambiare completamente approccio. Ho abbandonato la ricerca generica e ho creato quattro query separate, molto specifiche e mirate, quasi come quattro "percorsi di caccia" indipendenti. Il primo percorso cercava la riduzione delle emissioni, quindi ho incrociato i codici delle macchine agricole con quelli dei motori. Il secondo era dedicato all'agricoltura conservativa, e lì ho unito le macchine per il suolo a parole chiave come "no-till". Un terzo percorso serviva per la riduzione degli input, ad esempio cercando irroratrici che menzionassero lo "selective spray". Infine, l'ultimo percorso si è focalizzato sulla salute del suolo, in particolare sul problema del compattamento. Alla fine ho messo insieme i risultati di queste quattro ricerche diverse usando l'operatore OR. La query "composita" che ne è uscita si è rivelata finalmente potente e precisa, portandomi a una pertinenza dei risultati del 92%.

Questo processo iterativo (costruisci, testa, fallisci, impara, migliora) ha trasformato ogni query da una semplice stringa di ricerca a un sofisticato strumento di indagine, modellato sulle reali dinamiche del mondo brevettuale.

3.2.3. Le query definitive: il risultato dell'indagine

Le cinque query presentate di seguito (Tabella 1) non sono quindi un punto di partenza, ma il punto di arrivo di questo rigoroso percorso di ricerca. Ognuna di esse è il risultato finale di decine di test, analisi e affinamenti, e rappresenta, a mio avviso, il miglior compromesso possibile tra completezza e precisione per mappare l'innovazione in ciascuna macro-area.

Tabella 1: Query di Ricerca Definitive

Macro-Area	Query (Lens.org)
Elettrificazione	((class_ipcr.symbol:(A01B* OR A01C* OR A01D* OR A01F* OR A01M*)) AND (class_ipcr.symbol:(B60L* OR H02P* OR B60K* OR H01M*)) AND (title:(“electric” OR “hybrid” OR “battery”) OR abstract:(“electric” OR “hybrid” OR “battery”))) OR (((class_ipcr.symbol:(A01B* OR A01C* OR A01D* OR A01F* OR A01M*)) AND ((title:(“electric motor” OR “battery-powered”) AND (drive OR driven OR propulsion))) OR (abstract:(“electric motor” OR “battery-powered”) AND (drive OR driven OR propulsion)))))) OR (((class_ipcr.symbol:(B60L* OR H02P* OR B60K* OR H01M* OR G05B*)) AND (title:(“planter” OR “agricultural” OR “farm” OR “tractor” OR “harvester”) OR abstract:(“planter” OR “agricultural” OR “farm” OR “tractor” OR “harvester”))) AND NOT (title:(“lawn mower” OR “lawnmower” OR “trimmer” OR “chainsaw” OR “garden tool”) OR abstract:(“wind farm” OR “wind turbine”)))
Agricoltura di Precisione & Internet of Things (IoT)	((class_ipcr.symbol:(A01B* OR A01C* OR A01D* OR A01F* OR A01M*)) AND ((class_ipcr.symbol:(G01S* OR G01N* OR G06Q.50\02* OR G05B*)) OR (title:(“variable rate” OR VRT OR “site specific” OR “precision agriculture” OR “precision farming”) OR abstract:(“variable rate” OR VRT OR “site specific” OR “precision agriculture” OR “precision farming”)))) OR (class_ipcr.symbol:(A01G.25\16*)) OR ((class_ipcr.symbol:(G01S* OR G01N* OR G05B* OR G01F* OR G01C* OR G01W*)) AND (title:(“agricultur*” OR “farm” OR “crop” OR “irrigation” OR “rice field” OR “tractor” OR “harvester”) OR abstract:(“agricultur*” OR “farm” OR “crop” OR “irrigation” OR “rice field” OR “tractor” OR “harvester”)))
Automazione e Robotica	((class_ipcr.symbol:(A01B* OR A01C* OR A01D* OR A01F* OR A01M*)) AND (class_ipcr.symbol:(G05D.1\00* OR G05D.1\02* OR B25J* OR G01C.21\00*)) OR ((class_ipcr.symbol:(B64C* OR B64D*)) AND (title:(“agricultur*” OR “crop” OR “farm” OR “spray*”) OR abstract:(“agricultur*” OR “crop” OR “farm” OR “spray*”))) OR ((class_ipcr.symbol:(B62D* OR B60R*)) AND ((title:(“agricultur*” OR “farm” OR “crop” OR “tractor” OR “harvester”) OR abstract:(“agricultur*” OR “farm” OR “crop” OR “tractor” OR “harvester”))) AND (title:(“autonomous” OR “robot*” OR “unmanned” OR “remote control”) OR abstract:(“autonomous” OR “robot*” OR “unmanned” OR “remote control”))))

Intelligenza Artificiale	(class_ipcr.symbol:(A01B* OR A01C* OR A01D* OR A01F* OR A01M*)) AND (class_ipcr.symbol:(G06N* OR G06K.9\00* OR G06T.7\00* OR G06V*))
Sostenibilità	((class_ipcr.symbol:(A01*)) AND (class_ipcr.symbol:(F01N* OR F02B* OR F02D* OR B60L*))) OR ((class_ipcr.symbol:(A01B*)) AND ((class_ipcr.symbol:(A01B.79\00*)) OR (title:(no till* OR "strip till*") OR "conservation tillage" OR "residue management" OR "cover crop*") OR abstract:(no till* OR "strip till*" OR "conservation tillage" OR "residue management" OR "cover crop*")))) OR ((class_ipcr.symbol:(A01C* OR A01M*)) AND (title:(selective spray* OR "targeted spray*" OR "spot spray*") OR abstract:(selective spray* OR "targeted spray*" OR "spot spray*")))) OR ((class_ipcr.symbol:(A01B* OR B60B* OR B60C*)) AND (title:(soil compaction" OR "controlled traffic farming" OR "CTF" OR "tire pressure control" OR "tyre pressure control" OR "tire inflation") OR abstract:(soil compaction" OR "controlled traffic farming" OR "CTF" OR "tire pressure control" OR "tyre pressure control" OR "tire inflation"))))

3.3. Criteri di validazione: la prova del nove

Come si è capito, la validazione non è stata un'attività finale, ma il motore stesso del processo di ricerca. Per ogni query definitiva, è stata eseguita una "prova del nove" basata su due controlli incrociati.

Il mio primo obiettivo era controllare i "falsi negativi". In pratica, dovevo assicurarmi che le mie query di ricerca fossero abbastanza ampie da trovare tutti i brevetti rilevanti. Per fare questo test, ho creato una lista di brevetti noti depositati da aziende leader del settore. Ho quindi lanciato le mie query per verificare che questi brevetti venissero effettivamente trovati. L'esito è stato positivo e questo controllo mi ha confermato che l'ampiezza delle query era corretta.

In secundis, l'analisi dei "falsi positivi": Successivamente, ho controllato la qualità del pescato. Per validare il metodo, ho fatto un controllo manuale su ogni query. Ho preso un campione di 100 brevetti per ciascuna e me li sono letti uno per uno.

Man mano che li analizzavo, li ho divisi in tre gruppi: quelli che ho definito "pertinenti centrali" (cioè il centro esatto della mia ricerca), quelli "periferici" (interessanti, ma non fondamentali) e infine i "falsi positivi", che erano in pratica il "rumore" da scartare.

Questo lavoro mi ha permesso di calcolare un tasso di pertinenza, dandomi un punteggio numerico sulla precisione di ogni ricerca. I risultati erano buoni, e questo mi ha confermato che la strategia generale stava funzionando.

4. Analisi brevettuale del settore delle macchine agricole

Siamo arrivati al capitolo centrale di questa tesi. Qui presento finalmente i risultati della mia analisi, sia quantitativa che qualitativa, sui brevetti del settore.

Ho usato questi dati per rispondere ad alcune domande fondamentali come quali sono i veri trend dell'innovazione? Chi sono i principali "attori" sul campo, cioè le aziende e gli istituti che brevettano di più? Quali sono le tecnologie che stanno davvero guidando il cambiamento?

4.1. Agricoltura di Precisione & IoT

4.1.1. Analisi Temporale

Dall'analisi del grafico sull'andamento temporale (Figura 11), è possibile osservare come l'attività brevettuale in questo campo sia rimasta contenuta per decenni, per poi mostrare una marcata accelerazione dal 2011 e un incremento esponenziale a partire dal 2015. Tale dinamica suggerisce che il settore, dopo una lunga fase di sviluppo, ha raggiunto la piena maturità industriale, entrando in un periodo di intensa innovazione. L'agricoltura di precisione non rappresenta più un'area emergente, bensì una tecnologia consolidata che attrae significativi investimenti in ricerca e sviluppo. Questa crescita recente è verosimilmente correlata alla riduzione dei costi di tecnologie abilitanti quali l'IoT, il cloud e la sensoristica avanzata.

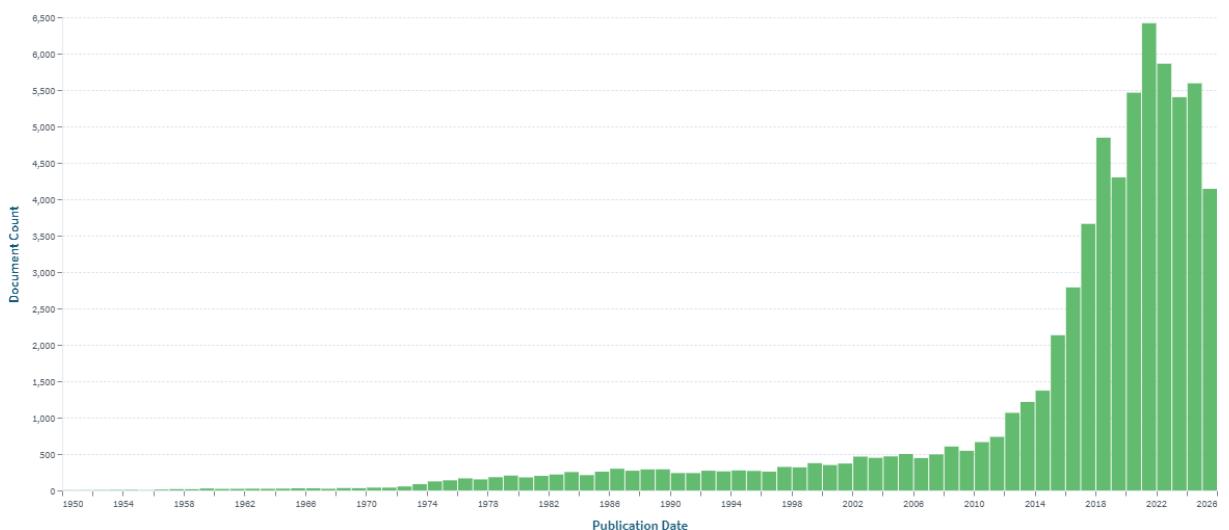


Figura 11: Patent documents over time – Agricoltura di Precisione & IoT

4.1.2. Principali Depositanti

Analizzando i dati sui depositanti (Tabella 2), emerge che l'attività di brevettazione è distribuita tra diversi attori. Deere & Co. (John Deere) presenta un volume di 1164 brevetti, Kubota 626 brevetti, Husqvarna 421 e Rain Bird 420. Si osserva una consolidata attività di brevettazione da parte di Deere & Co., dato che suggerisce investimenti precoci e intensivi in ricerca e sviluppo. È inoltre rilevante la presenza di università cinesi (ad esempio, Univ Jiangsu, Univ China Agricultural) e di aziende specializzate nella gestione dati come Climate Corp. La

presenza di questi attori sottolinea due tendenze significative: il ruolo della ricerca accademica cinese e la crescente convergenza tra hardware (macchinari) e piattaforme software.

Tabella 2: Top Applicants – Agricoltura di Precisione & IoT

Rank	Applicant Name	Numero di Brevetti	Percentuale sul Totale (%)
1	Deere & CO	1164	1,73%
2	Kubota Kk	626	0,93%
3	Husqvarna Ab	421	0,62%
4	Rain Bird CORP	420	0,62%
5	Univ Jiangsu	370	0,55%
6	Univ China Agricultural	352	0,52%
7	Valmont Industries	347	0,51%
8	Climate CORP	346	0,51%
9	Prec Planting LLC	340	0,50%
10	Cnh Ind America LLC	293	0,43%
11	Monsanto Technology LLC	217	0,32%
12	Climate LLC	213	0,32%
13	Univ Zhejiang	205	0,30%
14	Univ Northwest A&f	204	0,30%
15	Lindsay CORP	200	0,30%
	Altre	61667	91,51%
TOT		67385	100,00%

Come si può vedere nella Tabella 3, l'indice di concentrazione C10, pari al 6.92%, conferma un settore estremamente frammentato. Il volume complessivo di brevetti è distribuito tra un numero molto elevato di attori, incluse università e imprese minori, indicando un'elevata dinamicità e potenziali basse barriere all'ingresso.

Tabella 3: Concentrazione attività brevettuali – Agricoltura di Precisione & IoT

Quota del principale depositante (%)	C5 (%)	C10 (%)	Interpretazione (Livello di Concentrazione)
1.73%	4.45%	6.92%	Estremamente Frammentato

4.1.3. Distribuzione Geografica

A livello geografico, come mostrato dalla mappa (Figura 12), l'attività di deposito è geograficamente concentrata. La Cina presenta oltre 37.000 brevetti, gli Stati Uniti circa 8.500 e il Giappone circa 3.400. Confrontando questo dato con l'elenco dei depositanti, si evince che tale volume in Cina è generato da un ecosistema frammentato, composto da aziende di minori dimensioni, università e centri di ricerca. Lo scenario è dunque caratterizzato dalla coesistenza di un attore globale con un ampio portafoglio brevetti (Deere & Co.) e di un sistema-paese (Cina) che promuove l'innovazione in modo diffuso e capillare.



Figura 12: Patent documents by Jurisdiction – Agricoltura di Precisione & IoT

4.1.4. Classificazione Tecnologica

L'analisi dei codici di classificazione brevettuale (IPC) rivela le aree tecnologiche di maggior interesse. Come emerge dal grafico (Figura 13), il codice IPC A01G25/16 (Sistemi di irrigazione controllati da sensori di umidità) appare di frequente, unitamente ad altre classificazioni relative alla gestione delle risorse idriche. Sono inoltre presenti in modo significativo i codici G06Q50/02 (Sistemi informatici applicati all'agricoltura) e G01N33/24 (Metodi per l'analisi del suolo). Questa distribuzione indica che una porzione significativa dell'innovazione nel settore è focalizzata sulle tecnologie per la gestione idrica intelligente. La rilevanza del codice G06Q50/02 conferma ulteriormente che l'innovazione non risiede solo nei componenti hardware, ma anche nelle piattaforme software per l'analisi e la gestione dei dati.

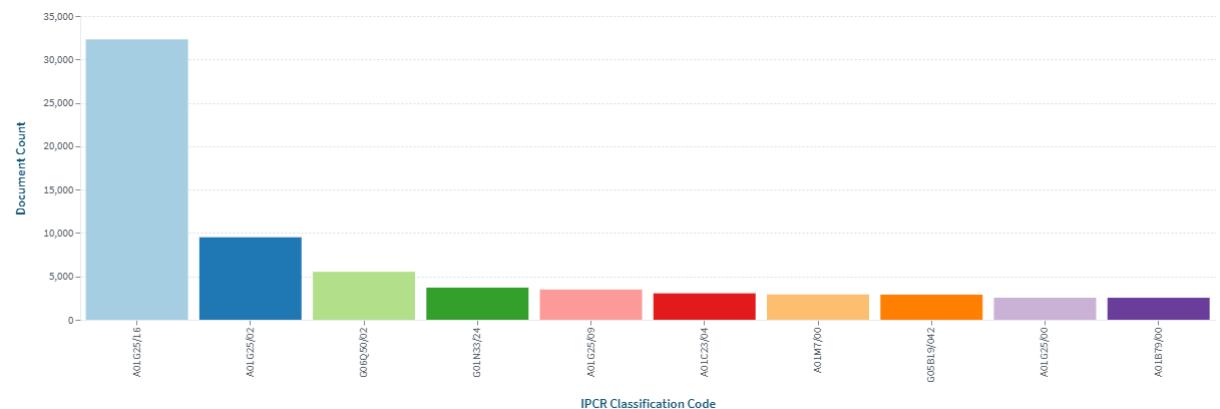


Figura 13: Top IPC classification codes – Agricoltura di Precisione & IoT

4.2. Elettrificazione

4.2.1. Analisi Temporale

L'analisi temporale dei depositi brevettuali relativi all'elettrificazione mostra un lieve andamento di crescita per decenni, per poi evidenziare una netta accelerazione a partire dal 2011 (Figura 14). Fattori quali l'inasprimento delle normative sulle emissioni e i progressi

tecnologici nel campo delle batterie hanno probabilmente agito da catalizzatori, stimolando gli investimenti in Ricerca&Sviluppo.

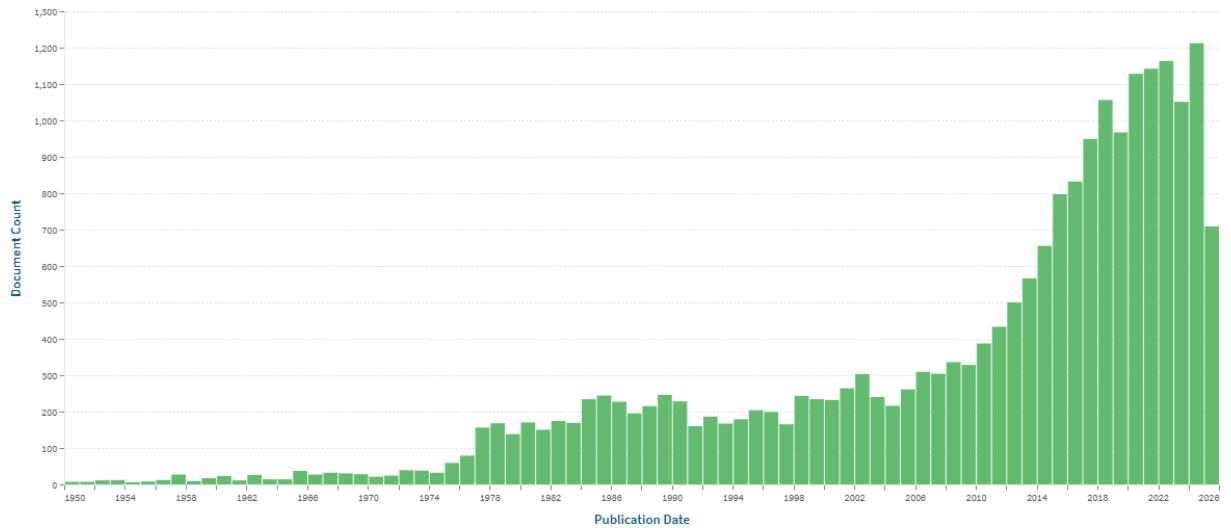


Figura 14: Patent documents over time – Elettrificazione

4.2.2. Principali Depositanti

Dando un'occhiata alla distribuzione dei depositanti (Tabella 4), la prima cosa che salta all'occhio è la forte presenza di aziende giapponesi. Notiamo infatti l'attività di Iseki (con 1209 brevetti), Kubota (756+753) e Yanmar (382+292+183), oltre a altri grandi nomi come l'americana Deere & Co. (709). È interessante anche la presenza di aziende molto specializzate, come la Kanzaki Kokyukoki, che produce componenti per la trasmissione.

Questa forte presenza giapponese mi fa pensare che gran parte dell'innovazione si stia concentrando sui trattori compatti e specializzati. Il fatto che ci siano così tanti attori diversi che brevettano così tanto suggerisce un'altra cosa, cioè, che il settore non ha ancora trovato una "strada" unica e dominante per elettrificare le macchine su larga scala.

Tabella 4: Top Applicants – Elettrificazione

Rank	Applicant Name	Numero di Brevetti	Percentuale sul Totale (%)
1	Iseki Agricult Mach	1209	5,56%
2	Kubota Kk	756	3,48%
3	Kubota LTD	753	3,47%
4	Deere & CO	709	3,26%
5	Yanmar CO LTD	382	1,76%
6	Yanmar Agricult Equip	292	1,34%
7	Mitsubishi Agricult Mach	274	1,26%
8	Yanmar Diesel Engine CO	183	0,84%
9	Cnh Ind America LLC	178	0,82%
10	Kanzaki Kokyukoki Mfg CO LTD	159	0,73%
11	Weichai Leiwo Smart Agriculture Technology CO LTD	145	0,67%
12	Ls Mtron LTD	135	0,62%

13	Zahnradfabrik Friedrichshafen	112	0,52%
14	Agco Int GMBH	105	0,48%
15	Int Harvester CO	105	0,48%
	Altre	16232	74,70%
TOT		21729	100,00%

Come si può vedere nella Tabella 5, quest'area mostra il livello di concentrazione relativamente maggiore tra le cinque analizzate ($C10 = 22.52\%$). Sebbene il settore non possa definirsi “altamente concentrato”, questo dato indica che un gruppo ristretto di operatori, principalmente le aziende giapponesi specializzate e Deere & Co., detiene una quota rilevante (circa un quarto) dell'innovazione totale.

Tabella 5: Concentrazione attività brevettuali – Elettrificazione

Quota del principale depositante (%)	C5 (%)	C10 (%)	Interpretazione (Livello di Concentrazione)
5.56%	17.53%	22.52%	Moderatamente Concentrato (il più alto)

4.2.3. Distribuzione Geografica

I dati sulla giurisdizione dei depositi (Figura 15) delineano un quadro multipolare, con volumi di brevetti consistenti in Cina, Giappone e Stati Uniti. La rilevanza di Giappone e Cina conferma il ruolo dell'Asia come epicentro di questa transizione tecnologica. La presenza degli Stati Uniti, trainata principalmente dall'attività di Deere & Co., dimostra la dimensione globale del fenomeno.

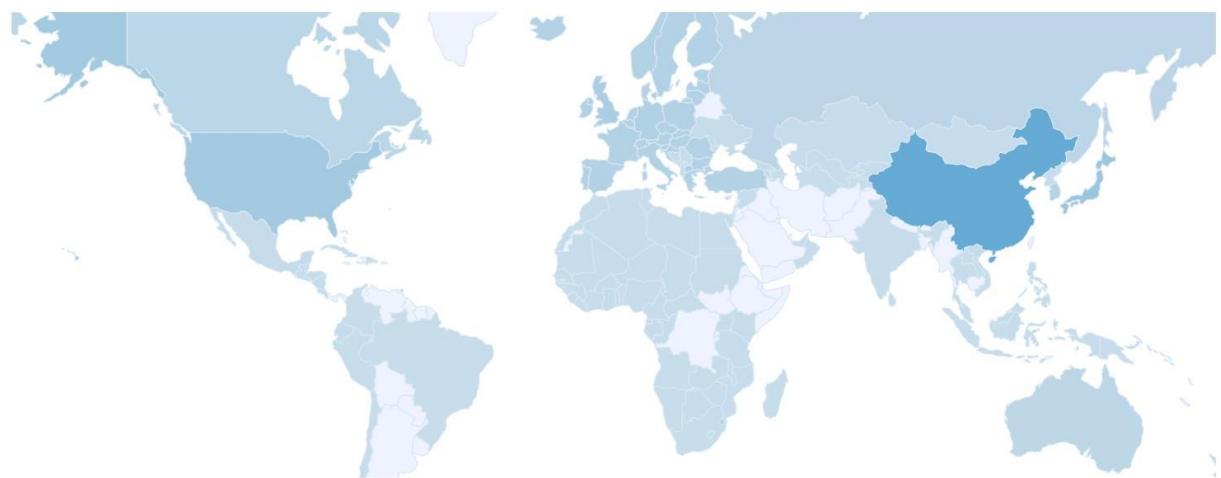


Figura 15: Patent documents by Jurisdiction – Elettrificazione

4.2.4. Classificazione Tecnologica

Dall'analisi dei codici IPC, come si può vedere in Figura 16, si osserva una frequenza elevata di classificazioni relative alla trasmissione e al powertrain (serie B60K), che occorrono più spesso di quelle specifiche per la propulsione elettrica (serie B60L). Si rileva inoltre una presenza significativa dei codici per il controllo dei motori (H02P) e per l'architettura generale dei veicoli

(B62D). Questi dati suggeriscono che la sfida tecnologica principale non risiede tanto nel motore elettrico in sé, quanto nella sua integrazione nell'architettura complessa di un veicolo agricolo.

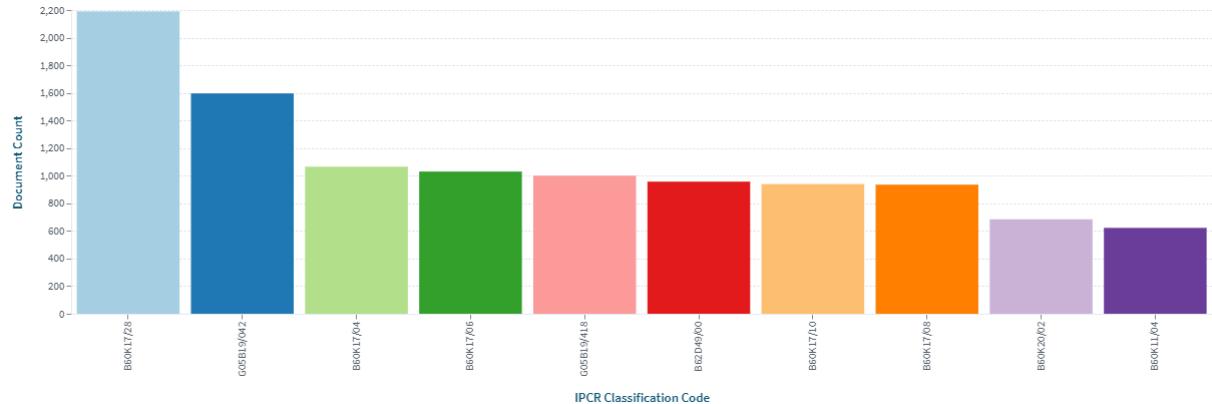


Figura 16: Top IPC classification codes – Elettrificazione

4.3. Intelligenza Artificiale

4.3.1. Analisi Temporale

L'attività brevettuale relativa all'applicazione dell'Intelligenza Artificiale (AI) in agricoltura registra una crescita esponenziale a partire dal biennio 2018-2019 (Figura 17). La curva di crescita in quest'area mostra un'accelerazione particolarmente pronunciata rispetto agli altri domini tecnologici analizzati. Tale dinamica è con alta probabilità correlata alla maturità tecnologica raggiunta dagli algoritmi di deep learning e alla loro crescente applicabilità.

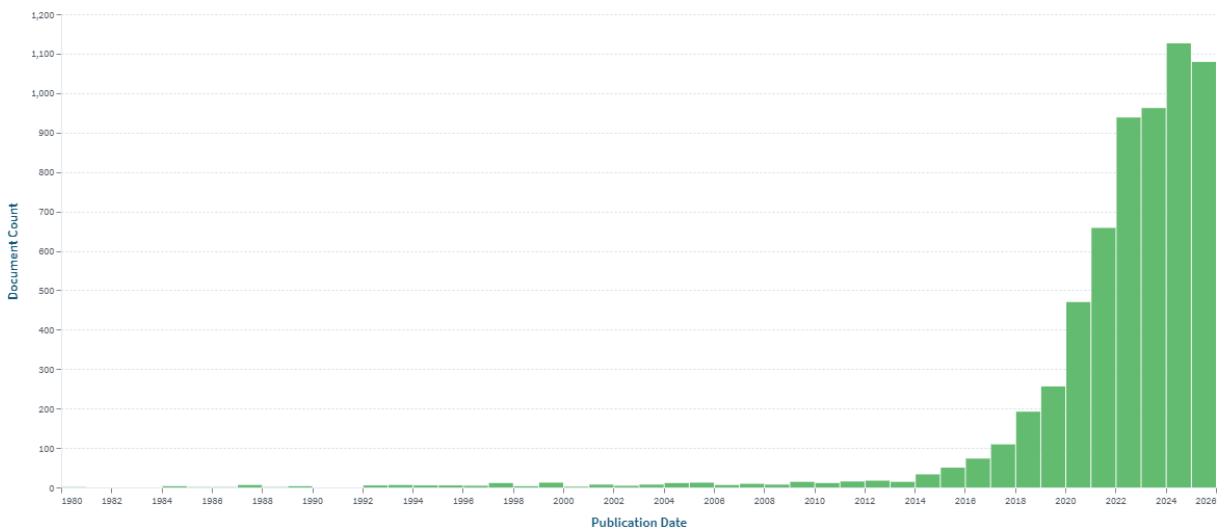


Figura 17: Patent documents over time – Intelligenza Artificiale

4.3.2. Principali Depositanti

Deere & Co. ha depositato 333 brevetti in quest'area. Nell'elenco (Tabella 6) figura anche Blue River Technology (122 brevetti), una startup acquisita da Deere nel 2017. Sono inoltre presenti Climate Corp (controllata da Bayer/Monsanto), startup specializzate come Verdant Robotics,

e grandi gruppi tecnologici come Bosch. L'analisi dei depositanti mostra che l'attività di brevettazione si è estesa oltre i tradizionali produttori di macchinari, includendo attori del settore chimico e cementiero, startup tecnologiche e fornitori di software ed elettronica, i quali portano competenze esterne al settore agromeccanico.

Tabella 6: Top Applicants – Intelligenza Artificiale

Rank	Applicant Name	Numero di Brevetti	Percentuale sul Totale (%)
1	Deere & CO	333	5,38%
2	Blue River Tech INC	122	1,97%
3	Climate CORP	115	1,86%
4	Climate LLC	90	1,45%
5	Kubota Kk	77	1,24%
6	Cnh Ind America LLC	70	1,13%
7	Bosch GMBH Robert	49	0,79%
8	Univ Jiangsu	45	0,73%
9	Fryshman Bernard	43	0,69%
10	Raven Ind INC	43	0,69%
11	Verdant Robotics INC	42	0,68%
12	Univ South China Agricult	39	0,63%
13	Claas Selbstfahrende Erntemaschinen GMBH	37	0,60%
14	Basf Agro Trademarks GMBH	35	0,57%
15	X Dev LLC	33	0,53%
	Altre	5016	81,05%
TOT		6189	100,00%

Con un indice C10 del 15.93%, il settore dell'AI si configura come molto frammentato (Tabella 7). Tuttavia, l'analisi qualitativa (che rileva Deere e la sua acquisita Blue River tra i principali depositanti) suggerisce che, nonostante la frammentazione quantitativa, l'attività tecnologica più rilevante possa essere concentrata in un numero ristretto di attori.

Tabella 7: Concentrazione attività brevettuali – Intelligenza Artificiale

Quota del principale depositante (%)	C5 (%)	C10 (%)	Interpretazione (Livello di Concentrazione)
5.38%	11.90%	15.93%	Molto Frammentato

4.3.3. Distribuzione Geografica

Dall'analisi geografica, la Cina presenta il volume più consistente di depositi, ma in questo dominio l'attività brevettuale degli Stati Uniti è quantitativamente molto vicina (Figura 18). L'Europa mostra volumi più contenuti. L'attività negli Stati Uniti appare correlata alla presenza di aziende americane come Deere, Blue River e Climate Corp. Ciò potrebbe indicare che, sebbene la Cina produca un elevato volume di ricerca, il centro dell'innovazione industriale e commercialmente più rilevante per l'AI in agricoltura si trovi negli USA.

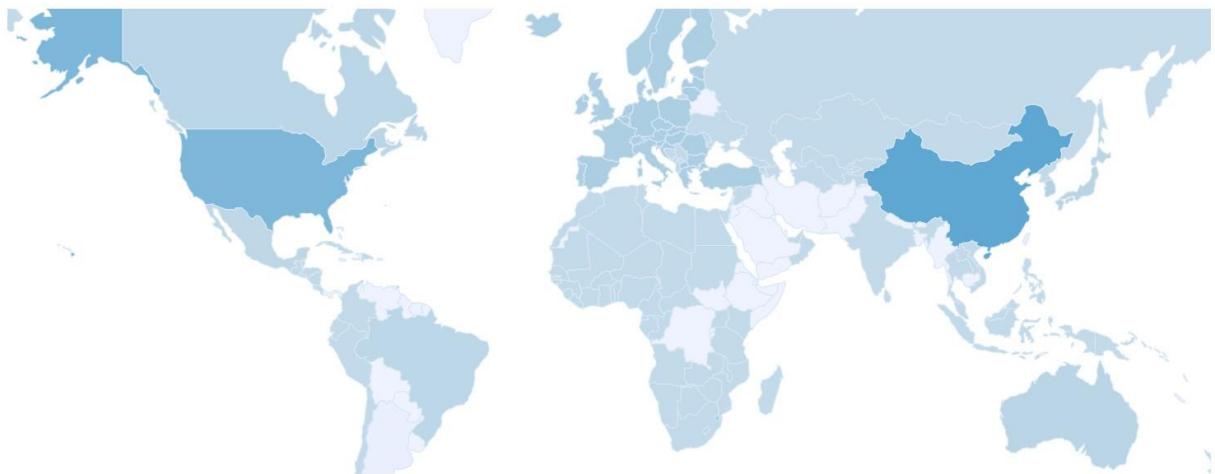


Figura 18: Patent documents by Jurisdiction – Intelligenza Artificiale

4.3.4. Classificazione Tecnologica

Nella distribuzione dei codici IPC, come mostrato in Figura 19, si nota una presenza cospicua di quelli relativi alla computer vision: G06T7/00 (Analisi di Immagini), G06V20/10 (Riconoscimento di pattern in immagini o video) e G06K9/00 (Riconoscimento di pattern). Sono inoltre molto frequenti i codici legati al machine learning (G06N20/00, G06N3/08) e alle applicazioni software specifiche per l'agricoltura (G06Q50/02). Questi dati suggeriscono che l'innovazione si concentra sulla capacità delle macchine di percepire e interpretare l'ambiente.

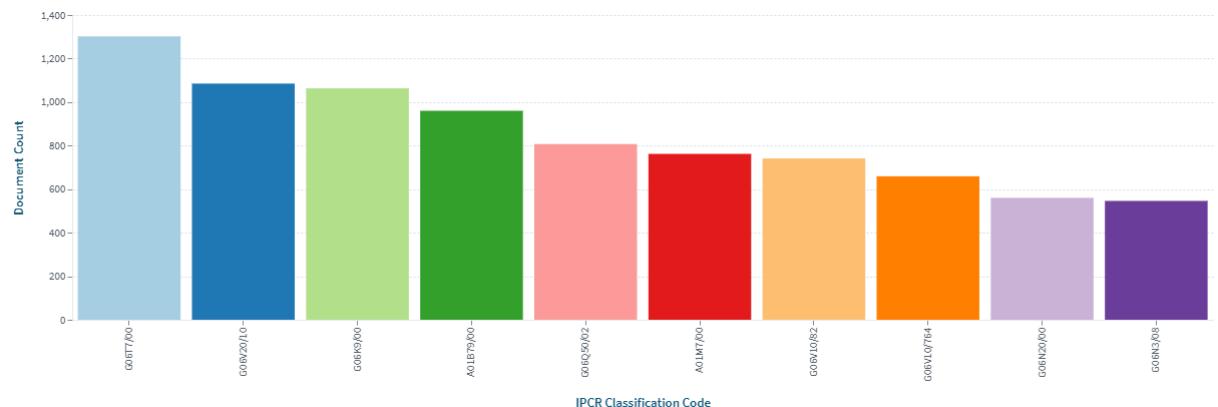


Figura 19: Top IPC classification codes – Intelligenza Artificiale

4.4. Automazione e Robotica

4.4.1. Analisi Temporale

L'attività di brevettazione in questo settore ha avuto inizio prima rispetto ad altri domini tecnologici, con una forte accelerazione a partire dal 2015 e un picco negli ultimi anni (Figura 20). Tale crescita è probabilmente attribuibile a una convergenza di fattori, tra cui la riduzione dei costi della sensoristica, la diffusione dei veicoli aerei senza pilota (droni) e i progressi nel campo dell'intelligenza artificiale.

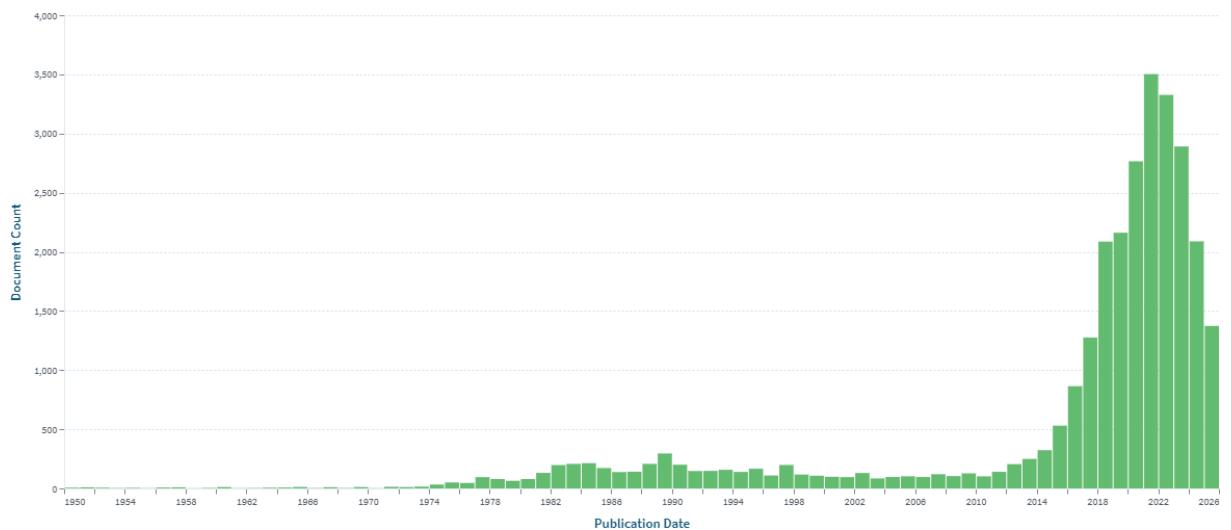


Figura 20: Patent documents over time – Automazione e Robotica

4.4.2. Principali Depositanti

In questa area, come si può vedere nella Tabella 8, si rileva l'attività di aziende giapponesi come Kubota e Yanmar, unitamente a quella di Deere & Co. (787 brevetti). È inoltre notevole la presenza di Husqvarna (738) e di aziende provenienti da settori affini, come Honda Motor, LG Electronics (elettronica di consumo) e DJI (leader nella produzione di droni). L'analisi dei depositanti indica che il centro dell'innovazione nella robotica agricola è prevalentemente asiatico. La presenza di aziende esterne al settore agromeccanico tradizionale dimostra inoltre che le competenze chiave per lo sviluppo di queste tecnologie provengono da ambiti diversificati.

Tabella 8: Top Applicants – Automazione e Robotica

Rank	Applicant Name	Numero di Brevetti	Percentuale sul Totale (%)
1	Kubota Kk	1237	4,29%
2	Deere & CO	787	2,73%
3	Husqvarna Ab	738	2,56%
4	Kubota LTD	652	2,26%
5	Yanmar CO LTD	408	1,41%
6	Iseki Agricult Mach	399	1,38%
7	Yanmar Power Technology CO LTD	337	1,17%
8	Honda Motor CO LTD	323	1,12%
9	Yanmar Holdings CO LTD	277	0,96%
10	Lg Electronics INC	272	0,94%
11	Kubota Corporation	269	0,93%
12	Cnh Ind America LLC	257	0,89%
13	Yanmar Agricult Equip	247	0,86%
14	Yanmar Power Technology Co., Ltd.	170	0,59%

15	Positec Power Tools Suzhou CO LTD	154	0,53%
	Altre	22317	77,37%
TOT		28844	100,00%

L'indice C10 (18.82%) descrive un settore frammentato, sebbene con un nucleo di depositanti significativo (Tabella 9). Un gruppo di 10 aziende, in gran parte giapponesi, detiene una porzione rilevante dell'innovazione, indicando una coesistenza tra operatori consolidati e una "lunga coda" di innovatori minori.

Tabella 9: Concentrazione attività brevettuali – Automazione e Robotica

Quota del principale depositante (%)	C5 (%)	C10 (%)	Interpretazione (Livello di Concentrazione)
4.29%	13.25%	18.82%	Frammentato

4.4.3. Distribuzione Geografica

Come emerge dalla mappa, si osserva un volume elevato di brevetti in Cina (Figura 21). Anche il Giappone presenta un'attività cospicua in questo ambito, unitamente agli Stati Uniti. L'attività brevettuale in Cina e Giappone riflette la presenza delle loro aziende (es. Kubota, Yanmar, DJI) e dei centri di ricerca cinesi. Questo dato rafforza l'ipotesi che il mercato e i principali centri di R&S per l'automazione agricola siano fortemente concentrati in Asia.

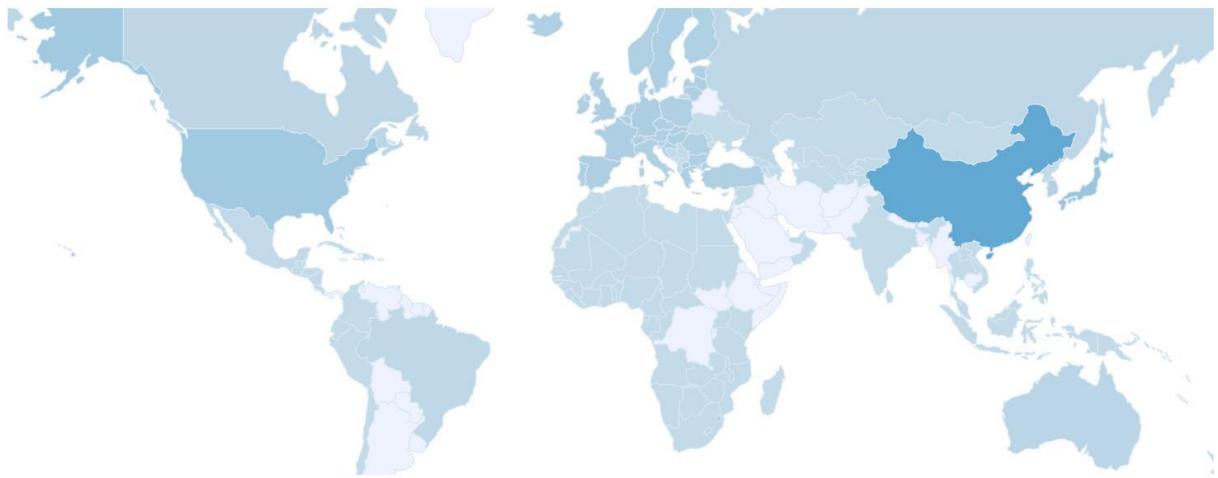


Figura 21: Patent documents by Jurisdiction – Automazione e Robotica

4.4.4. Classificazione Tecnologica

I codici IPC legati al controllo del movimento appaiono con frequenza (Figura 22). G05D1/02 ("Controllo della posizione o della rotta di veicoli terrestri...") è una delle classificazioni più ricorrenti, insieme a codici relativi ai droni (B64D1/18, B64C39/02). È significativa anche la presenza di codici applicativi come A01B69/00 (Guida di macchine o attrezzi agricoli) e A01M7/00 (Dispositivi per l'irrorazione). I dati indicano che il focus dell'innovazione risiede principalmente nel software e negli algoritmi per la guida autonoma.

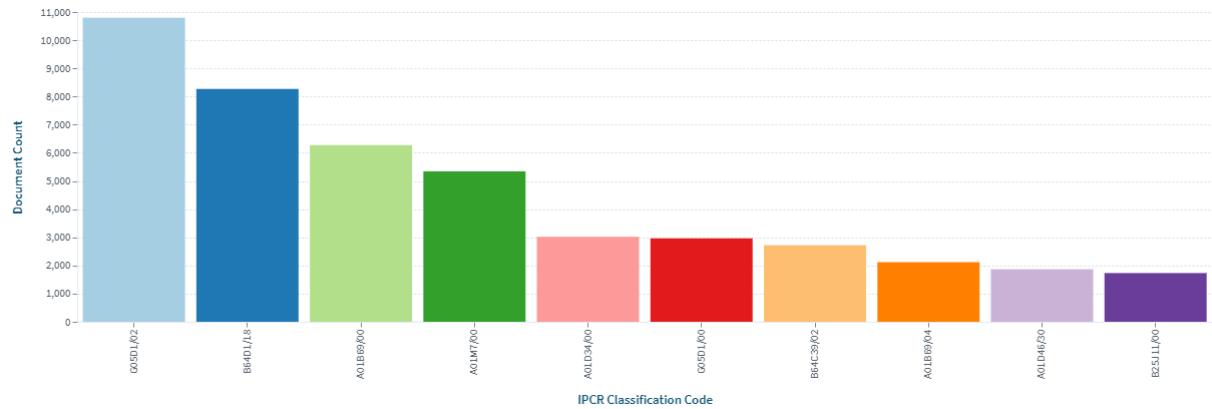


Figura 22: Top IPC classification codes – Automazione e Robotica

4.5. Sostenibilità

4.5.1. Analisi Temporale

L'innovazione tecnologica legata alla sostenibilità in agricoltura appare come un tema consolidato. La curva dei depositi brevettuali (Figura 23) mostra una crescita costante e di lungo periodo, iniziata già a partire dagli anni '80. A differenza di settori come l'AI, non si osserva una singola "esplosione" recente, ma piuttosto un'accelerazione continua nel tempo. Questa dinamica può essere attribuita a fattori persistenti come l'evoluzione delle normative ambientali (e.g., emissioni dei motori) e la costante necessità di migliorare l'efficienza nell'uso delle risorse in agricoltura.

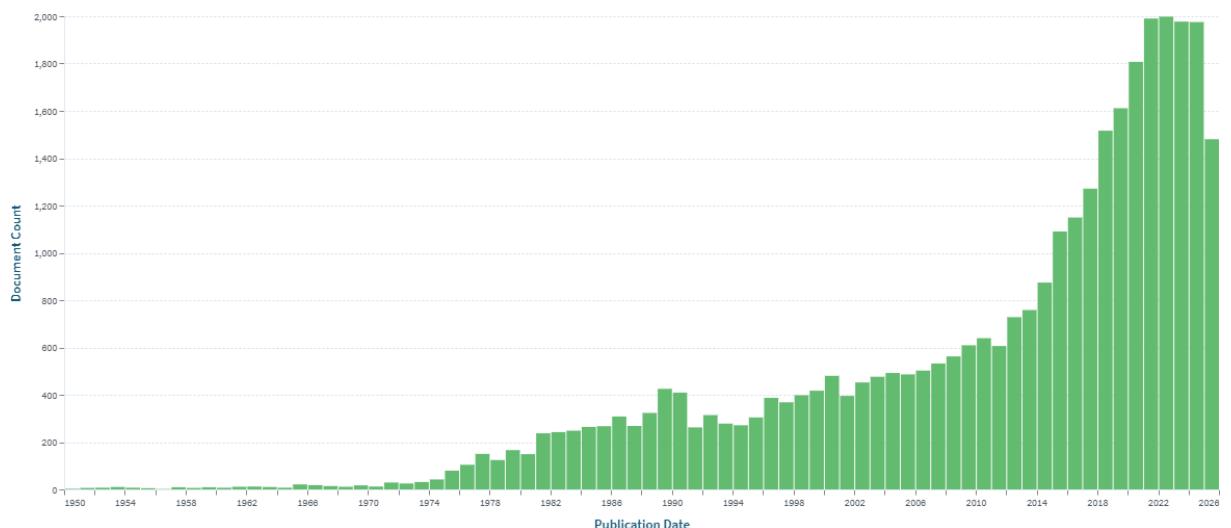


Figura 23: Patent documents over time – Sostenibilità

4.5.2. Principali Depositanti

Deere & Co. (1153 brevetti) è uno dei depositanti più attivi in questo ambito (Tabella 10). Il panorama degli attori è diversificato e include anche aziende giapponesi (Kubota, Iseki, Yanmar) e produttori europei specializzati in attrezzature, come la tedesca Amazonen-Werke (251 brevetti). Sono inoltre presenti fornitori di componentistica come Eaton e Dana. La presenza di specialisti come Amazonen-Werke (nota per seminatrici e spandiconcime di precisione) indica l'importanza delle innovazioni relative alle attrezzature per la riduzione

degli input e per le pratiche di agricoltura conservativa. La presenza di fornitori di componentistica (Eaton, Dana) evidenzia il ruolo dell'innovazione nell'efficienza della trasmissione e dei motori.

Tabella 10: Top Applicants – Sostenibilità

Rank	Applicant Name	Numero di Brevetti	Percentuale sul Totale (%)
1	Deere & CO	1153	3,41%
2	Kubota Kk	787	2,33%
3	Iseki Agricult Mach	737	2,18%
4	Cnh Ind LLC	578	1,71%
5	Yanmar CO LTD	425	1,26%
6	Honda Motor CO LTD	408	1,21%
7	Prec Planting LLC	403	1,19%
8	Climate CORP	287	0,85%
9	Mitsubishi Agricult Mach	280	0,83%
10	Amazonen Werke Dreyer H	251	0,74%
11	Yanmar Agricult Equip	247	0,73%
12	Husqvarna Ab	217	0,64%
13	Kobashi Kogyo Kk	211	0,62%
14	Matsuyama Kk	205	0,61%
15	Climate LLC	185	0,55%
	Altre	27406	81,13%
TOT		33780	100,00%

Con un indice C10 del 15.71%, anche questo settore risulta molto frammentato (Tabella 11). Analizzando i dati, ho notato che l'innovazione non è in mano a un solo gruppo. Da un lato ci sono i colossi "generalisti" come Deere e Kubota, ma dall'altro c'è un numero importante di aziende europee specializzate in attrezzature (come la Amazonen-Werke). Questa divisione, a mio parere, conferma che per raggiungere la sostenibilità non basta un'unica tecnologia, ma servono tanti contributi diversi che provengono da attori molto differenti tra loro.

Tabella 11: Concentrazione attività brevettuali – Sostenibilità

Quota del principale depositante (%)	C5 (%)	C10 (%)	Interpretazione (Livello di Concentrazione)
3.41%	10.89%	15.71%	Molto Frammentato

4.5.3. Distribuzione Geografica

Nell'analisi geografica, la Cina presenta il volume più elevato, con volumi consistenti anche negli Stati Uniti e in Giappone (Figura 24). Si nota inoltre la presenza dell'Ufficio Brevetti Europeo (EPO) tra le giurisdizioni rilevanti. La presenza europea, meno evidente in altri settori,

è probabilmente trainata dall'attività di aziende specializzate (es. CNH, Amazone) e da un quadro normativo storicamente stringente in materia ambientale.



Figura 24: Patent documents by Jurisdiction – Sostenibilità

4.5.4. Classificazione Tecnologica

Nella distribuzione dei codici IPC (Figura 25), si osserva una netta prevalenza di quelli legati all'agricoltura conservativa, in particolare A01B79/00 e A01B79/02 (Metodi di lavorazione del suolo). È rilevante anche la presenza del codice B60C23/00 (Sistemi di monitoraggio della pressione degli pneumatici), funzionale alla riduzione della compattazione del suolo, e di codici legati all'ottimizzazione degli input, come A01C21/00 (Fertilizzazione). I dati suggeriscono che il focus della R&S non è tanto sui motori, quanto sulle macchine e sulle pratiche agronomiche volte a preservare la salute del suolo.

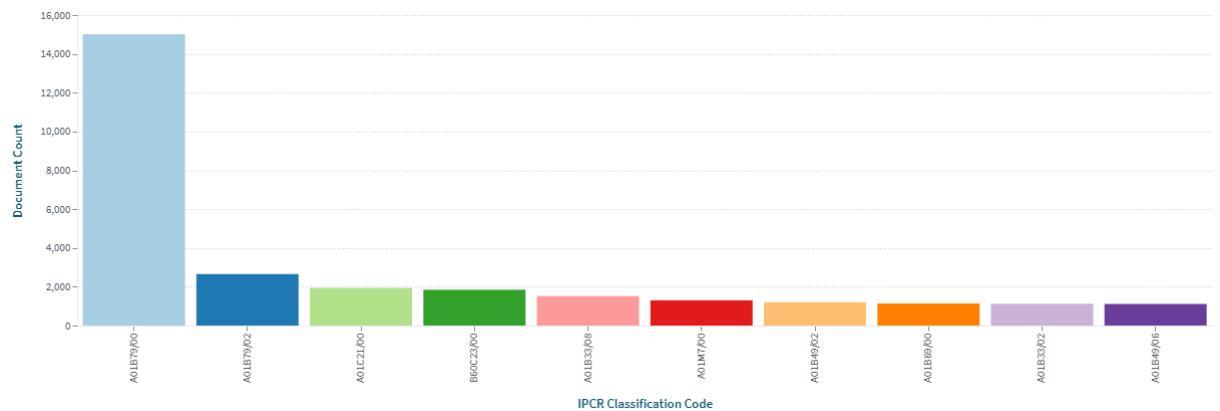


Figura 25: Top IPC classification codes – Sostenibilità

4.6. Analisi Comparativa

4.6.1. Identificazione delle Strategie di Innovazione

Dall'analisi aggregata dei diversi domini, come riassunto nella Tabella 12, emergono differenti strategie di innovazione tra gli attori principali.

- Deere & Co. presenta un ampio portafoglio brevetti focalizzato sulle aree strategiche orientate al software e ai dati, come l'Agricoltura di Precisione e l'Intelligenza

Artificiale. Tale attività è rafforzata da acquisizioni mirate, come quella di Blue River Technology. Sebbene l'azienda sia un depositante rilevante anche nelle aree legate all'hardware (Elettrificazione, Automazione), in questi ambiti specifici l'attività di brevettazione degli specialisti giapponesi risulta quantitativamente più intensa;

- Kubota evidenzia una prevalenza numerica di brevetti nei settori legati all'hardware e alle macchine compatte, registrando volumi elevati nelle aree di Elettrificazione e Automazione.

Altri attori mostrano un elevato grado di specializzazione:

- Iseki e Yanmar concentrano la loro attività di brevettazione sull'elettrificazione e l'automazione di macchine compatte, in linea con la loro presenza nel mercato asiatico;
- Husqvarna emerge come specialista nella robotica, trasferendo il proprio know-how dal segmento dei robot da giardino a quello agricolo;
- Blue River Technology e Verdant Robotics si configurano come "pure player" dell'Intelligenza Artificiale, focalizzati sulla computer vision per applicazioni specifiche (ad esempio il diserbo selettivo);
- Amazonen-Werke e Horsch si focalizzano sulla "sostenibilità meccanica", con un'innovazione concentrata nella progettazione di attrezzi per l'agricoltura conservativa.

Tabella 12: Analisi Comparativa: Strategia di Innovazione

Azienda	Elettrificazione	Agricoltura di Precisione & IoT	Automazione e Robotica	Intelligenza Artificiale	Sostenibilità
Deere & Co (John Deere)	Attività rilevante	Attività predominante	Attività molto elevata	Attività predominante	Attività molto elevata
Kubota	Attività molto elevata	Attività molto elevata	Attività molto elevata	Attività rilevante	Attività molto elevata
CNH Industrial	Attività rilevante	Attività rilevante	Attività presente	Attività rilevante	Attività rilevante
Iseki	Attività molto elevata	Attività presente	Attività rilevante	Non rilevante	Attività molto elevata
Yanmar	Attività molto elevata	Non rilevante	Attività molto elevata	Non rilevante	Attività rilevante
Blue River / Verdant Robotics	Non rilevante	Non rilevante	Non rilevante	Att. molto elevata / Att. rilevante	Non rilevante

Amazonen-Werke / Horsch	Non rilevante	Non rilevante	Non rilevante	Non rilevante	Attività rilevante
-------------------------	---------------	---------------	---------------	---------------	--------------------

4.6.2. Dinamiche Temporali: Aree Emergenti e Aree Mature

Analizzando la dinamica di crescita recente (periodo 3-5 anni), è possibile identificare i settori a più elevato tasso di innovazione.

L'Intelligenza Artificiale mostra la dinamica di crescita più accentuata; l'attività brevettuale in quest'area è rimasta quasi piatta fino al 2017-2018, per poi registrare una crescita esponenziale che l'ha resa una tecnologia strategica. Segue l'Elettrificazione, che dopo decenni di attività contenuta ha visto un'accelerazione negli ultimi 5-7 anni. L'Automazione e Robotica, pur avendo una storia più lunga, ha registrato un'intensa accelerazione post-2015, guidata dalla componente robotica e dai droni.

Per la Sostenibilità e l'Agricoltura di Precisione & IoT, il discorso cambia. Questi mi sembrano settori ormai molto più maturi, con una crescita che è costante e va avanti da tempo. C'è un però. Ho notato che l'Agricoltura di Precisione ha avuto un'improvvisa accelerata negli ultimi anni. A mio parere, questo è successo semplicemente perché le tecnologie che la rendono possibile (primi fra tutti il GPS e i sensori) ora funzionano bene, sono affidabili e probabilmente costano molto meno.

E' possibile affermare che il settore stia sperimentando due modalità di innovazione parallele:

1. Innovazione Esogena (Technology Transfer): l'accelerazione in AI, Elettrificazione e Robotica appare guidata da un processo di trasferimento tecnologico da altri settori. Le aziende del comparto agromeccanico stanno integrando e adattando queste tecnologie, il che spiega l'emergere di nuovi attori e startup specializzate;
2. Innovazione Endogena: i progressi in Sostenibilità e Agricoltura di Precisione nascono da esigenze intrinseche e di lungo periodo del settore agricolo (rispetto normative, aumento efficienza, riduzione costi). Qui l'innovazione è guidata principalmente dagli operatori tradizionali del settore.

4.6.3. Concentrazione Geografica dell'Innovazione

Dall'analisi emerge una chiara specializzazione geografica:

- Cina: presenta il volume di brevetti più elevato in tutte le aree, con un ecosistema che include aziende, università e centri di ricerca, supportato da investimenti statali e da un vasto mercato interno;
- Stati Uniti: mostrano un'attività rilevante, con una presenza particolarmente significativa nelle aree ad alta intensità di capitali come l'AI e l'Agricoltura di Precisione;
- Giappone: dimostra un'attività brevettuale concentrata nelle aree legate all'hardware, alla meccatronica e alle macchine compatte (Automazione/Robotica ed Elettrificazione), in linea con la sua tradizione industriale;
- Europa: l'attività brevettuale appare quantitativamente più contenuta, ad eccezione del settore della Sostenibilità, dove gioca un ruolo rilevante, presumibilmente spinta da un quadro normativo ambientale storicamente stringente.

4.6.4. Analisi delle Tecnologie Abilitanti Trasversali

Dall'analisi dei codici IPC, si rileva che alcune classificazioni tecnologiche risultano pervasive, agendo come fondamenta per l'innovazione in molteplici aree.

- G05B (Sistemi di controllo/regolazione) e G05D (Controllo di veicoli): rappresentano le componenti fondamentali dell'architettura di controllo (centraline e software) delle macchine moderne. Sono indispensabili per l'automazione, l'agricoltura di precisione, la gestione dei sistemi ibridi nell'elettrificazione e il controllo degli attuatori per la sostenibilità;
- G01S (Radiolocalizzazione, es. GPS): è una tecnologia di base sia per l'Automazione (navigazione) sia per l'Agricoltura di Precisione (mappatura e posizionamento).
- G01N (Analisi di materiali, sensoristica): è cruciale per l'Agricoltura di Precisione (sensori di suolo), per l'AI (dati di input per gli algoritmi) e per la Sostenibilità (rilevamento infestanti per irrorazione mirata).
- G06K/G06V (Computer Vision) e G06N (Machine Learning): Costituiscono il nucleo tecnologico dell'AI, ma sono anche la base per sistemi robotici capaci di interagire con l'ambiente (es. raccolta automatizzata) e per tecnologie di precisione come i sistemi "See & Spray".

4.6.5. Analisi della Concentrazione Tecnologica

Dall'analisi degli indici di concentrazione (C5 e C10) emerge un dato fondamentale: tutte le aree di innovazione analizzate sono, in varia misura, frammentate (come si può notare nella Tabella 13). Nessun settore mostra un oligopolio tecnologico (ad esempio, con C10 > 50%), indicando un'elevata dinamicità e attività di innovazione diffusa.

Analizzando i dati, ho notato però una distinzione molto chiara.

Da un lato, il settore dell'Agricoltura di Precisione & IoT è incredibilmente frammentato (il C10 è solo del 6.92%). Per dare un'idea, il principale depositante in quest'area ha meno del 2% di tutti i brevetti. Dall'altro lato c'è l'Elettrificazione, che tra i settori analizzati è quello più concentrato (con un C10 del 22.52%).

Questa differenza, a mio parere, suggerisce che le barriere all'ingresso sono molto diverse. È evidente che sviluppare powertrain complessi è tecnologicamente più difficile e costoso, e per questo l'innovazione è in mano a un gruppo più piccolo di aziende molto specializzate.

Tabella 13: Analisi Comparativa: Concentrazione per Macroarea

Macro-Area	Quota principale depositante (%)	C5 (%)	C10 (%)	Interpretazione Concentrazione	(Livello di)
Agricoltura di Precisione & IoT	1.73%	4.45%	6.92%	Estremamente Frammentato	
Sostenibilità	3.41%	10.89%	15.71%	Molto Frammentato	
Intelligenza Artificiale	5.38%	11.90%	15.93%	Molto Frammentato	
Automazione e Robotica	4.29%	13.25%	18.82%	Frammentato	
Elettrificazione	5.56%	17.53%	22.52%	Moderatamente Concentrato (il più alto)	

Conclusioni

Il presente lavoro di tesi si è fondato sull'analisi dell'attività brevettuale quale strumento per comprendere le traiettorie future dell'innovazione nel settore delle macchine agricole, identificando gli ambiti tecnologici principali e gli attori che caratterizzano tale trasformazione.

Per fare ciò, ci si è concentrati su 5 differenti macroaree, le quali sono state considerate come quelle aventi maggior importanza e maggior impatto sul settore. Per poter effettuare la ricerca dei brevetti sul database Lens.org, tramite la strutturazione di apposite query, è stato importante definire i concetti racchiusi dietro ogni singola tecnologia, con l'individuazione delle relative keywords e codici IPC.

Dall'analisi è emerso un dato impressionante: l'Agricoltura di Precisione & IoT è l'area più ricca, con oltre 67.000 brevetti che ho individuato. Questo settore, insieme alla Sostenibilità, mi sembra ormai "maturo", con una crescita solida che va avanti da tempo.

Al contrario, le altre tecnologie si muovono diversamente. L'Intelligenza Artificiale è quella che sta crescendo più velocemente e di recente, con un'accelerazione che definirei esponenziale a partire dal 2018-2019. Subito dopo vengono l'Elettrificazione e la Robotica, che hanno anche loro accelerato molto negli ultimi anni.

Passando alla geografia, ho visto che la Cina ha il numero più alto di brevetti in tutte le aree che ho analizzato. Accanto alla Cina, ho notato una forte attività da parte degli Stati Uniti, che sono particolarmente forti nelle aree dove servono più software, dati e capitali, come l'IA e l'Agricoltura di Precisione. Il Giappone, invece, sembra concentrare i suoi brevetti più sull'hardware e la meccatronica, in particolare sulla Robotica e sull'Elettrificazione.

Dall'analisi dei principali depositanti, è stata individuata una scarsa concentrazione del numero di brevetti. Difatti, tutte le aree analizzate risultano frammentate. L'area "Agricoltura di Precisione & IoT" presenta il più elevato grado di frammentazione ($C10 = 6.92\%$), mentre l'Elettrificazione mostra il livello di concentrazione relativamente maggiore ($C10 = 22.52\%$), senza che nessun settore mostri un oligopolio tecnologico. Conseguentemente, si può dedurre una scarsa concentrazione delle aree tecnologiche considerate, quindi una distribuzione dell'innovazione tra un elevato numero di imprese.

Analizzando i dati, ho notato però che gli attori principali non si stanno muovendo tutti allo stesso modo. Da un lato, ci sono aziende come Deere & Co. che puntano moltissimo sul software e sui dati (come l'IA e l'Agricoltura di Precisione). Non a caso, hanno anche rafforzato questa posizione comprando aziende specifiche, come la Blue River. Dall'altro lato, ci sono gli operatori specializzati, soprattutto i giapponesi (come Kubota, Iseki e Yanmar), che sembrano concentrarsi molto di più sulla parte "fisica": l'hardware, l'elettrificazione delle macchine e la robotica.

La tesi, basata sui brevetti, ha mostrato dove sta andando l'innovazione e che le aziende hanno strategie diverse (es. alcune puntano sul software, altre sull'hardware). Però, per sapere se queste strategie stanno davvero funzionando e quale impatto economico hanno, non basta guardare i brevetti. Per confermare quanto le aziende stiano spingendo (e pagando) per andare in quella direzione, bisognerebbe anche guardare i loro bilanci per vedere quanti soldi stanno investendo in Ricerca e Sviluppo. Tuttavia, questo tipo di analisi finanziaria non era uno degli obiettivi di questa tesi.

Bibliografia e sitografia

1. Quota di mercato delle macchine agricole | Tendenze e dati del settore
<https://www.mordorintelligence.it/industry-reports/agricultural-machinery-market>
2. Innovazione e meccanizzazione nel settore agricolo e alimentare - Italia Domani
<https://www.italiadomani.gov.it/content/sogei-ng/it/it/Interventi/investimenti/Innovazione-e-meccanizzazione-nel-settore-agricolo-e-alimentare.html>
3. Export di macchine agricole: sfide e opportunità per il Made in Italy
<https://www.camcomitacea.it/export-di-macchine-agricole-sfide-e-opportunità-per-il-made-in-italy/>
4. Tendenze dei macchinari agricoli e delle attrezzature
<https://frontu.com/it/blog/tendenze-dei-macchinari-agricoli-e-delle-attezzature-per-lagricoltura-per-il-2022>
5. Agricoltura 4.0 Tecnologie da adottare nel 2025 Maier Group
<https://www.maiergroup.it/it/blog/agricoltura-40-tecnologie-da-adottare-nel-2025-1180>
6. BREVETTI – UIBM
https://uibm.mise.gov.it/attachments/category/226/uibm_brevetti.pdf
7. Guide to Ag Patent Analysis: Tips & Tools - Number Analytics
<https://www.numberanalytics.com/blog/guide-ag-patent-analysis-tips-tools>
8. How CNH's precision technology is helping farmers tackle water scarcity
<https://www.stocktitan.net/news/CNHI/how-cnh-s-precision-technology-is-helping-farmers-tackle-water-2cy988rm9z8d.html>
9. Pixel perfect pastures: Patents in computer-implemented agriculture
<https://www.fpapatents.com/news-insights/insights/pixel-perfect-pastures-patents-in-computer-implemented-agriculture/>
10. Futuristic Farming Machines: Skyrocketing Productivity in Agriculture
<https://www.youtube.com/watch?v=pifnjdkMFSk>
11. scispace.com
<https://scispace.com/pdf/patent-trends-in-agricultural-engineering-46571sembx.pdf>
12. Agricultural automation system with field robot - Google Patents
<https://patents.google.com/patent/US20080046130A1/en>
13. WIPO - Search International and National Patent Collections
[https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf;jsessionid=1EB3F11E94F43D4A992213527C41A961.wapp2nB?query=\(EN_CL%3A\(\(\(precision+farming\)+or+\(precision+agriculture\)\)+and+\(sensor*+and+\(soil+or+crop+or+seed\)\)\)\)+&office=&prevFilter=&sortOption=&maxRec=30](https://patentscope.wipo.int/search/en/result.jsf;jsessionid=1EB3F11E94F43D4A992213527C41A961.wapp2nB?query=(EN_CL%3A(((precision+farming)+or+(precision+agriculture))+and+(sensor*+and+(soil+or+crop+or+seed))))+&office=&prevFilter=&sortOption=&maxRec=30)
14. Artificial Intelligence Related to Agricultural
https://www.researchgate.net/publication/377353597_A_Review_Artificial_Intelligence_Related_to_Agricultural_Equipment_Integrated_with_the_Internet_of_Things
15. Macchine agricole: nel bacino mediterraneo investimenti in ripresa nel triennio 2026-2028
<https://www.meccagri.it/macchine-agricole-nel-bacino-mediterraneo-investimenti-in-riresa-nel-triennio-2026-2028/>
16. L'andamento dell'agricoltura nel 2024 | News & Fiere - COSMECO S.r.l.
<https://www.cosmeco.it/news-fiere/landamento-dellagricoltura-nel-2024>