

POLITECNICO DI TORINO
Collegio di Ingegneria Gestionale – Classe LM-31
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale



Tesi di Laurea Magistrale

Processi di adozione e diffusione degli artefatti digitali

Studio della stabilità del dominant design tramite analisi brevettuale

Relatore:
Prof.ssa Francesca Montagna
Co-relatore:
Dott.ssa Teresa Monti

Candidato:
Davide Vairolatti
Matricola: 331455

Anno Accademico 2025-2026
Sessione di Laurea: marzo 2026

Sommario

Introduzione.....	1
1. Architettura e dominant design.....	2
1.1 L'architettura di prodotto	3
1.2 Il concetto di Dominant Design: il modello di Abernathy e Utterback.....	6
1.3 Concetto di durata e di stabilità di un dominant design: path dependency ed effetto lock-in.....	8
1.4 Il legame tra architettura e dominant design	10
2. Dominant design e tecnologie digitali	12
2.1 Le tecnologie digitali.....	13
2.2 Le architetture di prodotto delle tecnologie digitali	15
2.3 La durata dei dominant design nelle tecnologie digitali.....	18
2.4 Influenza della modularità delle architetture sulla stabilità.....	21
3. Metodologia dell'analisi	23
3.1 Patent scanning come strumento d'immagine.....	24
3.2 Definizione delle coppie di prodotto.....	26
3.3 Costruzione della query di ricerca.....	29
3.4 Metodo Z-Score	40
3.5 Metodo Forward Citations	43
4. Analisi e risultati ottenuti	46
4.1 Descrizione dei dati raccolti.....	46
4.2 Identificazione Dominant Design per ogni coppia di prodotto	57
4.3 Discussione risultati	60
5. Conclusioni.....	62
5.1 Conclusioni	62
5.2 Limiti dell'analisi.....	64
Bibliografia.....	67
Sitografia	70

Introduzione

Negli ultimi anni la digitalizzazione ha assunto un ruolo sempre più determinante nel trasformare la natura dei prodotti e i processi attraverso cui essi prendono forma. Le imprese si trovano a operare in contesti dinamici, in cui nuove possibilità tecnologiche, cambiamenti nella domanda e pressioni competitive richiedono una revisione continua delle soluzioni progettuali. In questo scenario, comprendere la struttura dei prodotti e il modo in cui essa evolve nel tempo diventa essenziale per interpretare le trasformazioni dei settori industriali.

Una delle evoluzioni più rilevanti riguarda il passaggio da prodotti fondati esclusivamente su meccanismi fisici ad artefatti capaci di rielaborare e adattare il proprio comportamento nel tempo. Nei prodotti non digitali, la forma fisica e la funzione coincidono strettamente, e le possibilità di modifica sono limitate dalla materialità dei componenti. Nei prodotti digitali, invece, la presenza di una logica codificabile consente di separare la dimensione fisica da quella funzionale, rendendo quest'ultima riprogrammabile e aggiornabile (Zittrain, 2006; Yoo et al., 2010; Cantamessa e Montagna, 2023). Questa separazione introduce livelli più elevati di modularità e riconfigurabilità, ampliando la gamma delle soluzioni progettuali possibili e modificando le dinamiche attraverso cui i prodotti evolvono (Yoo et al., 2010).

Questi cambiamenti incidono anche sulle modalità con cui i settori industriali attraversano le fasi di sperimentazione e la successiva convergenza. Secondo il modello di Abernathy e Utterback (1978), tali dinamiche conducono all'affermazione di un *dominant design*, inteso come configurazione progettuale che ottiene un'adozione diffusa da parte delle imprese e un'accettazione generalizzata da parte degli utenti. L'affermarsi di un *dominant design* rappresenta un passaggio cruciale, poiché contribuisce a stabilizzare le attività di sviluppo, ridurre l'incertezza e definire il quadro competitivo di un settore, orientando gli investimenti in ricerca e sviluppo verso innovazioni prevalentemente incrementali. Negli ultimi decenni, tuttavia, l'aumento della modularità e della riconfigurabilità delle soluzioni tecnologiche, in particolare nelle architetture digitali, sembra aver reso questi cicli più rapidi e meno prevedibili, riducendo la durata delle configurazioni progettuali che fungono da riferimento per il settore e aumentando la frequenza degli avvicendamenti, come evidenziato dagli studi sulla modularità e sulle architetture stratificate delle tecnologie digitali (Baldwin e Clark, 2000; Murmann et al., 2006; Yoo et al., 2010).

In questo contesto, la tesi si propone di analizzare come la digitalizzazione influenzi la

durata dei dominant design: l'obiettivo centrale del lavoro è osservare se i prodotti digitali presentino dominant design meno stabili rispetto ai corrispettivi prodotti non digitali. L'ipotesi alla base del lavoro nasce dall'idea che architetture caratterizzate da maggiore modularità e flessibilità, come quelle dei prodotti digitali, accelerando così i processi evolutivi e favorendo l'emergere di soluzioni alternative. Ciò determinerebbe cicli di sostituzione delle configurazioni tecniche più frequenti rispetto ai sistemi non digitali, tradizionalmente più rigidi e meno riconfigurabili.

Per esplorare questa ipotesi sono state analizzate sette coppie di prodotti accomunate dalla medesima funzione d'uso, ma caratterizzate da differenti configurazioni architettoniche: una non digitale, consolidata in un contesto relativamente stabile, e una digitale, sviluppata in un ambiente tecnologico più aperto e riconfigurabile. Questo confronto consente di osservare come l'architettura di prodotto incida sui processi di selezione, consolidamento e sostituzione delle soluzioni progettuali.

L'analisi si basa sull'utilizzo dei brevetti come strumento di osservazione delle traiettorie tecnologiche, in linea con una consolidata tradizione di studi che analizza la dinamica brevettuale per identificare fasi di turbolenza, convergenza e stabilità (Murmann et al., 2006). Lo studio del rate of innovation, affiancato da una complementare analisi delle forward citations dei brevetti, ha consentito non solo di individuare i momenti di intensificazione dell'attività innovativa, ma anche di valutare la rilevanza e diffusione delle invenzioni. Ciò ha permesso di identificare i dominant design e i relativi anni in cui sono emersi.

La struttura del lavoro riflette il percorso concettuale ed empirico seguito nella ricerca e si articola in cinque capitoli: il primo capitolo introduce il quadro teorico relativo al concetto di architettura di prodotto, alle dinamiche di evoluzione tecnologica e alla stabilità delle alternative configurazioni. Il secondo capitolo pone l'attenzione sulla definizione di tecnologia digitale, sulla sua architettura e le differenze rispetto alla tecnologia non digitale, approfondendo il ruolo della modularità sulla durata dei dominant design. Il terzo capitolo illustra la metodologia adottata nell'analisi, i cui risultati sono poi presentati e discussi nel quarto capitolo. Infine, il quinto capitolo riporta le conclusioni, i limiti del lavoro e possibili future direzioni di analisi.

1. Architettura e dominant design

L'evoluzione dei prodotti non dipende solo dalle tecnologie disponibili, ma anche dal modo in cui i loro componenti vengono organizzati e messe in relazione. Le scelte strutturali che

guidano la progettazione di un artefatto influenzano il tipo di innovazioni che può accogliere, la rapidità con cui può essere modificato e il modo in cui le imprese costruiscono e consolidano competenze nel tempo. Osservare come un prodotto è costruito significa, quindi, comprendere come si sviluppa e quali percorsi evolutivi diventano possibili o, al contrario, vengono progressivamente esclusi.

All'interno dei settori industriali, queste scelte non avvengono in modo casuale. Nelle fasi iniziali coesistono soluzioni diverse, ognuna basata su una propria logica progettuale. Con il passare del tempo, tuttavia, alcune configurazioni si dimostrano più efficaci, più scalabili o più coerenti con il sistema produttivo e distributivo che le circonda. Il risultato è un processo di selezione che porta alla progressiva stabilizzazione di una struttura ritenuta più adatta, dalla quale prendono forma pratiche condivise, standard di riferimento e traiettorie di sviluppo più definite.

Il primo capitolo approfondisce questi meccanismi e introduce gli strumenti teorici necessari per leggere l'evoluzione dei prodotti analizzati nella tesi. A partire dal concetto di architettura di prodotto, si presentano le logiche che guidano la configurazione interna degli artefatti e si mostra come tali scelte influenzino tanto l'attività progettuale quanto la possibilità di generare nuove varianti nel tempo. In seguito, viene introdotta la nozione di dominant design e vengono esaminati i processi che ne determinano la durata e la stabilità. Infine, viene messo in luce come la struttura interna dei prodotti, nelle sue molteplici forme, incida sia sull'emergere degli standard sia sulla loro persistenza, collegando in modo diretto le decisioni progettuali alle dinamiche di selezione tecnologica.

1.1 L'architettura di prodotto

Nel corso del tempo sono state proposte diverse definizioni di architettura di prodotto, ciascuna in grado di mettere in luce aspetti differenti della relazione tra funzioni, componenti e modalità di interazione. Una prima formulazione, avanzata da Henderson e Clark (1990), descrive l'architettura come l'insieme dei componenti di un prodotto e delle loro mutue relazioni. Una definizione oggi maggiormente condivisa è quella di Ulrich (1995), secondo cui l'architettura è determinata dalle relazioni tra elementi funzionali, dalla mappatura tra tali elementi e i componenti fisici, e dalle interfacce che regolano l'interazione fra questi ultimi. Questa impostazione sposta l'attenzione dai soli componenti alle funzioni che essi devono realizzare, permettendo di comprendere come la struttura interna del prodotto rifletta, e al tempo stesso vincoli, le modalità con cui le funzioni vengono implementate.

Sulla base di questa prospettiva, è possibile distinguere due forme architetture ideali: integrate e modulari. Nelle architetture integrate, più componenti concorrono alla stessa funzione e ogni componente svolge funzioni diverse. Tale interdipendenza consente un'elevata ottimizzazione tecnica, ma rende complesso intervenire selettivamente sul prodotto. Un esempio efficace è la macchina da caffè meccanica tradizionale: la pompa, il gruppo erogatore e il sistema di riscaldamento operano in equilibrio reciproco, e una variazione nella pressione o nella temperatura implica spesso la necessità di riprogettare o ricalibrare l'intero sistema. In queste situazioni, l'integrazione garantisce coerenza prestazionale, ma limita la possibilità di apportare modifiche senza effetti collaterali rilevanti.

Al contrario, nelle architetture modulari ogni funzione è attribuita a un singolo componente, e le interfacce che collegano i moduli sono standardizzate (Figura 1). L'indipendenza funzionale dei moduli rende possibile sostituirli o aggiornarli senza intervenire sulle altre parti del prodotto, favorendo cicli evolutivi più rapidi e una maggiore varietà delle configurazioni ottenibili (Sanchez et al., 1996; Baldwin e Clark, 2000). Un esempio emblematico è quello del computer desktop, nel quale scheda madre, memoria, GPU, alimentatore e storage rappresentano moduli distinti, collegati da interfacce standard che permettono aggiornamenti frequenti e una facile riconfigurazione del sistema.

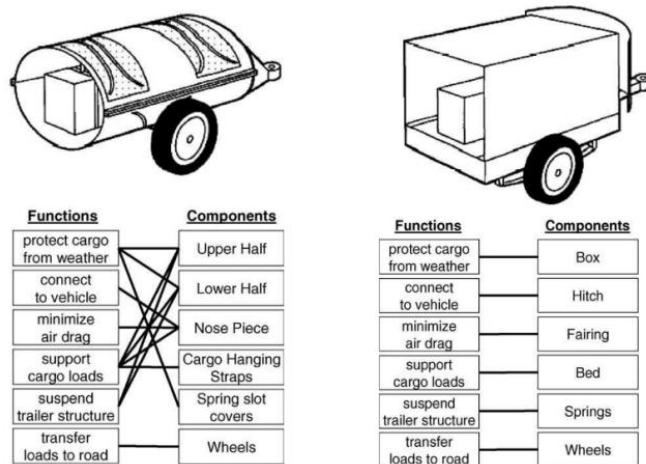


Figura 1 - Esempio di Architettura integrata (sinistra) e Architettura modulare (destra)

Da una prospettiva gestionale, tali scelte architetture influenzano sia la distribuzione della conoscenza all'interno dell'impresa sia il coordinamento richiesto tra i diversi gruppi di lavoro (Henderson e Clark, 1990; Sanchez et al., 1996; Brusoni et al., 2001). L'architettura definisce infatti non solo la struttura tecnica del prodotto, ma anche lo spazio di possibilità

lungo il quale esso può evolvere nel tempo. La letteratura sottolinea come la configurazione delle relazioni tra funzioni, componenti e interfacce rappresenti un meccanismo che orienta o limita i percorsi innovativi perseguibili dalle imprese (Ulrich, 1995). Intervenire sull'architettura equivale dunque a incidere direttamente sulla capacità del prodotto di accogliere novità, varianti o miglioramenti, così come sulla rapidità con cui tali cambiamenti possono essere introdotti.

Quando le parti del sistema sono strettamente interdipendenti, come nelle architetture integrate, il prodotto tende a comportarsi come un blocco unitario. Una modifica locale può propagarsi ai componenti collegati e richiedere aggiustamenti estesi (Henderson e Clark, 1990). Questa forma di accoppiamento conferisce stabilità e coerenza, ma restringe la gamma delle modifiche possibili: il coordinamento progettuale diventa più oneroso e la traiettoria evolutiva tende a consolidarsi lungo percorsi relativamente rigidi. In questi casi, le scelte compiute nelle prime fasi di sviluppo acquistano peso nel tempo e possono trasformarsi in vincoli difficili da superare.

Le architetture modulari operano secondo una logica opposta. La presenza di interfacce standardizzate riduce l'interdipendenza tra i moduli e limita la propagazione delle modifiche (Sanchez et al., 1996). Ogni modulo diventa così un potenziale punto di sperimentazione, libero di evolvere con tempi e soluzioni tecnologiche differenti dagli altri. Come mostrato da Baldwin e Clark (2000), questa indipendenza accresce la varietà delle ricombinazioni possibili, accelera i cicli di innovazione e amplia il numero di traiettorie evolutive percorribili.

Queste dinamiche sono particolarmente rilevanti nei sistemi complessi, nei quali l'architettura può combinare parti fortemente integrate e sezioni modulari. L'interazione tra componenti integrati e componenti modulari definisce la capacità del prodotto di adattarsi a nuove esigenze tecnologiche o di mercato e condiziona la durata delle soluzioni architettoniche che si affermano nel settore.

In sintesi, l'architettura di un prodotto svolge un ruolo determinante nel modellarne l'evoluzione dello stesso: può costituire un vincolo che limita i percorsi di sviluppo o un abilitatore che apre a nuove possibilità progettuali. La sua struttura interna non influisce soltanto sulle prestazioni immediate del prodotto, ma contribuisce a definire la stabilità delle configurazioni adottate e la velocità con cui esse possono essere sostituite da alternative migliori.

1.2 Il concetto di Dominant Design: il modello di Abernathy e Utterback

Prima della formulazione proposta da Abernathy e Utterback (1978), l'evoluzione delle tecnologie veniva interpretata principalmente attraverso modelli di diffusione e di sostituzione che trattavano la tecnologia come una "black box" e ne descrivevano la dinamica in termini di tassi di adozione e vantaggi di performance rispetto alle alternative esistenti (Griliches, 1957; Mansfield, 1961; Rogers, 1962). Le teorie del ciclo di vita del prodotto descrivevano l'evoluzione come una sequenza prevedibile di fasi (introduzione, crescita, maturità e declino) e la distinzione tra innovazione radicale e incrementale metteva in evidenza l'intensità del cambiamento, senza indagarne la struttura interna. A questi approcci si sono affiancate le curve a S della tecnologia, che rappresentavano l'andamento delle prestazioni nel tempo: un lento progresso nelle fasi di incubazione, seguito da una forte accelerazione nella fase di diffusione e un successivo rallentamento nella fase di maturità. Nonostante si siano rivelate efficaci nel descrivere il ritmo del miglioramento tecnologico, questi modelli lasciavano in ombra la questione fondamentale legata al perché e al come diversi settori mostrassero durate diverse delle fasi di sperimentazione e convergenza progettuale.

Il contributo di Abernathy e Utterback (1978) introduce un punto di vista nuovo, in cui l'andamento delle prestazioni nel tempo è messo in relazione con i cambiamenti nella struttura tecnica dei prodotti e nella loro architettura interna (Figura 2).

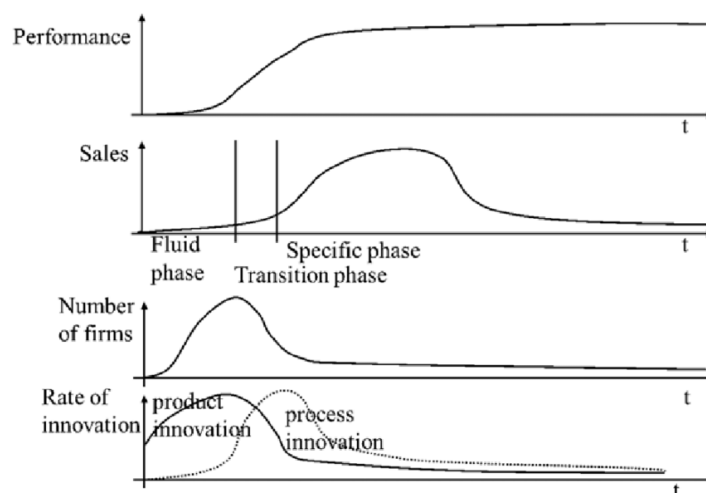


Figura 2 - Curve a S del modello Abernathy e Utterback

Gli autori propongono un modello articolato in 3 fasi che interpreta l'evoluzione del prodotto come un processo di progressiva stabilizzazione dell'architettura. Nella prima fase, detta fase fluida, le imprese esplorano un'ampia varietà di soluzioni progettuali, spesso distanti fra loro,

nella ricerca di combinazioni capaci di soddisfare funzioni emergenti con prestazioni ancora difficili da standardizzare. Si ha un'elevata incertezza per le aziende sia dal punto di vista tecnico sia sulla domanda. In questo contesto, la concorrenza si gioca sulla capacità di sperimentare rapidamente e individuare le opportunità inesplorate, portando una forte innovazione di prodotto e concentrando le competenze critiche sullo sviluppo. Nella seconda fase, detta transitoria, alcune configurazioni cominciano a emergere come più efficaci, scalabili o compatibili con la filiera. Si riduce quindi la varietà progettuale e gradualmente i produttori convergono verso un riferimento condiviso, il dominant design, che definisce le soluzioni tecniche, componenti e architetture che verranno accettate dal mercato e dall'industria. Inoltre, cresce l'importanza dell'innovazione di processo, con un aumento dei volumi la produzione si avvia verso una standardizzazione e gli investimenti si spostano maggiormente verso capacità produttive dedicate ed efficienza dei processi di produzione.

Una volta affermato il dominant design il settore entro nell'ultima fase, la fase specifica, in cui il prodotto assume una forma relativamente stabile e la concorrenza si concentra sulla riduzione dei costi, aumento della qualità e dell'affidabilità. Questa situazione porta ad innovazioni incrementali che spingono il prodotto a migliorare le performance e l'architettura tende a cristallizzarsi attorno ad uno standard, e le aziende posizionano le proprie competenze chiave nella gestione della produzione e nella capacità di sfruttare economie di scala e di apprendimento.

Abernathy e Utterback evidenziano come l'affermarsi di un dominant design non dipende tanto dalla superiorità prestazionale della soluzione, bensì dalla sua capacità di integrarsi in modo efficace con l'ecosistema industriale: la rete di fornitori, la disponibilità di componenti complementari, le competenze organizzative diffuse e le aspettative degli utenti.

Studi successivi, come quelli condotti da Anderson e Tushman (1990) hanno mostrato come in molti settori si costituisca un ciclo che alterna fasi di turbolenza progettuale, l'emergere di un dominant design e la successiva discontinuità tecnologica. Suarez (2004) ha evidenziato come l'affermazione di uno standard sia influenzata non solo da dimensioni tecniche, ma anche da effetti di rete, complementarità con altri prodotti, regolamentazione e strategie degli attori dominanti. Grazie a questi contributi si è ampliata la visione di Abernathy e Utterback, posizionando il dominant design non solamente come una configurazione tecnica di successo, ma il fulcro attorno al quale ruotano competenza e investimenti.

Nel complesso, questo modello offre una lettura articolata e profondamente dinamica dell'evoluzione dei settori industriali, mostrando come la natura dell'innovazione cambi al

mutare delle condizioni tecniche, organizzative e di mercato. L'alternarsi di fasi di esplorazione ampia e di convergenza verso soluzioni condivise costituisce il filo conduttore del processo innovativo e pone il dominant design al centro dell'evoluzione competitiva. La comprensione di queste dinamiche rappresenta un passaggio essenziale per analizzare le traiettorie tecnologiche dei prodotti considerati in questa tesi e per interpretare la stabilità e la durata delle configurazioni dominanti nei diversi contesti applicativi.

1.3 Concetto di durata e di stabilità di un dominant design: path dependency ed effetto lock-in

L'affermarsi di un dominant design non rappresenta un punto di arrivo definitivo nel ciclo di innovazione di un prodotto, bensì l'inizio di una fase in cui le soluzioni adottate tendono a consolidarsi lungo percorsi specifici. L'evoluzione tecnologica non avviene più tramite ampie sperimentazioni, ma attraverso aggiustamenti che mirano a migliorarne l'efficienza e la qualità. La stabilità che ne deriva, però, non è fortuita: è il risultato di meccanismi che nel tempo consolidano pratiche, competenze e investimenti attorno ad un'architettura selezionata. Per questo motivo, comprendere tali meccanismi è essenziale per spiegare perché alcuni dominant design si mantengono per lunghi periodi, mentre altri vengono sostituiti più rapidamente.

A tal proposito, i concetti di path dependency e lock-in risultano cruciali.

La path dependency descrive una dinamica secondo cui le scelte effettuate nelle fasi iniziali dello sviluppo di una tecnologia o di un sistema diventano, nel tempo, sempre più difficili da modificare, poiché generano effetti cumulativi che orientano il settore verso una specifica traiettoria evolutiva. È il caso, per esempio, del layout della tastiera QWERTY: nato per evitare inceppamenti nelle macchine da scrivere meccaniche, è rimasto in uso con l'avvento dei computer e degli smartphone, non perché fosse l'opzione più efficiente, ma per la forte familiarità degli utenti e gli investimenti nella formazione, che ne hanno reso conveniente la permanenza. Una volta accumulata esperienza, competenze e infrastrutture attorno a una determinata configurazione, diventa meno probabile abbandonare il percorso intrapreso, anche quando emergono alternative potenzialmente superiori.

Il concetto, introdotto da David (1985) e approfondito da Arthur (1989), si basa sull'idea che gli investimenti, le competenze, le aspettative degli utenti e le infrastrutture costruite attorno ad una determinata soluzione tendano a rafforzarla progressivamente, anche quando alternative tecnicamente superiori risultano disponibili.

Quindi, la path dependency implica che il passato non rappresenta soltanto uno sfondo

storico, ma diventa un vincolo strutturale: ogni passo compiuto lungo un certo percorso aumenta la convenienza di proseguire in una direzione e riduce la probabilità di adottare opzioni diverse.

A questo concetto si aggiunge l'effetto lock-in, che si verifica quando una tecnologia continua ad essere adottata non perché sia più efficiente, ma perché i costi economici, cognitivi e organizzativi associati al cambiamento risultano superiori ai benefici ottenibili da un'alternativa. Un esempio è quello dei cavi di ricarica dei dispositivi elettronici: per anni, molti produttori e utenti hanno continuato a utilizzare degli standard ormai superati perché dotati di accessori, dispositivi compatibili e abitudini consolidate (Arthur, 1989; David, 1985). La semplice esistenza di accessori complementari e una rete di fornitori allineati ha reso poco conveniente adottare varianti incompatibili, nonostante alcune fossero tecnicamente superiori. In questi casi la tecnologia dominante si mantiene più per inerzia che per merito tecnico.

Questi fenomeni permettono di comprendere perché, dopo la convergenza verso uno standard, il ritmo dell'innovazione tenda a concentrarsi su miglioramenti incrementali. Le imprese beneficiano di economie di apprendimento, compatibilità tra componenti e minore incertezza tecnica, sviluppando innovazioni entro i confini definiti dall'architettura dominante. Dal lato della domanda, gli utenti accumulano competenze specifiche e investono in prodotti complementari – accessori, servizi, contenuti e dispositivi interoperabili – che accrescono il valore d'uso dello standard esistente e generano effetti di rete: il valore percepito della tecnologia aumenta con la dimensione della base installata e con l'ampiezza dell'ecosistema di complementi disponibili. Questi meccanismi di esternalità di rete rendono più costoso il passaggio a soluzioni incompatibili e contribuiscono a rafforzare il lock-in dal lato della domanda (Katz e Shapiro, 1985; Katz e Shapiro 1986). La stabilità dello standard nasce dunque dall'interazione tra scelte iniziali, vincoli accumulati, convenienze economiche mature e investimenti in complementarità.

Tuttavia, questa stabilità non è definitiva. Quando emergono nuove tecnologie, mutamenti nelle preferenze degli utenti o cambiamenti significativi nei costi dei componenti, la traiettoria consolidata può essere messa in discussione. In alcuni casi, la forza del lock-in ritarda l'adozione di soluzioni migliori, in altri, una discontinuità tecnologica o un nuovo sistema di complementarità rende inevitabile la sostituzione dello standard. La durata di un dominant design dipende quindi dalla capacità della configurazione selezionata di rimanere coerente con l'evoluzione del contesto competitivo.

Nel caso dei prodotti analizzati in questa tesi, questi meccanismi assumono un ruolo particolarmente significativo. Le differenze tra prodotti non digitali e prodotti digitali riguardano infatti non solo la struttura architeturale, ma anche la forza dei processi di cumulazione e la presenza di eventuali effetti di rete. In alcuni settori, l'introduzione di componenti software riduce sensibilmente i costi di aggiornamento e indebolisce la path dependency, in altri, la dipendenza da specifiche infrastrutture o da un sistema di complementi può rafforzare la permanenza dello standard per periodi prolungati.

Questi meccanismi, combinando vincoli storici e convenienze maturate nel tempo, plasmano il modo in cui un settore consolida le proprie scelte progettuali e stabilisce ciò che diventa familiare, conveniente e "normale" per produttori e utenti. La forza con cui una configurazione si radica non è quindi solo un fatto tecnico, ma il risultato di un processo cumulativo che condiziona le aspettative e i comportamenti degli attori coinvolti. In molti casi, è proprio questa stratificazione di decisioni passate, competenze costruite e investimenti distribuiti a determinare il margine di manovra disponibile per le innovazioni future. La stabilità di uno standard non dipende soltanto dalla sua efficacia, ma dal tessuto di relazioni, abitudini e infrastrutture che lo sostengono e che ne rendono meno immediata la sostituzione.

In sintesi, la durata e la stabilità dei dominant design emergono dall'interazione tra vincoli storici, convenienze economiche e meccanismi istituzionali che tendono a rafforzare nel tempo le scelte progettuali iniziali. Path dependency e lock-in mostrano come i settori non evolvano in modo neutrale, ma seguano percorsi che riflettono l'accumulo di competenze, infrastrutture e complementarità sviluppate attorno allo standard consolidato. Questa prospettiva offre una chiave di lettura essenziale per interpretare la dinamica dei prodotti analizzati, e costituisce il punto di partenza per comprendere come le caratteristiche intrinseche delle architetture contribuiscano all'affermazione e alla persistenza dei dominant design.

1.4 Il legame tra architettura e dominant design

Il modo in cui un prodotto è strutturato nelle sue parti fondamentali influisce profondamente sulle possibilità che una specifica configurazione progettuale ha di affermarsi come riferimento per un intero settore. L'architettura non definisce solo la struttura tecnica dell'artefatto, ma stabilisce anche il perimetro entro cui le imprese possono sperimentare, modificare e far evolvere le proprie soluzioni. Per questa ragione, il legame tra architettura e affermazione del dominant design rappresenta un aspetto centrale nella

comprensione delle dinamiche tecnologiche: la struttura tecnica di un prodotto contribuisce infatti a stabilire quali configurazioni abbiano maggiori probabilità di emergere, consolidarsi e durare nel tempo.

Durante le fasi iniziali dello sviluppo tecnologico, quando prevale la sperimentazione e il settore è caratterizzato da un'elevata varietà progettuale, coesistono architetture anche molto diverse tra loro. Ogni soluzione incorpora un modo distinto di decomporre le funzioni, integrare i componenti e gestire le dipendenze interne. Alcune architetture risultano più flessibili e adattabili, capaci di accogliere modifiche localizzate senza richiedere riprogettazioni estese, altre, al contrario, rappresentano una forte integrazione tra i componenti, che garantisce prestazioni elevate ma riduce la possibilità di intervenire in modo selettivo. Queste differenze influenzano la valutazione delle alternative nelle prime fasi di competizione, poiché ciascuna architettura porta con sé compromessi specifici in termini di prestazioni, affidabilità, scalabilità e complessità produttiva. Ad esempio, nei primi lettori MP3 convivevano modelli altamente integrati e soluzioni più modulari: i primi offrivano design compatti ma con poca flessibilità, i secondi permettevano sostituzioni rapide della memoria o dell'interfaccia. Le preferenze degli utenti e la facilità di produzione hanno progressivamente favorito una delle due impostazioni, orientando la selezione dello standard (Henderson e Clark, 1990).

Quando il settore inizia a convergere verso una soluzione comune e una specifica architettura inizia a prevalere, ovvero la fase che nel modello di Abernathy e Utterback coincide con l'emergere del dominant design, la forma dell'architettura diventa un fattore determinante. Le architetture che facilitano la produzione su larga scala, che richiedono competenze diffuse nella filiera o che permettono un equilibrio stabile tra costi e prestazioni tendono ad avere maggiori probabilità di consolidarsi come standard. Non è detto che siano sempre le più avanzate dal punto di vista tecnico, poiché spesso prevalgono quelle che si integrano più facilmente con l'ecosistema industriale esistente (Ulrich, 1995), riducendo l'incertezza e consentendo un allineamento rapido tra produttori, fornitori e utenti finali. Un esempio semplice è la diffusione dei caricabatterie USB: non la soluzione tecnicamente migliore in assoluto, ma quella più facilmente integrabile nei dispositivi, nella filiera e nelle abitudini degli utenti.

Una volta affermato, il dominant design eredita i vincoli e le opportunità intrinseche dell'architettura sottostante. Se la configurazione è fortemente integrata, le imprese tenderanno a sviluppare innovazioni incrementali che mantengono la coerenza dell'insieme,

rafforzando la stabilità dello standard e rendendo più costosa la sua sostituzione. Se, al contrario, l'architettura è maggiormente modulare, il settore potrà introdurre modifiche più frequenti e localizzate, pur mantenendo la stessa struttura complessiva. In questo senso, l'architettura non determina solo la probabilità che una soluzione emerga come dominant design, ma influisce anche sulla sua durata, sulla stabilità e sulla velocità con cui essa potrà essere sostituita da configurazioni alternative.

Il legame tra architettura e dominant design è quindi bidirezionale. Da un lato, la struttura del prodotto orienta la selezione delle soluzioni nella fase di varietà, dall'altro, una volta affermato, il dominant design consolida e rafforza tali scelte, dando vita a un percorso evolutivo coerente con i vincoli architetture adottati. Questa relazione circolare non implica determinismo, ma mette in evidenza come le opzioni di sviluppo future siano influenzate dal modo in cui le funzioni e i componenti sono stati organizzati nelle fasi iniziali della competizione tecnologica. Di conseguenza, comprendere l'interazione tra architettura e dominant design permette di interpretare sia la selezione delle soluzioni nelle prime fasi del ciclo innovativo, sia la stabilità relativa degli standard che emergono nei settori più maturi.

2. Dominant design e tecnologie digitali

Il concetto di dominant design rappresenta uno degli strumenti interpretativi più efficaci per comprendere l'evoluzione dei prodotti e la dinamica competitiva dei settori industriali. Esso consente di leggere l'innovazione non come una successione casuale di soluzioni tecniche, ma come un processo che, nel tempo, tende a convergere verso configurazioni condivise, capaci di orientare gli investimenti, le competenze e le scelte progettuali delle imprese. Proprio per questa sua capacità esplicativa, il dominant design è stato ampiamente utilizzato per analizzare tecnologie mature e prodotti basati su architetture prevalentemente fisiche.

Negli ultimi decenni, tuttavia, la diffusione delle tecnologie digitali ha introdotto elementi che rendono necessario interrogarsi nuovamente su questi meccanismi. La crescente presenza di componenti programmabili, l'importanza del software e la possibilità di modificare il comportamento dei prodotti anche dopo la loro immissione sul mercato hanno trasformato il modo in cui le configurazioni tecniche emergono, si consolidano e vengono sostituite. In questo contesto, il dominant design non scompare, ma tende ad assumere forme differenti rispetto a quelle osservabili nei prodotti non digitali, sollevando interrogativi sulla sua durata, sulla sua stabilità e sulle modalità con cui si manifesta lungo

le traiettorie tecnologiche.

Questo capitolo si colloca quindi in continuità con il quadro teorico sviluppato nel Capitolo 1, estendendone l'applicazione al caso delle tecnologie digitali. L'obiettivo non è quello di fornire una descrizione tecnica dei sistemi digitali, bensì di chiarire in che modo le loro caratteristiche distintive, in particolare la programmabilità e la modularità, incidano sui processi di affermazione e trasformazione dei dominant design. Attraverso questa prospettiva, il capitolo prepara il terreno per l'analisi comparativa dei prodotti oggetto di studio, offrendo una chiave di lettura che consenta di interpretare in modo coerente le differenze osservate tra soluzioni digitali e non digitali.

2.1 Le tecnologie digitali

Con il passare degli anni, tutti i concetti legati all'architettura di prodotto, e conseguentemente al dominant design, hanno dovuto adattarsi allo sviluppo delle tecnologie digitali. L'introduzione di prodotti capaci di modificare il proprio comportamento nel tempo, grazie all'uso di componenti programmabili e all'elaborazione di informazione codificata, ha cambiato in profondità il modo in cui le imprese progettano e sviluppano gli artefatti tecnologici. Prima di analizzare queste implicazioni, è però necessario chiarire cosa si intenda per tecnologie digitali e come esse si distinguano dalle tecnologie non digitali che costituiranno il termine di confronto.

Nel contesto dell'innovazione di prodotto, la tecnologia digitale può essere intesa come l'insieme di strumenti e sistemi basati sull'elaborazione elettronica dell'informazione che supportano la progettazione e lo sviluppo di nuovi prodotti o il miglioramento di quelli esistenti, abilitando l'integrazione tra componenti fisiche e software, con l'introduzione di funzionalità intelligenti e la creazione di valore lungo l'intero ciclo di vita del prodotto (OECD, 2018; Porter et al., 2014). L'hardware, ovvero la componente fisica, fornisce la piattaforma di esecuzione, mentre le funzioni del prodotto possono essere modificate intervenendo sul software, ovvero la componente non fisica composta dal codice (Cantamessa e Montagna, 2023).

La letteratura sull'innovazione di prodotto sottolinea come questa trasformazione non si limiti ad aggiungere capacità di calcolo ai prodotti esistenti, ma tenda a ridisegnarne l'architettura complessiva. L'integrazione di componenti digitali porta, infatti, a soluzioni più modulari e riconfigurabili, nelle quali elementi diversi, sia hardware sia software, possono evolvere con gradi di dipendenza reciproca inferiori rispetto ai sistemi puramente meccanici o elettromeccanici, che rappresentano i prodotti non digitali (Yoo et al., 2010). È

importante notare che queste proprietà architettoniche rappresentano un tratto distintivo delle tecnologie digitali e costituiscono uno dei motivi per cui esse sono centrali nello studio della stabilità dei dominant design.

Il confronto con le tecnologie non digitali aiuta a chiarire meglio il punto: nei prodotti non digitali, basati su principi meccanici, elettrici o elettromeccanici analogici, la funzione è strettamente vincolata alla struttura materiale dei componenti. Le prestazioni dipendono dalla geometria delle parti, dai materiali impiegati e dalle modalità con cui queste parti sono collegate tra loro. Modificare il comportamento dell'artefatto significa, nella maggior parte dei casi, intervenire sulla sua configurazione fisica, con riprogettazioni che coinvolgono porzioni significative del prodotto e che richiedono investimenti rilevanti in tempo e risorse. L'architettura tende così a essere relativamente rigida e le traiettorie evolutive risultano fortemente condizionate dalle scelte iniziali di progetto. Nei prodotti digitali, al contrario, una quota non trascurabile della funzionalità è affidata a elementi informativi codificabili. È possibile introdurre nuove funzioni o modificare quelle esistenti tramite aggiornamenti software, senza dover necessariamente intervenire sulla struttura fisica del prodotto. Questo rende più facile correggere o estendere il comportamento dell'artefatto dopo la sua immissione sul mercato e apre la strada a traiettorie evolutive meno vincolate all'hardware di partenza. In letteratura, tale capacità di supportare combinazioni e sviluppi non interamente prevedibili a priori è spesso richiamata con il concetto di generatività delle infrastrutture digitali (Zittrain, 2006; Yoo et al., 2010).

Per gli scopi di questa tesi, è utile tradurre queste considerazioni in un criterio operativo. La semplice presenza di componenti elettroniche non è sufficiente, di per sé, a classificare un prodotto come digitale. Un artefatto verrà considerato digitale quando una parte significativa delle sue funzioni è implementata tramite software o logiche programmabili, in modo tale che il comportamento del sistema possa essere modificato o esteso nel tempo senza interventi strutturali radicali sui componenti fisici. Per esempio, lo studio propone il lettore CD perché una parte significativa delle sue funzioni è implementata tramite logiche digitali e software di controllo, e il comportamento complessivo del sistema è governato da circuiti digitali programmabili che gestiscono la lettura dei dati, la correzione degli errori, il controllo della velocità e la ricostruzione del segnale audio.

Viceversa, saranno considerati non digitali i prodotti la cui funzionalità è sostanzialmente determinata dalla loro configurazione materiale, e per i quali eventuali modifiche richiedono, di norma, un ridisegno dei componenti o delle loro interazioni, come nel caso

della piastra a cassette, o musicassette, proposta in questa tesi in contrapposizione al lettore CD, in quanto il suo funzionamento è determinato quasi esclusivamente dalla configurazione materiale dei componenti meccanici ed elettronici analogici, e le principali funzioni di riproduzione, registrazione e controllo della velocità del nastro magnetico sono realizzate tramite meccanismi fisici e circuiti analogici.

È inoltre utile distinguere, almeno sinteticamente, tra artefatti (o prodotti) digitali e servizi digitali. Nel primo caso, il valore per l'utente è incorporato in un sistema relativamente identificabile come prodotto, che integra componenti fisiche e componenti "smart" (software, dati e connettività), nel secondo caso, il valore è erogato prevalentemente come insieme di attività nel tempo, abilitate da infrastrutture e risorse digitali (Porter et al., 2014; Kallinikos et al., 2010; Yoo et al., 2010; Nambisan et al., 2017; Vargo et al., 2008).

Nella pratica, prodotti e servizi sono spesso intrecciati: molti prodotti fungono da interfaccia per l'accesso a servizi digitali e molti servizi richiedono la disponibilità di specifici dispositivi.

In questo lavoro, tuttavia, il focus è posto sui prodotti digitali, intesi come artefatti individuabili e brevettabili, per i quali è possibile osservare le traiettorie tecnologiche tramite l'analisi dei brevetti. Quando nel seguito si parlerà di tecnologie digitali in relazione ai casi di studio, il riferimento sarà quindi a tecnologie incorporate in prodotti che possiedono una controparte non digitale con la stessa funzione d'uso e che se ne differenziano soprattutto per l'impiego di un'architettura abilitata dalla programmabilità. I servizi digitali eventualmente associati a questi prodotti saranno considerati parte del contesto di utilizzo, ma non costituiranno oggetto diretto della comparazione.

Alla luce di queste considerazioni, le tecnologie digitali emergono come un'estensione concettualmente distinta delle tecnologie di prodotto tradizionali, caratterizzata dalla centralità dell'informazione codificata e dalla separazione parziale tra struttura fisica e comportamento funzionale. Tale separazione rende possibile un'evoluzione del prodotto meno vincolata alle scelte materiali iniziali e introduce nuove modalità di sviluppo, riconfigurazione e accumulazione delle funzionalità nel tempo. In questo senso, comprendere cosa qualifica una tecnologia come digitale rappresenta un passaggio necessario per analizzarne in modo coerente le implicazioni sull'architettura di prodotto e sulle dinamiche di innovazione.

2.2 Le architetture di prodotto delle tecnologie digitali

Nel primo capitolo l'architettura di prodotto è stata definita come il modo in cui le funzioni

di un artefatto vengono scomposte, assegnate a componenti e collegate tramite interfacce (Ulrich, 1995; Henderson e Clark, 1990). In quella sede è stata introdotta la distinzione tra architetture integrate, nelle quali le funzioni sono distribuite su componenti fortemente accoppiati, e architetture modulari, in cui i moduli sono relativamente indipendenti e collegati da interfacce ben definite (Sanchez et al., 1996; Baldwin e Clark, 2000). Nel caso delle tecnologie digitali, queste categorie restano utili, ma devono essere lette alla luce del ruolo centrale svolto dal software e dalla rappresentazione digitale dell'informazione.

Gli studi sull'innovazione digitale mostrano come la pervasività delle tecnologie digitali abbia favorito la diffusione di architetture a strati, spesso descritte come *layered modular architectures* (Yoo et al., 2010). In modo semplificato, si possono distinguere almeno quattro livelli: i dispositivi fisici, le reti di comunicazione, i servizi software e i contenuti o dati. Ognuno di questi livelli può evolvere con un certo grado di autonomia, a condizione che vengano rispettate le interfacce che regolano lo scambio di dati e comandi tra uno strato e l'altro. In un prodotto connesso, ad esempio, l'hardware locale ospita sensori e unità di elaborazione, la rete assicura la trasmissione dei dati, il software implementa le funzioni applicative e i contenuti rappresentano le informazioni generate o fruite dall'utente.

Questa struttura per livelli si innesta sulla distinzione tra integrazione e modularità, ma la spinge oltre. Nei prodotti non digitali, anche quando l'architettura è modulare, la scomposizione riguarda soprattutto i componenti fisici e le loro interfacce meccaniche o elettriche. Nei prodotti digitali, la modularità si estende anche ai livelli logici e informativi: moduli software, servizi remoti e contenuti possono essere aggiunti, sostituiti o aggiornati senza modificare la base fisica del sistema (Cantamessa e Montagna, 2023). Questo fa sì che una parte delle dipendenze interne non sia più soltanto strutturale, ma passi attraverso standard, protocolli e formati di dati.

Per mettere meglio a fuoco la differenza tra architetture digitali e non digitali è utile richiamare la legge di completezza del sistema tecnico formulata da Altshuller nell'ambito del TRIZ. Secondo questa legge, ogni sistema deve comprendere almeno quattro sottosistemi: un motore, che fornisce l'energia, una trasmissione, che convoglia l'energia verso l'area di lavoro, uno strumento (tool), che realizza l'azione sull'oggetto, un elemento di controllo, che regola il funzionamento del sistema in base alle condizioni esterne e agli obiettivi (Altshuller, 1984).

In un prodotto non digitale tradizionale questi quattro sottosistemi sono realizzati quasi interamente attraverso elementi fisici. Il motore può essere, ad esempio, un motore elettrico

o un gruppo meccanico di azionamento, la trasmissione è costituita da ingranaggi, leve, alberi o circuiti, lo strumento è l'organo che agisce direttamente sull'oggetto (taglia, sposta, comprime, riscalda), il controllo è affidato a dispositivi manuali, a logiche cablate o a semplici sistemi di retroazione analogici. Il legame tra queste parti è in genere piuttosto rigido: una certa scelta di motore richiede un certo tipo di trasmissione, che a sua volta vincola la forma e il funzionamento dello strumento e le modalità di controllo.

Nei prodotti digitali la stessa struttura di base è ancora riconoscibile, ma cambia la natura con cui i sottosistemi vengono implementati. Il motore non fornisce solo energia meccanica o elettrica: include spesso un "motore di calcolo", cioè il microprocessore che esegue il software. La trasmissione non riguarda soltanto il trasferimento di forza o di segnali elettrici, ma comprende anche i canali digitali attraverso cui circolano dati e comandi, come bus interni o collegamenti di rete. Lo strumento può essere un organo fisico, ma sempre più spesso è un algoritmo che trasforma segnali o dati, ad esempio un filtro digitale, un modello di riconoscimento o un sistema di raccomandazione. L'elemento di controllo, infine, è in larga misura costituito da software di supervisione, interfacce utente e logiche di feedback che governano in tempo reale il comportamento del sistema.

Altshuller evidenzia quindi una differenza importante: nei prodotti non digitali, la modifica del comportamento del sistema richiede quasi sempre un intervento diretto sui componenti fisici: cambiare il motore, ridisegnare la trasmissione, sostituire lo strumento, riprogettare il controllo. Nei prodotti digitali, una parte crescente delle funzioni del motore, della trasmissione e del controllo viene "spostata" su componenti programmabili. In molti casi è sufficiente intervenire sul software, sui protocolli di comunicazione o sugli algoritmi di controllo per ottenere un comportamento diverso, senza modificare la struttura materiale dell'artefatto.

Da questa prospettiva, l'architettura dei prodotti digitali è modulare su due livelli. Da un lato, rimane la scomposizione fisica in componenti hardware collegati da interfacce standard, come discusso nel primo capitolo. Dall'altro, esiste una modularità logica, in cui blocchi di software, servizi e algoritmi svolgono il ruolo di sottosistemi funzionali che possono essere attivati, aggiornati o sostituiti con un grado di libertà maggiore rispetto ai soli componenti fisici (Baldwin e Clark, 2000; Yoo et al., 2010). La completezza del sistema tecnico rimane, ma i quattro sottosistemi individuati da Altshuller non sono più legati a elementi fisici ben separati: possono essere distribuiti tra hardware, software locale e servizi remoti, e in parte "virtualizzati" all'interno del codice.

Queste caratteristiche architettoniche hanno conseguenze dirette anche sul modo in cui si configura un dominant design. Nei prodotti non digitali, il dominant design tende a coincidere con una certa soluzione fisica (un insieme specifico di componenti, di geometrie e di accoppiamenti) che si afferma come standard nel settore. Nei prodotti digitali, il dominant design si presenta più spesso come una combinazione relativamente stabile di piattaforma hardware, componenti software e interfacce. Ciò che si consolida non è solo una forma fisica, ma un'architettura di livelli e moduli che definisce lo spazio delle varianti successive.

Nel seguito della tesi, questo quadro sarà utilizzato per leggere in chiave comparativa le sette coppie di prodotti considerate. Da un lato, ci si aspetta che i prodotti non digitali mostrino architetture in cui motore, trasmissione, strumento e controllo sono più strettamente legati a componenti fisici specifici. Dall'altro, i prodotti digitali dovrebbero presentare architetture in cui il motore di calcolo e gli elementi di controllo sono in larga misura affidati al software, e in cui la trasmissione comprende anche canali di comunicazione digitale. Le differenze nelle traiettorie brevettuali e nella stabilità dei dominant design, analizzate nei capitoli successivi, verranno interpretate alla luce di queste diverse modalità di combinare completezza del sistema tecnico e modularità architettonica.

2.3 La durata dei dominant design nelle tecnologie digitali

La questione della durata dei dominant design assume caratteristiche specifiche quando si considerano prodotti basati su tecnologie digitali. In questo contesto, la configurazione che si afferma come dominante non è soltanto un certo insieme di componenti fisici, ma una combinazione relativamente stabile di piattaforma hardware, moduli software e interfacce che struttura l'insieme delle funzioni associate al prodotto. La durata può essere intesa come l'intervallo di tempo in cui questa combinazione continua a rappresentare il principale punto di riferimento per i nuovi sviluppi, pur in presenza di un continuo ricambio di applicazioni, servizi e contenuti che vi si appoggiano (Hylving, 2012; Yoo et al, 2010).

Nei prodotti digitali, programmabilità e modularità fanno sì che il ciclo di vita delle funzionalità visibili all'utente e dei moduli applicativi sia spesso breve, e conseguentemente si riduce anche il ciclo di vita dell'architettura sottostante. La possibilità di introdurre aggiornamenti software frequenti, di sperimentare nuove combinazioni di moduli e di rilasciare rapidamente nuove versioni accorcia i tempi di sperimentazione e sostituzione a livello di interfaccia e di servizi. Gli studi sulla trasformazione digitale delle imprese segnalano una tendenza generale all'accorciamento dei cicli di innovazione e dei life cycle

di prodotto, favorita dalla riduzione dei costi di sviluppo, dall'uso di strumenti di progettazione avanzata e dall'integrazione più stretta tra fasi di progettazione e utilizzo (Plekhanov et al., 2023). Questa possibilità di aggiornare in modo continuo gli artefatti digitali rende anche meno netti i confini tra una generazione e la successiva: la transizione non coincide più con l'introduzione di un nuovo modello fisico, ma con il progressivo consolidarsi di determinate soluzioni architettoniche e funzionali nei brevetti e nell'offerta di mercato.

Questa dinamica è strettamente collegata alla generatività delle piattaforme digitali, intese come insiemi di componenti core e interfacce standardizzate che consentono a sviluppatori terzi di creare e integrare moduli complementari, ampliando nel tempo lo spettro delle funzionalità disponibili senza modificare il nucleo architettonico di base (De Reuver et al., 2018; Gawer, 2022). Una volta stabilite le interfacce e le regole di compatibilità, la stessa piattaforma può sostenere una molteplicità di soluzioni che combinano moduli diversi, spesso sviluppati da attori esterni al produttore del core. La struttura tecnica abilita così un processo di innovazione combinatoria potenzialmente molto rapido, nel quale nuove funzioni emergono dalla ricombinazione di elementi già disponibili più che dall'introduzione di componenti completamente nuovi (Zittrain, 2006; Thomas et al., 2022). In termini di durata, questo significa che le configurazioni di riferimento a livello applicativo possono cambiare con frequenza elevata, mentre l'insieme di regole che governa la piattaforma rimane più stabile, portando a un avvicendamento dei dominant design maggiore rispetto alle tecnologie non digitali.

Studi recenti sulle piattaforme digitali descrivono questa situazione come una sorta di "gerarchia annidata di cicli tecnologici", in cui i componenti centrali del sistema evolvono più lentamente rispetto ai componenti periferici (Gawer, 2022). Il dominant design di un ecosistema digitale non coincide con una singola versione di prodotto, ma con una certa organizzazione del rapporto tra core e periferia: un insieme di scelte relativamente durature su architettura della piattaforma, standard e modalità di interazione, all'interno del quale possono susseguirsi molteplici ondate di innovazione sui moduli complementari. In questa prospettiva, la durata va letta su più livelli: più breve se si guarda alle combinazioni specifiche di applicazioni e servizi, più lunga se si considera il disegno complessivo della piattaforma.

Allo stesso tempo, le tecnologie digitali introducono meccanismi di stabilizzazione che possono prolungare la vita di alcune configurazioni. Gli effetti di rete, le economie di

ecosistema, i dati accumulati e la dipendenza da specifiche API o formati proprietari generano forme di lock-in che rendono più costoso abbandonare una piattaforma consolidata, anche quando emergono alternative tecnicamente più avanzate (De Reuver et al., 2018; Gawer, 2022). In questi casi, il dominant design tende a persistere a livello di struttura centrale, mentre le pressioni competitive e la generatività si concentrano sui livelli periferici, dove l'offerta viene continuamente aggiornata per preservare la rilevanza della piattaforma. La combinazione di elevata riconfigurabilità locale e forte vincolo sistemico aiuta a spiegare perché, nei prodotti digitali, la durata apparente del dominant design possa essere breve se osservata dal punto di vista delle applicazioni, ma lunga se la si misura rispetto all'architettura di base che coordina l'ecosistema.

Da qui discende una distinzione importante tra “regime architetturale” e singola configurazione di prodotto. Nel caso dei prodotti digitali, il dominant design assume sempre più il significato di regime architetturale: un insieme di scelte su piattaforma, interfacce e struttura dei complementi che incanala l'evoluzione del sistema nel medio-lungo periodo. Ciò non significa, però, che la dimensione del singolo prodotto venga trascurata. Ai fini di questo lavoro, si considerano come dominant design quelle configurazioni ricorrenti a livello di famiglia di prodotto che risultano riconducibili a uno stesso regime architetturale e che, per un certo intervallo di tempo, concentrano la maggior parte dell'attività brevettuale e dell'offerta di mercato. In altri termini, la durata viene interpretata come persistenza osservabile nel tempo di queste configurazioni di riferimento, più che come vita commerciale di una singola release.

Il confronto con i prodotti non digitali mette in evidenza la specificità di questo quadro. Nelle tecnologie basate su architetture principalmente fisiche, la struttura del prodotto è più strettamente legata alla materialità dei componenti e ai processi produttivi che li realizzano. Le scelte progettuali richiedono investimenti specifici in impianti, attrezzature e competenze, e generano traiettorie cumulative che rendono costoso modificare in profondità il design una volta che si è affermato come standard di fatto. In queste condizioni, il dominant design tende a mantenere il proprio ruolo per periodi più lunghi, anche perché i miglioramenti introdotti nel tempo si concentrano spesso su varianti compatibili con la configurazione esistente (Abernathy e Utterback, 1978; Suárez e Utterback, 1995; Murmann et al., 2006).

Nei prodotti non digitali la modularità offre margini di adattamento locale, ma le porzioni integrate del sistema continuano a esercitare un forte effetto di vincolo sulle traiettorie

possibili. La durata del dominant design è quindi legata alla stabilità di questa struttura fisica centrale, che viene messa in discussione solo quando emergono discontinuità rilevanti nei principi tecnologici di base o nei requisiti funzionali. Nei prodotti digitali, al contrario, la presenza di componenti programmabili e di architetture a strati consente di intervenire con maggiore frequenza sui livelli superiori senza abbandonare il core esistente, rendendo più probabile l'alternanza di configurazioni dominanti a breve e medio termine all'interno di uno stesso regime architettonico.

Da queste considerazioni deriva un'aspettativa precisa: a parità di funzione d'uso, ci si attende che i prodotti digitali presentino dominant design caratterizzati da una durata media inferiore rispetto alle corrispondenti soluzioni non digitali, intesa come tempo in cui una specifica configurazione di riferimento rimane prevalente nei brevetti e nell'offerta di mercato. L'analisi delle traiettorie brevettuali delle coppie di prodotti oggetto di studio è finalizzata proprio a verificare in che misura questa ipotesi trovi riscontro empirico.

2.4 Influenza della modularità delle architetture sulla stabilità

A questo punto dell'analisi diventa naturale interrogarsi sul ruolo che la modularità dell'architettura esercita sulla stabilità dei dominant design. In altri termini, si tratta di capire se la scomposizione del prodotto in moduli collegati da interfacce condivise contribuisca a prolungare nel tempo la configurazione che si afferma come riferimento nel settore, oppure se, al contrario, renda più agevole la sua progressiva sostituzione con soluzioni alternative.

Nella prospettiva dell'architettura di prodotto, la modularità indica una struttura in cui le interdipendenze tra componenti sono ridotte grazie a interfacce chiaramente definite. Nelle architetture integrate, piccole modifiche a un componente tendono a propagarsi al resto del sistema, nelle architetture modulari, invece, le interfacce limitano questa propagazione e consentono di intervenire su singole parti senza riprogettare l'intero artefatto (Ulrich, 1995; Sanchez et al., 1996). La modularità amplia quindi lo spazio di sperimentazione: ogni modulo diventa un'unità relativamente autonoma su cui esplorare varianti tecnologiche con costi di coordinamento più contenuti (Baldwin e Clark, 2000; Schilling, 2000). In presenza di architetture integrate, al contrario, l'emergere di un dominant design tende a irrigidire la traiettoria successiva, perché qualunque cambiamento rilevante richiede interventi coordinati su più componenti, con costi e rischi elevati.

Da questo punto di vista, la modularità riduce la durata del dominant design. Schilling mostra come sistemi più modulari facilitino la sperimentazione parallela e la ricombinazione

di soluzioni, aumentando la probabilità che, nel tempo, emergano combinazioni di moduli più performanti in grado di sostituire assetti consolidati (Schilling, 2000). Modelli di innovazione in sistemi complessi giungono a conclusioni simili: la modularità favorisce l'esplorazione locale frequente e può accelerare tanto il miglioramento incrementale quanto la sostituzione di configurazioni affermate quando si rende disponibile una combinazione migliore (Ethiraj et al., 2004). In questo senso, la modularità tende a rendere meno stabile il dominant design se lo si osserva al livello delle configurazioni concrete di prodotto.

La letteratura, tuttavia, evidenzia anche l'effetto opposto. La presenza di interfacce standard e di una chiara distinzione tra componenti centrali e periferici consente di concentrare la maggior parte dei cambiamenti sui moduli esterni, preservando la continuità del nucleo progettuale che coordina il sistema (Baldwin e Clark, 2000). In questa prospettiva, la modularità non elimina la stabilità, ma la sposta: il dominant design assume la forma di un'architettura di riferimento relativamente durevole, al cui interno si susseguono combinazioni diverse di moduli compatibili. Le interfacce diventano allo stesso tempo vincolo e abilitatore: rendono costoso abbandonare il "linguaggio comune" che tiene insieme i moduli, ma permettono un ricambio continuo dei moduli stessi (Cantamessa e Montagna, 2023).

Nelle tecnologie digitali, caratterizzate da architetture stratificate e da piattaforme che organizzano il sistema attorno a componenti core e boundary resources, ovvero interfacce tecniche che mediano l'interazione tra il core della piattaforma e gli sviluppatori esterni come API, SDK, standard di interoperabilità, questi meccanismi risultano particolarmente evidenti (Yoo et al., 2010; Tiwana et al., 2010; De Reuver et al., 2018). La stabilità non è più legata a una singola combinazione di funzioni, ma alla persistenza di un insieme di regole architettoniche che definiscono come i moduli possono interagire con la piattaforma. Finché le interfacce e i protocolli rimangono stabili, l'ecosistema può generare e sostituire applicazioni, servizi e moduli hardware con grande frequenza, senza interrompere la continuità dell'insieme. Da un lato, quindi, la modularità tipica delle architetture digitali accorcia la durata delle configurazioni osservabili a livello di prodotto, dall'altro, rafforza la stabilità del regime architettonico sottostante, che può sopravvivere a molteplici ondate di innovazione periferica senza essere rimpiazzato.

Questi effetti si intrecciano con i meccanismi di path dependency e lock-in. Nelle architetture integrate, la stabilità del dominant design è sostenuta soprattutto da investimenti specifici, routine e difficoltà tecniche nel riprogettare il sistema (David, 1985; Arthur, 1989). In

contesti modulari e digitali, il lock-in si sposta invece sulle interfacce e sulle specifiche di interoperabilità: la base installata di complementi, gli effetti di rete tra utenti e sviluppatori e l'accumulo di competenze specifiche su una certa piattaforma rendono meno conveniente adottare soluzioni incompatibili, anche quando esistono alternative tecnicamente valide (Katz e Shapiro, 1985; Katz e Shapiro 1986; De Reuver et al., 2018). La modularità mantiene aperto il livello dei moduli, ma irrigidisce il livello delle interfacce e delle regole di compatibilità, che diventano il principale luogo della stabilità nel tempo.

Nel quadro teorico adottato in questa tesi, la risposta alla domanda iniziale è quindi articolata. La modularità influisce sulla stabilità dei dominant design in modo ambivalente: tende a ridurre la durata media delle configurazioni dominanti a livello di prodotto, facilitando la sperimentazione e la sostituzione di combinazioni di moduli, ma può aumentare la persistenza del regime architeturale di fondo, rafforzato dalla diffusione di interfacce e specifiche condivise.

Nel caso dei prodotti digitali, caratterizzati da elevata modularità e da architetture a piattaforma, ci si attende che questo equilibrio si traduca in dominant design osservabili sui brevetti meno stabili rispetto alle controparti non digitali, pur all'interno di cornici architetture che possono durare più a lungo. L'analisi brevettuale dei capitoli successivi è orientata proprio a verificare se, e in che misura, la maggiore modularità dei prodotti digitali si accompagni effettivamente a una minore stabilità delle configurazioni dominanti rispetto alle corrispondenti soluzioni non digitali.

3. Metodologia dell'analisi

Il presente capitolo descrive l'impianto metodologico adottato per rendere empiricamente osservabile la stabilità dei dominant design a partire da evidenza brevettuale. L'obiettivo non è presentare una sequenza di operazioni strumentali, ma esplicitare le scelte con cui la documentazione brevettuale viene trasformata in una base dati coerente e interpretabile rispetto alla domanda di ricerca. In questa prospettiva, il patent scanning è assunto come dispositivo di costruzione del dominio tecnologico osservabile: un processo che integra selezione sistematica dei documenti, analisi e restituzione tramite indicatori e rappresentazioni visive.

A partire da questo inquadramento, il capitolo chiarisce come viene costruito l'oggetto di osservazione e come viene garantita la comparabilità tra domini diversi. In primo luogo, la definizione delle coppie di prodotto rende operativa la comparazione tra versioni non

digitali e digitali, preservando la continuità funzionale e isolando, per quanto possibile, l'effetto della trasformazione tecnologica associata alla digitalizzazione. In secondo luogo, la costruzione delle query è trattata come scelta di delimitazione del campo osservabile, poiché determina confini e ambiguità ammissibili e condiziona direttamente la qualità dell'evidenza empirica. Su questa base, l'analisi integra due logiche complementari: da un lato, la standardizzazione tramite Z-score, utilizzata per rendere confrontabili nel tempo serie storiche brevettuali e per identificare periodi di intensificazione dell'attività; dall'altro, lo studio delle forward citations, impiegato per qualificare tali dinamiche rispetto alla persistenza e alla centralità tecnologica delle soluzioni.

3.1 Patent scanning come strumento d'immagine

L'analisi empirica dei processi di innovazione tecnologica richiede strumenti in grado di rendere osservabili fenomeni complessi che si sviluppano nel tempo e che coinvolgono una molteplicità di soluzioni tecniche, attori e traiettorie evolutive. In questo contesto, l'informazione brevettuale rappresenta una fonte privilegiata per ricostruire in modo sistematico le configurazioni tecnologiche che caratterizzano un determinato dominio, a condizione che venga utilizzata attraverso un metodo capace di selezionarla, organizzarla e interpretarla in modo coerente con gli obiettivi della ricerca.

Nel quadro metodologico di questa tesi, il patent scanning è assunto come un'attività sistematica che integra tre passaggi tra loro inseparabili: la ricerca e la selezione dei documenti brevettuali rilevanti, la loro analisi su base quantitativa e qualitativa e la restituzione dei risultati mediante indicatori e rappresentazioni visive capaci di rendere leggibili le dinamiche del dominio tecnologico nel tempo (Porter et al., 2005; OECD, 2009; WIPO, 2015). In questa impostazione, lo scanning non coincide con una ricognizione preliminare, ma si colloca tra gli strumenti di analisi tecnologica e di interpretazione dei sistemi innovativi, poiché utilizza la documentazione brevettuale come fonte strutturata, comparabile e temporalmente tracciabile per osservare traiettorie inventive, addensamenti di attività e segnali di discontinuità. La funzione conoscitiva del patent scanning dipende in modo cruciale dalle scelte che delimitano l'oggetto osservato (confini tecnologici, criteri di inclusione dei documenti, unità di analisi e aggregazioni temporali) che condizionano direttamente l'interpretazione dei risultati (OECD, 2009). Per questo motivo, in questa tesi il patent scanning viene definito non soltanto come tecnica di raccolta dati, ma come metodo di costruzione di una rappresentazione del campo tecnologico, orientata a mettere in evidenza strutture ricorrenti, transizioni e fasi di consolidamento.

In tale prospettiva, il patent scanning può essere interpretato come uno strumento d'immagine, ossia come un dispositivo analitico che costruisce una rappresentazione strutturata e sintetica del dominio tecnologico a partire dalle tracce codificate nei documenti brevettuali (WIPO, 2015). L'immagine che ne deriva non coincide con una fotografia neutra del numero di brevetti, ma con una mappa interpretativa che organizza il campo in base a dimensioni selezionate, quali attori, famiglie brevettuali, traiettorie, classi tecnologiche e relazioni citazionali, rendendo leggibile la configurazione complessiva del dominio in un determinato intervallo temporale e rispetto a un obiettivo conoscitivo esplicito (Porter et al, 2005; WIPO, 2015). Il valore di questa rappresentazione risiede nella sua capacità di offrire una visione d'insieme che consenta di cogliere l'organizzazione del campo tecnologico senza rinunciare alla complessità che lo caratterizza.

Un elemento distintivo dell'immagine prodotta dal patent scanning è la sua dimensione dinamica. L'analisi temporale non serve soltanto a descrivere l'andamento dei depositi, ma consente di osservare come il dominio si trasformi nel tempo, individuando fasi di espansione, momenti di riorientamento e periodi di relativa stabilizzazione attorno a soluzioni ricorrenti (Porter et al., 2005; OECD, 2009). In questo senso, l'immagine brevettuale è intrinsecamente una rappresentazione del movimento, che rende visibili convergenze e transizioni e prepara il terreno per l'interpretazione dei processi di consolidamento tecnologico (WIPO, 2015). Al tempo stesso, tale rappresentazione non va intesa come descrizione esaustiva dell'innovazione: i brevetti costituiscono indicatori altamente informativi e analiticamente utili, pur presentando limiti intrinseci, la cui lettura richiede attenzione alle strategie di deposito e ai limiti intrinseci delle misure basate su conteggi o citazioni (Griliches, 1990; OECD, 2009).

Affinché il patent scanning possa operare come strumento d'immagine, è necessario chiarire la natura della base informativa su cui esso poggia. Il brevetto è un artefatto informativo ibrido che integra contenuti tecnici, legali e metadati standardizzati, rendendo comparabili invenzioni diverse e collegandole a famiglie, classi tecnologiche e reti di citazioni che esplicitano continuità e filiazioni nel tempo (OECD, 2009; WIPO, 2015). L'uso dei brevetti come proxy analitica è consolidato in letteratura, poiché consente di rendere osservabile una parte rilevante dell'attività innovativa e di ricostruire traiettorie tecnologiche e processi di accumulo della conoscenza, pur nella consapevolezza che l'analisi brevettuale intercetta soltanto l'innovazione formalizzata e resa pubblica attraverso il sistema di protezione (Griliches, 1990).

Il passaggio dal dataset brevettuale all'immagine del dominio tecnologico dipende in modo decisivo dalla qualità della query di ricerca, che costituisce un vero e proprio atto di delimitazione epistemica del campo osservato (Porter et al., 2005; OECD, 2009). L'uso combinato di parole chiave, classi tecnologiche e vincoli su campi strutturati consente di circoscrivere lo spazio di analisi in modo coerente e replicabile, rendendo possibile l'identificazione di sottodomini e relazioni tra soluzioni tecniche (WIPO, 2015). In questo processo, classificazioni, citazioni e co-occorrenze trasformano il dataset da insieme di documenti in sistema di relazioni, rendendo leggibili strutture latenti, cluster tematici e connessioni tra traiettorie (Hall et al., 2001; Fleming et al., 2004).

In questa tesi, il patent scanning viene utilizzato come dispositivo osservativo per l'analisi della stabilità tecnologica. La convergenza verso configurazioni ricorrenti, la persistenza di determinate strutture inventive e l'emergere di segnali di riorientamento diventano empiricamente osservabili attraverso l'evoluzione dell'immagine brevettuale nel tempo, consentendo di ricostruire l'affermazione e la durata di configurazioni dominanti e di individuare eventuali fasi di indebolimento o sostituzione (Arthur, 1989; Abernathy e Utterback, 1978; Anderson e Tushman, 1990; Suarez et al., 1995).

Nel complesso, il patent scanning viene adottato come metodo di costruzione di un'immagine interpretativa del dominio tecnologico, fondata su scelte esplicite di delimitazione e su una lettura dinamica delle trasformazioni nel tempo. Tale impostazione fornisce una base empirica coerente per analizzare convergenze, persistenze e transizioni tecnologiche, mantenendo al centro la consapevolezza dei limiti intrinseci della fonte brevettuale e del ruolo strategico delle decisioni di brevettazione.

3.2 Definizione delle coppie di prodotto

La definizione delle coppie di prodotto costituisce un passaggio metodologico centrale, perché rende operativa la comparazione tra stabilità dei dominant design in contesti non digitali e digitali mantenendo, per quanto possibile, una continuità funzionale. La scelta di concentrarsi su prodotti riconducibili all'elettronica di consumo e, più in generale, a oggetti "consumer" coinvolti in processi di digital transformation è motivata dal fatto che in questi domini l'evoluzione tecnologica recente è stata particolarmente visibile e scandita da transizioni generazionali riconoscibili: la coesistenza e, in molti casi, la successione storica tra versioni non digitali e versioni digitali del medesimo sistema rendono più netta la distinzione in termini di versione di prodotto, e quindi più idonea a supportare un confronto strutturato sia sulle differenze architetturali sia sull'evoluzione dei paradigmi tecnologici

sottostanti (Yoo et al., 2010; Porter et al., 2014; Nambisan et al., 2017). In questa logica, le sette coppie selezionate (Tabella 1) rispondono a un insieme coerente di vincoli, orientati non tanto a massimizzare l'eterogeneità dei casi, quanto a garantire che la discontinuità osservabile sia attribuibile al mutamento della base tecnologica e non a una ridefinizione del bisogno servito.

Prodotti non digitali	Prodotti digitali
Film camera	Digital camera
Cyclone vacuum cleaner	Robot vacuum cleaner
Analogue radio receiver	Digital radio receiver
Analogue TV receiver	Digital TV receiver
Blender	Kitchen robot
Music cassette deck	CD player
Mechanical scale	Digital scale

Tabella 1 - Coppie di prodotto

In primo luogo, ciascuna coppia include la versione non digitale e la versione digitale dello stesso sistema, inteso come artefatto che svolge una funzione core comparabile, ciò consente di mantenere stabile la finalità d'uso, mentre cambia la modalità con cui il sistema acquisisce, elabora e restituisce informazione, passando dalla gestione di segnali analogici alla manipolazione di dati digitali. È proprio questo spostamento, che tipicamente incrementa la modularità e rende più separabili le funzioni, a costituire il perno interpretativo della comparazione architeturale tra i due paradigmi (Yoo et al., 2010). In secondo luogo, le coppie appartengono a domini in cui è plausibile attendersi l'emergere di una configurazione prevalente, condizione necessaria perché l'architettura sia identificabile e perché abbia senso ricostruirne la stabilità e la durata nel tempo, evitando casi in cui l'evoluzione rimanga frammentata o troppo idiosincratca. In terzo luogo, la selezione privilegia domini in cui la brevettazione risulta sufficientemente densa e continuativa da consentire una ricostruzione longitudinale, limitando il rischio che l'evidenza empirica sia distorta da innovazioni veicolate prevalentemente tramite segreto industriale o tramite iterazioni poco formalizzate.

Accanto a questi criteri di inclusione, sono stati adottati criteri di esclusione volti a preservare la controllabilità dell'oggetto di studio. In particolare, sono stati esclusi quei

prodotti digitali che, oltre a digitalizzare il funzionamento di base, attivano in modo strutturale funzioni di servizio e alimentano processi di servizio data-driven, poiché tali casi introdurrebbero livelli ulteriori di complessità architeturale e organizzativa (piattaforme, ecosistemi, logiche di servizio) che renderebbero meno isolabile l'effetto della sola digitalizzazione sul design del prodotto (Yoo et al., 2010). Parimenti, sono stati esclusi artefatti puramente digitali o “quasi-oggetti”, la cui intangibilità rende non confrontabile, per costruzione, un equivalente non digitale basato su componenti fisici, in questi casi, l'analisi architeturale di artefatti non assemblati (ad esempio software) esula dallo scopo del lavoro, poiché l'assenza di una struttura fisica comparabile rende impraticabile la logica stessa della coppia digitale/non digitale (Ekbia, 2009; Salvador, 2007).

All'interno di questi vincoli, le coppie selezionate permettono di osservare la digitalizzazione come trasformazione del principio tecnico e della struttura del prodotto mantenendo un aggancio funzionale sufficientemente stabile da rendere significativa la comparazione. Nel caso della fotocamera a pellicola rispetto alla fotocamera digitale, la funzione “acquisire un'immagine” resta invariata, mentre cambia la modalità di cattura e trattamento del segnale: dall'impressione fotochimica su supporto analogico si passa a sensori CCD/CMOS, conversione analogico-digitale ed elaborazione elettronica, con una conseguente apertura a miglioramenti per via software e a cicli di iterazione più rapidi. Una logica analogica è rintracciabile nella transizione dal registratore a cassette al lettore CD, dove l'archiviazione magnetica analogica e la riproduzione elettromeccanica vengono sostituite da codifica digitale, lettura ottica e correzione d'errore secondo standard industriali, con effetti sulla modularità dei componenti e sulla stabilità delle interfacce tecniche. Nel confronto tra ricevitore radio analogico e ricevitore radio digitale, la continuità funzionale (ricezione e fruizione di contenuti audio broadcast) convive con un salto tecnologico che porta dalla demodulazione di segnali continui a catene di codifica/decodifica digitale, gestione di multiplex, correzione d'errore e dipendenza da standard di trasmissione che governano compatibilità e diffusione. Ancora più evidente è il caso dei sistemi di broadcasting televisivo analogico e digitale, in cui la distribuzione di contenuti televisivi passa da forme di trasmissione analogiche a ecosistemi basati su compressione, modulazione digitale e architetture di rete orientate all'efficienza spettrale e alla qualità del segnale, con un ruolo cruciale della standardizzazione nel determinare il perimetro delle soluzioni ammissibili. Nei prodotti per la cura della casa, la coppia aspirapolvere a separazione ciclonica-aspirapolvere robot mantiene l'obiettivo di rimozione dello sporco

ma si differenzia per il grado di autonomia: alla soluzione non digitale, centrata su principi fluidodinamici e su un utilizzo manuale, si contrappone un artefatto meccatronico che integra sensori, attuatori, logiche di navigazione e controllo, trasformando la prestazione attesa in un risultato mediato da algoritmi e dalla gestione di informazione ambientale. In modo coerente, la coppia blender–Kitchen robot conserva l'idea di supportare la preparazione alimentare, ma evolve da un elettrodomestico principalmente elettromeccanico a un sistema integrato che combina motore, riscaldamento, sensoristica e controllo digitale, spesso con funzioni guidate e aggiornabili, rendendo più esplicita la componente software come leva di differenziazione e come potenziale fonte di riconfigurazione architettuale. Infine, nella coppia bilancia meccanica–bilancia digitale, la misura di massa/forza migra da meccanismi di leve e molle a celle di carico e trasduzione elettrica con conversione e visualizzazione digitale, con un conseguente cambiamento nelle catene di misura e nelle possibilità di integrazione con altre funzioni (memorizzazione, calibrazione, comunicazione).

Nel loro insieme, queste sette coppie sono state selezionate perché consentono di osservare la digitalizzazione come trasformazione della base tecnologica e della struttura del prodotto mantenendo un vincolo funzionale che renda significativa la comparazione. L'obiettivo non è assumere che il digitale sia intrinsecamente più “instabile”, ma predisporre un impianto empirico capace di verificare, sui dati brevettuali, se e come l'introduzione di elettronica e software sia associata a convergenze più rapide, a durate differenti delle configurazioni prevalenti e a segnali di sostituzione più frequenti, evitando determinismi a priori (Yoo et al., 2010; Porter et al., 2014; Nambisan et al., 2017).

3.3 Costruzione della query di ricerca

La qualità del patent scanning dipende in modo diretto dalla qualità delle query: la query non è un passaggio operativo “a monte”, bensì il punto in cui il dominio tecnologico viene reso osservabile e, quindi, il luogo in cui si determinano i confini dell'evidenza empirica che verrà poi analizzata. Una query, per essere utilizzabile in modo rigoroso, deve essere al tempo stesso completa e complessa: completa, perché deve intercettare le principali denominazioni e varianti linguistiche del prodotto, complessa, perché deve includere vincoli sufficienti a ridurre ambiguità semantiche, falsi positivi e contaminazioni con domini adiacenti. Nel caso di Patent Inspiration, la costruzione delle query si fonda sull'uso controllato dell'operatore booleano OR, di parentesi per governare la precedenza logica, virgolette per fissare espressioni composte e wildcard (in particolare “**”) per catturare

declinazioni e varianti di uno stesso lemma. In aggiunta, l'impostazione adotta una logica di scomposizione in blocchi: un primo blocco, TITLE, orientato al riconoscimento del prodotto (attraverso sinonimi e denominazioni tipiche), un secondo blocco, AND, che ancora la ricerca a lessico tecnico-funzionale coerente con l'oggetto (componenti, sottosistemi, funzioni ricorrenti) e un terzo blocco di esclusione, NOT, volto a eliminare risultati sistematicamente fuorvianti (settori applicativi non pertinenti, contesti d'uso estranei, brevetti centrati su processi o metodi produttivi anziché sul prodotto). Coerentemente con questa impostazione, nel documento di progetto a ciascuna query è associato il numero di risultati ottenuti alla data dell'estrazione, utilizzato come riscontro di plausibilità e come guida iterativa per affinare i termini in inclusione ed esclusione. Operativamente, l'interrogazione è stata differenziata per campi testuali: il blocco TITLE è stato ricercato esclusivamente nel campo "Title", così da utilizzare il titolo come ancora semantica primaria e ridurre la dispersione generata da occorrenze casuali dei sinonimi in contesti descrittivi più ampi, al contrario, i blocchi AND e NOT sono stati applicati con ricerca estesa nei campi "Title", "Abstract" e "Description", poiché la funzione di tali termini non è denominativa, bensì qualificante e correttiva, e richiede di intercettare componenti, funzioni e contesti d'uso che vengono tipicamente esplicitati con maggiore dettaglio nell'abstract e nella descrizione.

All'interno di questo impianto, alcune parole chiave assumono un ruolo trasversale perché consentono di marcare, in modo robusto e replicabile, l'appartenenza del prodotto alla categoria digitale o non digitale. Nelle query relative ai prodotti digitali ricorrono termini comuni quali "digital", "smart", "software", "sensor*", "wireless" e "bluetooth". Questi termini sono utilizzabili trasversalmente perché intercettano proprietà abilitanti tipiche della digitalizzazione che, pur declinandosi in modi differenti a seconda del prodotto, restano strutturalmente ricorrenti: la presenza di sensoristica e acquisizione dati ("sensor*"), la trasformazione dell'informazione tramite logiche di elaborazione e controllo che vengono spesso formalizzate come componenti software ("software"), e l'integrazione del prodotto in un perimetro di connessione e interfacciamento ("wireless", "bluetooth"), che rende praticabili funzioni di comunicazione, aggiornamento, coordinamento o interazione con altri dispositivi. In questa logica, tali termini non descrivono una "feature" specifica, ma identificano l'ingresso di sottosistemi generici (sensing, computing, connettività) che accomunano gran parte dei prodotti digitali e che, proprio per questo, rappresentano marcatori utili a garantire coerenza interna al dataset digitale, al tempo stesso, la digitalizzazione di molti prodotti consumer genera aree grigie in cui alcune

soluzioni possono collocarsi al confine tra “digitale” e “non digitale”, rendendo metodologicamente rilevante esplicitare un rischio residuo di casi borderline che richiedono controllo interpretativo a valle.

Simmetricamente, nelle query dei prodotti non digitali l’identificazione non è affidata tanto all’inserimento di una singola etichetta positiva, quanto alla costruzione di un filtro negativo stabile che riduca la commistione con varianti digitalizzate o “smart” dello stesso oggetto. Per questo motivo, in modo ricorrente vengono esclusi termini come “digital”, “smart”, “software”, “sensor*”, “wireless”, “bluetooth”, spesso insieme a lemmi che tendono a spostare la ricerca su brevetti non centrati sul prodotto fisico (ad esempio “process*”, “method*”, “manufactur*”). La razionalità di questa scelta è metodologica prima ancora che descrittiva: l’obiettivo non è dimostrare l’assenza di elettronica o informatica in ogni singolo documento, ma costruire un perimetro di ricerca che, con alta probabilità, intercetti soluzioni fondate su principi e componenti prevalentemente meccanici/analogici o comunque non basati su elaborazione digitale, evitando che nel dataset confluiscono brevetti relativi a controlli elettronici, sensori, connettività o software applicativo che trasformerebbero l’oggetto in una variante ibrida. In altri termini, mentre le query digitali utilizzano un lessico abilitante per includere l’universo delle soluzioni in cui l’informazione è trattata come risorsa progettuale, le query non digitali utilizzano un lessico di esclusione per preservare l’omogeneità del confronto, riducendo interferenze dovute a prodotti di transizione, accessori digitali o implementazioni “smart” che non appartengono più al paradigma non digitale. Nonostante ciò, la costruzione per esclusione non azzerava completamente la contaminazione: permane un rischio residuo per cui alcuni brevetti riferiti a versioni parzialmente “digitalizzate” possono restare nel dataset non digitale anche in presenza dei filtri NOT, così come alcune soluzioni digitali possono presentare caratteristiche ibride o marginali rispetto ai marcatori trasversali adottati, per tale ragione, l’interpretazione dei risultati è stata condotta assumendo che l’accuratezza della query riduce il rumore, ma non elimina la necessità di un controllo critico sulle traiettorie osservate.

Di seguito si riportano, per ciascun prodotto, le query utilizzate per l’estrazione dei brevetti e i relativi risultati alla data dell’interrogazione. Per le coppie film camera e digital camera, scelte come casi esemplificativi, viene inoltre motivata la selezione dei termini specifici inseriti nelle diverse sezioni della query.

Film camera (fotocamera a pellicola): la ricerca ha prodotto 970 brevetti pubblicati dal

1925 ad oggi.

TITLE ("film camera" OR "analog* camera" OR "35mm camera" OR "SLR camera" OR "single lens reflex" OR "instant camera" OR polaroid OR "non-digital camera" OR “nondigital camera” OR "non digital camera")

AND (camera OR apparatus OR device OR casing OR housing OR enclosure OR lens OR shutter OR aperture OR film OR viewfinder OR focus* OR wind* OR rewind* OR exposure OR flash OR body OR grip OR zoom OR mirror OR "optical system")

NOT (digital OR electronic OR CCD OR CMOS OR sensor* OR smartphone OR “mobile phone” OR tablet OR computer OR "video camera" OR camcorder OR industrial OR medical OR military OR surveillance OR process* OR manufactur* OR method* OR software OR app* OR smartphone OR toy OR education* OR vehicle OR “device for” OR software OR smart)

La query relativa alla film camera è impostata per ricondurre l’oggetto osservato al paradigma fotochimico, assicurando copertura sulle principali denominazioni d’uso e, al contempo, riducendo l’interferenza di domini adiacenti. Nel blocco TITLE, l’accoppiata tra “film camera” e “analog* camera” intercetta sia la denominazione più immediata sia le varianti linguistiche più ricorrenti legate alla natura analogica del dispositivo, l’inserimento di “35mm camera” introduce un riferimento standard al formato più diffuso e consente di catturare quei brevetti che identificano il prodotto tramite lo standard del supporto. “SLR camera” e “single lens reflex” sono inclusi perché richiamano una famiglia architettonica ben riconoscibile, frequentemente esplicitata nei titoli quando l’innovazione riguarda elementi specifici del corpo macchina e della catena ottica, “instant camera” e “polaroid” ampliano coerentemente il perimetro al sottodominio delle fotocamere istantanee, che appartengono al medesimo paradigma ma sono spesso descritte con terminologia dedicata. Le espressioni “non-digital camera” nelle diverse grafie fungono infine da ulteriore ancora semantica nei casi in cui il brevetto definisce l’oggetto per contrasto con soluzioni di natura diversa. Nel blocco AND, la selezione lessicale è orientata ad ancorare la ricerca a componenti e operazioni tipiche della fotocamera a pellicola, così da aumentare la precisione del dataset senza restringere eccessivamente l’universo delle soluzioni. “lens”, “shutter” e “aperture” circoscrivono l’oggetto all’architettura ottico-meccanica, “film” mantiene la continuità con il supporto fotosensibile, “viewfinder”, “focus*” ed “exposure” richiamano funzioni fondamentali della fotografia tradizionale. Particolarmente selettivi risultano “wind*” e “rewind*”, che rimandano alle operazioni di avanzamento e riavvolgimento del rullino e permettono di intercettare brevetti centrati su cinematismi e soluzioni meccaniche

specifiche del paradigma fotochimico. “mirror” rafforza l’aderenza alle architetture reflex, “flash” e “zoom” includono innovazioni su sottosistemi e accessori funzionali, “body” e “grip” consentono di catturare anche interventi progettuali su packaging ed ergonomia del prodotto consumer. L’espressione “optical system” completa l’ancoraggio, intercettando descrizioni più sistemiche dell’insieme ottico.

Nel blocco NOT, oltre ai filtri trasversali già esplicitati nella parte generale del paragrafo, vengono introdotte esclusioni mirate che evitano slittamenti verso contesti tecnologici contigui o verso oggetti in cui la “camera” non coincide con la fotocamera come prodotto principale. “CCD” e “CMOS” eliminano risultati in cui l’acquisizione è ricondotta esplicitamente a famiglie di sensori, “smartphone”, “mobile phone”, “tablet” e “computer” riducono la presenza di moduli camera integrati in dispositivi ICT, “video camera” e “camcorder” filtrano il dominio della ripresa video, caratterizzato da traiettorie tecniche parzialmente differenti. L’esclusione di “industrial” e “surveillance” riduce applicazioni specialistiche (visioni industriali, sorveglianza) che, pur potendo impiegare ottiche e “camera”, rispondono a vincoli e logiche progettuali non omogenee rispetto al prodotto consumer. Infine, “app*”, “toy”, “education*”, “vehicle” e l’espressione “device for” contribuiscono a limitare rispettivamente contaminazioni dovute a componenti software/accessori, applicazioni ludico-didattiche, contesti automotive e formulazioni titolative generiche che tendono a generare falsi positivi. In questo modo, la query mantiene un perimetro coerente e leggibile per la successiva interpretazione longitudinale del dataset.

Digital camera (fotocamera digitale): la ricerca ha prodotto 3577 brevetti pubblicati dal 1977 ad oggi.

TITLE ("digital camera" OR "electronic camera" OR "CCD camera" OR "CMOS camera" OR "digital still camera" OR "digital imaging device" OR "camera module" OR "camera phone" OR "web camera")

AND (camera OR apparatus OR device OR housing OR casing OR enclosure OR lens OR shutter OR aperture OR sensor* OR CCD OR CMOS OR process* OR DSP OR memory OR storage OR flash OR display OR screen OR LCD OR LED OR viewfinder OR connect* OR wireless OR Bluetooth OR WiFi OR USB OR HDMI OR body OR grip OR zoom OR mirror OR “optical system” OR digital OR software OR smart)

NOT (film OR analog* OR polaroid OR cartridge OR cassette OR medical OR military OR surveillance OR manufactur* OR method* OR app* OR toy OR education* OR vehicle OR “x-ray” OR “device for” OR analog* OR education*)

La query relativa alla digital camera è strutturata per coprire in modo sistematico le differenti denominazioni con cui la fotocamera digitale viene identificata nella documentazione brevettuale e, contemporaneamente, per ancorare la ricerca alla catena tecnologica tipica dell'imaging digitale, distinguendola dal paradigma fotochimico e da domini applicativi non pertinenti. Nel blocco TITLE, oltre alla denominazione diretta "digital camera", l'inclusione di "electronic camera" consente di intercettare brevetti che qualificano la fotocamera in termini di acquisizione elettronica, soprattutto in periodi o contesti in cui l'etichetta "digital" non è sempre usata in modo esplicito. I termini "CCD camera" e "CMOS camera" rafforzano l'aderenza al dominio attraverso il richiamo alle principali famiglie di sensori, frequentemente richiamate nei titoli quando l'innovazione riguarda l'acquisizione, l'architettura del sensore o la sua integrazione con l'ottica. "digital still camera" contribuisce a mantenere il focus sull'immagine statica, limitando lo slittamento verso dispositivi orientati prevalentemente alla ripresa video. L'espressione "digital imaging device" amplia il perimetro ai dispositivi di acquisizione e formazione dell'immagine che possono essere denominati come "imaging device" anziché "camera", mentre "camera module" intercetta il sottodominio dei moduli integrabili, rilevante per l'evoluzione verso architetture compatte e per la diffusione della fotocamera come sottosistema embedded. Infine, "camera phone" e "web camera" consentono di includere due declinazioni in cui il lessico brevettuale tende a essere fortemente caratterizzato (telefonia e webcam), evitando che queste traiettorie restino sottorappresentate per ragioni puramente terminologiche.

Nel blocco AND, eliminando i marcatori digitali già discussi nella parte generale, assumono rilievo i termini che descrivono la catena funzionale specifica della fotografia digitale: "CCD" e "CMOS" richiamano il sottosistema di sensore e, in combinazione con "DSP", orientano la ricerca verso brevetti in cui l'elaborazione del segnale è parte integrante della proposta inventiva. "process*" è inserito per catturare l'ampia famiglia di formulazioni legate al processing dell'immagine (ad esempio pre-processing, post-processing, compressione, riduzione del rumore, autofocus digitale), tipicamente centrali nei brevetti di imaging. "memory" e "storage" sono coerenti con la natura informazionale del prodotto, poiché la fotografia digitale richiede gestione, buffering e memorizzazione dei dati acquisiti. In modo complementare, "display", "screen", "LCD" e "LED" intercettano la dimensione di visualizzazione integrata, che differenzia il prodotto digitale sia per interfaccia utente sia per architettura complessiva. La presenza di "WiFi", "USB" e "HDMI" specifica ulteriormente la dimensione di interfacciamento e trasferimento: WiFi amplia la connettività oltre

Bluetooth, USB intercetta i canali di collegamento per trasferimento dati e alimentazione, HDMI è indicativo dei casi in cui la fotocamera dialoga con dispositivi esterni (monitor/TV) e in generale dei brevetti orientati all'output video o alla compatibilità con standard di interfaccia. La permanenza di termini ottico-meccanici come "lens", "shutter", "aperture", "viewfinder", "mirror" e "optical system" è metodologicamente rilevante perché impedisce che la query diventi una ricerca sul solo sottosistema elettronico: in questo modo, il dataset include anche innovazioni che, pur collocate nel paradigma digitale, intervengono su componenti ottiche o meccaniche del prodotto.

Nel blocco NOT, oltre ai filtri trasversali già discussi, compaiono esclusioni mirate che preservano la distinzione tra paradigma digitale e non digitale e riducono contaminazioni da domini contigui. "film", "analog*" e "polaroid" eliminano esplicitamente la fotografia su supporto fotochimico e le sue varianti istantanee. "cartridge" e "cassette" funzionano come filtri pragmatici contro risultati in cui la fotocamera è associata a supporti o contenitori non pertinenti, spesso fonte di rumore per sovrapposizioni terminologiche con altri settori. L'esclusione di "x-ray" è cruciale per evitare che la ricerca inglobi il dominio dell'imaging radiologico, in cui termini come "camera" e "imaging device" possono comparire ma rispondono a logiche progettuali e regolatorie estranee al mercato consumer. Infine, "device for" riduce titolazioni generiche che tendono ad ampliare artificialmente il dataset includendo brevetti accessori o non centrati sulla fotocamera come prodotto. In sintesi, la query è costruita per bilanciare ampiezza terminologica e precisione tecnologica, mantenendo il dataset coerente con la traiettoria della fotografia digitale e con la successiva analisi longitudinale delle configurazioni prevalenti.

Cyclone vacuum cleaner (aspirapolvere a separazione ciclonica): la ricerca ha prodotto 15190 brevetti pubblicati dal 1906 ad oggi.

TITLE ("cyclon* vacuum " OR "cyclon* dust collector*" OR "bagless vacuum cleaner" OR "vacuum clean*")

AND (apparatus OR device OR housing OR body OR casing OR dustbin OR bin OR motor OR nozzle OR suction OR filter OR cyclon* OR airflow OR separator*)

NOT (digital OR automatic* OR autonomous OR robot* OR navigation OR "swimming pool" OR mower OR manufactur* OR surveillance OR underwater OR toy OR education* OR medical OR vehicle OR "central vacuum" OR "device for" OR "for a vacuum cleaner" OR electronic OR smart OR software OR process* OR method* OR military)

Robot vacuum cleaner (aspirapolvere robot): la ricerca ha prodotto 3825 brevetti

pubblicati dal 1987 ad oggi.

TITLE ("autonomous floor clean*" OR "robot* vacuum cleaner" OR "autonomous clean*" OR "autonomous floor clean*" OR "robot* clean*" OR "robot* floor clean*" OR "robot* vacuum" OR "self-propelled cleaning robot" OR "self-propelled floor cleaning robot" OR "clean* robot*")

AND (digital OR smart OR software OR apparatus OR device OR housing OR body OR chassis OR brush OR roller OR nuzzle OR suction OR dustbin OR bin OR sensor* OR navigation OR wheel OR motor OR control OR process* OR software OR wireless OR Bluetooth)

NOT (cyclon* OR "bagless vacuum cleaner" OR "carpet washer" OR "central vacuum" OR washing OR shampooing OR "swimming pool" OR lawn OR mower OR drone OR manufacturing OR surveillance OR underwater OR toy OR education* OR medical OR vehicle OR "for a vacuum" OR system OR manufactur* OR method* OR analog* OR military OR toy OR education*)

Analogue radio receiver (ricevitore radio analogico): la ricerca ha prodotto 495 brevetti pubblicati dal 1924 ad oggi.

TITLE ("analog* radio" OR "AM radio receiver" OR "FM radio receiver" OR "shortwave radio receiver" OR "superheterodyne receiver" OR "transistor radio" OR "crystal radio" OR "phonograph radio" OR "turntable radio")

AND (radio OR receiver OR apparatus OR device OR housing OR body OR casing OR antenna OR tuner OR oscillator OR amplifier OR demodulator OR detector OR loudspeaker OR headphone OR dial OR knob OR circuit)

NOT (digital OR "DAB" OR "HD radio" OR "signal processor" OR "DSP" OR "internet radio" OR "IP radio" OR "online streaming" OR process* OR memory OR storage OR manufactur* OR method* OR vinyl OR military OR medical OR toy or education* OR software OR smart)

Digital radio receiver (ricevitore radio digitale): la ricerca ha prodotto 378 brevetti pubblicati dal 1977 ad oggi.

TITLE ("digital radio" OR "DAB receiver" OR "digital audio broadcasting receiver" OR "digital tuner" OR "digital broadcast receiver" OR "software defined radio" OR SDR OR "satellite radio receiver" OR "internet radio receiver")

AND (radio OR receiver OR apparatus OR device OR housing OR body OR casing OR antenna OR tuner OR demodulator OR decoder OR DSP OR process* OR memory OR display OR loudspeaker OR headphone OR circuit OR control OR smart OR sensor* OR wireless OR Bluetooth OR software)

NOT (analog* OR AM OR FM OR shortwave OR superheterodyne OR "transistor radio" OR "crystal radio" OR cassette OR CD OR phonograph OR turntable OR computer OR smartphone OR mobile OR tablet OR system OR vehicle OR car OR toy OR education* OR medical OR military OR surveillance OR method* OR manufactur*)

Analogue TV receiver (televisore analogico/televisore con tubo catodico): la ricerca ha prodotto 2870 brevetti pubblicati dal 1932 al 2008.

TITLE ("analog* television" OR "analog* TV" OR "Cathode-Ray Tube")

AND (television OR TV OR "receiv*" OR apparatus OR device OR tuner OR display OR screen OR "electron gun" OR deflection OR tube OR anode OR NTSC OR SECAM)

NOT (digital OR DTV OR DVB OR ISDB OR ATSC OR DTMB OR process* OR manufactur* OR method* OR "device for" OR "for cathode" OR "for CRT" OR "suspension device*" OR "for analogue" OR military OR medical OR toy OR education* OR software OR smart)

Digital TV receiver (televisore digitale): la ricerca ha prodotto 863 brevetti pubblicati dal 1967 ad oggi.

TITLE ("digital television" OR "digital TV" OR DTV OR "smart television" OR "smart TV")

AND (television OR TV OR apparatus OR device OR system OR "receiv*" OR tuner OR encoder OR decoder OR screen OR display OR ISDB OR ATSC OR DTMB OR "set-top box" OR STB OR memory OR storage OR software OR process* OR control OR circuit OR LED OR OLED OR LCD OR plasma OR sensor* OR wireless OR bluetooth)

NOT (analog* OR NTSC OR SECAM OR manufactur* OR method* OR "device for" OR "suspension device*" OR "antenna" OR "for digital" OR military OR medical OR toy OR education*)

Blender (frullatore / robot da cucina elettromeccanico di base): la ricerca ha prodotto 1319 brevetti pubblicati dal 1904 ad oggi.

TITLE ("food processor" OR "kitchen processor" OR "culinary processor" OR "cooking machine" OR "kitchen machine" OR "food preparation machine" OR blender)

AND (food OR kitchen OR cooking OR apparatus OR device OR system OR meal OR ingredient* OR mix* OR chop* OR slic* OR cut* OR grat* OR shred* OR prepar* OR blade)

NOT (thermomix* OR smart OR digital OR connect* OR intelligent OR programm* OR robot* OR manufactur* OR method* OR sensor* OR process* OR control OR "for makeup" OR "blade for" OR military OR medical OR toy OR education* OR software)

Kitchen robot (robot da cucina digitale, es. Thermomix): la ricerca ha prodotto 504 brevetti pubblicati dal 1989 ad oggi.

TITLE (thermomix) OR (("robot*" OR "autonomous" OR automatic OR programmable OR smart OR intelligent OR digital) AND ("kitchen machine" OR "cooking machine" OR "food processor"))

AND (food OR kitchen OR cooking OR apparatus OR device OR system OR recipe OR meal OR ingredient* OR mix* OR chop* OR blend* OR slic* OR cut* OR grat* OR shred* OR prepar* OR tool* OR blade OR bowl OR motor OR display OR screen OR sensor* OR interface OR connect* OR software OR control OR weigh* OR heat* OR memory OR process* OR smart OR wireless OR bluetooth)

NOT (manufactur* OR method* OR "for smart" OR "for cooking" OR "for intelligent" OR analog* OR military OR medical OR toy OR education*)

Music cassette deck (registratore/lettore a cassette): la ricerca ha prodotto 3365 brevetti pubblicati dal 1958 ad oggi.

TITLE ("music cassette deck" OR "cassette tape deck" OR "compact cassette player" OR "cassette recorder" OR "tape deck" OR "tape cassette player" OR "cassette tape player" OR "cassette player")

AND (apparatus OR device OR housing OR body OR casing OR head OR motor OR capstan OR "pinch roller" OR "tape transport" OR playback OR recording OR reel OR cassette OR loudspeaker OR amplifier OR "equalization circuit" OR flywheel OR spindle)

NOT (CD OR compact disc OR digital OR MP3 OR DVD OR "Blu-ray" OR optical OR laserdisc OR turntable OR phonograph OR smartphone OR mobile OR computer OR process* OR method* OR vehicle OR "car audio" OR toy OR education* OR military OR medical OR manufactur* OR smart OR software)

CD player (lettore CD): la ricerca ha prodotto 1592 brevetti pubblicati dal 1951 ad oggi.

TITLE ("CD player" OR "disc player" OR "digital audio player" OR "digital music player" OR "optical disc player" OR "cd-reproduc*" OR "CD-ROM disc reproduc*" OR "cd audio")

AND (apparatus OR device OR housing OR casing OR enclosure OR photodetector* OR "optical pickup" OR laser OR lens OR motor OR tray OR drive OR process* OR decoder OR DAC OR amplifier OR speaker OR converter OR actuator OR jack OR display OR screen OR LCD OR control* OR play OR stop OR skip OR pause OR digital OR memory OR storage OR battery OR charger OR smart OR sensor* OR wireless OR Bluetooth OR software)

NOT (cassette OR tape OR reel OR walkman OR medical OR military OR toy OR education* OR method* OR manufactur* OR software OR app* OR "for digital" OR "for CD" OR analog*)

Mechanical scale (bilancia meccanica): la ricerca ha prodotto 1281 brevetti pubblicati dal

1874 ad oggi.

TITLE ("mechanical weighing scal*" OR "analog weighing scal*" OR "spring scal*" OR "dial scal*" OR "pointer scal*" OR "balance scal*" OR "beam balanc*" OR "platform balanc*" OR "mechanical balanc*" OR "manual weighing scal*" OR "weighing scal*")

AND (scale OR weigh* OR mass OR load OR balance OR measur* OR platform OR kitchen OR body OR bathroom OR baggage* OR luggage* OR dial OR lever OR pointer OR spring OR calibr* OR case)

NOT (digital OR electronic OR smart OR connect* OR intelligent OR programm* OR military OR medical OR toy OR education* OR sensor* OR process* OR manufactur* OR method* OR memory OR storage OR Bluetooth OR software)

Digital scale (bilancia digitale): la ricerca ha prodotto 2603 brevetti pubblicati dal 1949 ad oggi.

TITLE ("digital scale" OR "digital weighing scale" OR "electronic weighing scale" OR "electronic scale" OR "smart scale" OR "connected scale" OR "intelligent scale" OR "programmable scale" OR "sensor scale" OR "wireless scale" OR "digital balance" OR "electronic balance" OR "precision digital scale" OR "digital bathroom scale" OR "digital kitchen scale")

AND (digital OR scale OR weigh* OR mass OR load OR balance OR measur* OR platform OR kitchen OR body OR bathroom OR baggage* OR luggage* OR display OR screen OR connect* OR interface OR monitor* OR software OR sensor* OR process* OR control OR programm* OR memory OR storage OR Bluetooth OR smart OR wireless)

NOT (mechanical* OR analog* OR spring* OR dial* OR pointer* OR "balance scale" OR beam OR "platform balance" OR "traditional weighing scale" OR manual* OR manufactur* OR method* OR toy)

Nel loro insieme, le query sono quindi concepite come strumenti di costruzione del dataset e, indirettamente, dell'immagine del dominio: definiscono confini, riducono ambiguità e rendono comparabili i risultati tra prodotti diversi, proprio perché stabiliscono una grammatica comune che separa, con criteri replicabili, ciò che viene trattato come digitale da ciò che viene trattato come non digitale. Tale coerenza è particolarmente rilevante nella prospettiva della tesi: se l'obiettivo è misurare stabilità, transizioni e durata di configurazioni prevalenti su base brevettuale, la comparabilità tra dataset è una condizione necessaria. La query, in questo senso, è il primo livello di controllo della comparazione: non produce ancora l'interpretazione, ma determina la qualità e la pulizia dell'evidenza su cui

l'interpretazione verrà costruita.

3.4 Metodo Z-Score

All'interno di questa tesi il metodo Z-score è impiegato come operatore di standardizzazione statistica applicato a serie storiche brevettuali, con l'obiettivo di individuare in modo chiaro e comparabile i picchi temporali dell'attività di brevettazione lungo l'intera storia di ciascun prodotto. L'assunto che guida questa scelta è che un picco rappresenti un segnale sintetico di addensamento inventivo: un intervallo in cui il dominio registra un'intensificazione osservabile e, quindi, un candidato punto di svolta attorno a cui collocare l'emergere (o il consolidamento) di una configurazione tecnologica prevalente. Tale lettura è coerente con la cornice teorica sui cicli tecnologici e sui dominant design: nel modello di Abernathy e Utterback, la fase iniziale di fermento innovativo è caratterizzata da sperimentazione e varietà di soluzioni, mentre la convergenza verso un dominant design rappresenta un momento di consolidamento attorno a una configurazione prevalente, successivamente, la traiettoria tende a stabilizzarsi e l'attività brevettuale si riduce o si "normalizza", poiché una quota crescente di innovazioni successive si innesta sul paradigma dominante e riguarda miglioramenti incrementali, ottimizzazioni e adattamenti coerenti con tale configurazione (Abernathy e Utterback, 1978; Suarez et al., 1995). In questa tesi, dunque, lo Z-score non è utilizzato come mera trasformazione descrittiva, ma come strumento operativo per evidenziare gli addensamenti temporali che, per costruzione teorica, possono essere associati all'emergere (o al consolidamento) di una configurazione dominante.

Tale esigenza è particolarmente rilevante negli studi brevettuali di lungo periodo perché le fasi iniziali di un dominio tecnologico sono tipicamente caratterizzate da volumi ridotti: in questi intervalli, variazioni di poche unità possono produrre oscillazioni apparentemente anomale se interpretate direttamente sulla scala dei conteggi annuali. In altri termini, quando la base numerica è bassa, l'aumento o la diminuzione di un numero limitato di brevetti tende a generare scostamenti che rischiano di essere letti come segnali strutturali, pur riflettendo spesso una volatilità intrinseca alle fasi embrionali del ciclo tecnologico. La standardizzazione tramite Z-score risponde precisamente a questo problema: consente di riportare i valori osservati a una metrica adimensionale, espressa in unità di deviazione standard, attenuando l'effetto della scala e riducendo la probabilità di sovrainterpretare fluttuazioni spurie. La definizione di Z-score adottata è coerente con l'impostazione statistica dello standard score, inteso come distanza dell'osservazione dalla media normalizzata per la deviazione standard.

Operativamente, per ciascun anno t si definisce n_t come il numero di brevetti pubblicati nell'anno t all'interno del dataset di prodotto. La definizione generale dello Z-score è:

$$Z_t = \frac{x_t - \mu}{\sigma}$$

dove x_t rappresenta il valore osservato (o trasformato) nell'anno t , mentre μ e σ sono rispettivamente media e deviazione standard della serie considerata. Nel presente studio è stata valutata l'applicazione del metodo direttamente ai dati annuali ($x_t = n_t$), ma questa impostazione è risultata poco affidabile in termini di scostamento nelle fasi a bassa numerosità, proprio perché l'evidenza empirica risulta discretizzata e statisticamente instabile. Per questa ragione, si è considerata l'adozione di una media mobile preliminare, utilizzando finestre alternative di 3, 5, 7 o 9 anni, definendo quindi x_t come media mobile dei conteggi annuali su una finestra di ampiezza y . L'uso di una finestra breve (3 anni) aumenta la sensibilità e tende a essere più coerente con traiettorie di rapida evoluzione, mentre una finestra più ampia (9 anni) smussa maggiormente la serie ed è più adatta a dinamiche di cambiamento graduale. Poiché l'analisi richiede una scelta uniforme della finestra per tutti i prodotti, la decisione si è concentrata tra 5 e 7 anni, la finestra a 7 anni è risultata più robusta, in quanto la maggior parte dei prodotti osservati presenta un'evoluzione interpretabile come più lenta che rapida e, di conseguenza, beneficia di un livellamento maggiore senza perdere la leggibilità delle transizioni.

Accanto alla trasformazione statistica, è stato necessario esplicitare un criterio operativo per l'identificazione dei segnali temporali rilevanti nella serie standardizzata. In questa tesi uno scostamento anomalo è stato trattato come potenziale evidenza di fase di consolidamento (e, quindi, come candidato indicatore dell'emergere di un dominant design) quando, in lettura grafica, si osserva un picco che soddisfa due condizioni congiunte. La prima condizione è di soglia: il valore Z_t deve essere strettamente maggiore di 1, cioè superiore di almeno una deviazione standard rispetto alla media della serie considerata. La seconda condizione è di località: il picco deve essere preceduto e seguito da due osservazioni (o punti) con valori inferiori a 1, così da configurare un massimo locale netto e ridurre il rischio di interpretare come anomalo un tratto semplicemente elevato ma parte di una fase prolungata di crescita. In altri termini, l'analisi non assume che ogni valore elevato corrisponda a un evento strutturale, ma vincola l'interpretazione a configurazioni in cui la dinamica presenta un'evidente intensificazione temporale, separata da fasi relativamente meno intense. In coerenza con la cornice di Abernathy e Utterback, tali picchi vengono quindi letti come potenziali "snodi" di convergenza: attorno a essi è plausibile collocare

l'emergere del dominant design, mentre negli anni successivi la riduzione dell'intensità brevettuale è interpretata come segnale della fine del fermento esplorativo e dell'avvio di una fase in cui la maggior parte dei nuovi brevetti si sviluppa entro il perimetro del paradigma dominante (Abernathy e Utterback, 1978, Suarez et al., 1995).

Un ulteriore presidio di robustezza è stato introdotto nella fase interpretativa dei risultati. Per evitare che anni con attività brevettuale estremamente ridotta potessero generare picchi standardizzati formalmente elevati ma sostanzialmente deboli sul piano empirico, si è scelto di non considerare come evidenza utile all'identificazione di un dominant design gli scostamenti che ricadono in anni con meno di quattro brevetti pubblicati. Questa soglia non ha la funzione di "correggere" i dati, ma di vincolare l'interpretazione: al di sotto di tale livello la serie tende a essere troppo rarefatta perché un massimo locale possa essere trattato come segnale robusto di configurazione dominante. In questa logica, la soglia agisce come filtro conservativo rispetto a segnali prodotti da numeri troppo piccoli, rafforzando l'affidabilità del collegamento tra picchi standardizzati e cambiamenti effettivamente rilevanti nella traiettoria tecnologica osservata.

Sul piano della collocazione metodologica, l'uso di procedure di standardizzazione basate su media e deviazione standard è coerente con pratiche consolidate nelle analisi quantitative su dati di citazione e, più in generale, in contesti in cui la comparabilità nel tempo è ostacolata da bias strutturali. In ambito brevettuale, Mariani et al. (2019) mostrano che una metrica di centralità temporaneamente riscalata migliora l'identificazione precoce di brevetti importanti proprio perché incorpora una normalizzazione che rende confrontabili punteggi prodotti in epoche diverse, attenuando distorsioni legate al tempo di accumulo delle citazioni. Analogamente, Triulzi et al. (2020) discutono esplicitamente la necessità di normalizzare predittori derivati da dati brevettuali per controllare fattori confondenti introdotti da dinamiche di brevettazione variabili nel tempo, confermando che le letture longitudinali richiedono trasformazioni statistiche che rendano i segnali comparabili. Pur non coincidenti con l'operazione svolta in questa tesi (che lavora su conteggi e loro standardizzazione), tali contributi supportano la scelta dello Z-score come trasformazione coerente quando l'obiettivo è isolare scostamenti interpretabili lungo una traiettoria storica affetta da eterogeneità temporale. In questa prospettiva, l'adozione dello Z-score non è trattata come un espediente grafico, ma come un dispositivo di comparabilità che rende possibile un'interpretazione più controllata delle discontinuità nei pattern di brevettazione. Nel complesso, il metodo Z-score si è dimostrato robusto nel ridurre l'effetto della bassa

numerosità iniziale e nel rendere più stabile l'individuazione di intervalli temporalmente rilevanti. Al tempo stesso, proprio perché fondato su conteggi e scostamenti statistici, lo Z-score non è stato considerato sufficiente, da solo, per sostenere l'identificazione delle configurazioni dominanti e soprattutto per argomentarne la durata: esso segnala intensificazioni e rarefazioni dell'attività brevettuale, ma non qualifica direttamente la persistenza tecnologica delle soluzioni né la loro capacità di strutturare il dominio. Per tale ragione, l'analisi è stata integrata con lo studio delle forward citations, che consente di osservare l'impatto e la continuità tecnologica dei brevetti nel tempo e che viene approfondito nel paragrafo successivo.

3.5 Metodo Forward Citations

Nel presente lavoro l'analisi delle forward citations è introdotta come secondo asse metodologico, complementare alla lettura basata su Z-score. Se la standardizzazione statistica consente di individuare, in termini comparabili, fasi di intensificazione o rarefazione dell'attività brevettuale, lo studio delle citazioni in avanti permette di qualificare tale dinamica rispetto alla capacità di alcune soluzioni di strutturare il dominio nel tempo. In questa prospettiva, per forward citations si intende il numero di citazioni che un brevetto riceve da brevetti successivi, e il loro utilizzo è consolidato nella letteratura come proxy della rilevanza tecnologica e dell'impatto potenziale delle invenzioni, pur con le cautele interpretative proprie di un indicatore costruito entro un contesto giuridico-procedurale (Trajtenberg, 1990, OECD, 2009). L'OECD Patent Statistics Manual esplicita, infatti, che le citazioni in avanti sono frequentemente impiegate come misura dell'impatto tecnologico, poiché il richiamo di un documento come prior art in domande successive segnala che tale conoscenza codificata è entrata nel perimetro cognitivo e regolatorio che delimita lo spazio inventivo futuro (OECD, 2009).

La scelta di adottare le forward citations in questa tesi risponde a una motivazione specifica: l'identificazione di configurazioni dominanti e della loro durata richiede non soltanto di osservare "quanto" si brevetta in un certo periodo, ma anche di comprendere se e come alcune soluzioni diventino punti di riferimento ricorrenti per sviluppi successivi. In termini operativi, l'attenzione viene quindi spostata dalla sola intensità della produzione brevettuale alla persistenza dei riferimenti tecnologici: un brevetto che riceve citazioni in avanti in modo sistematico tende a comportarsi, nella rappresentazione empirica, come un nodo di ancoraggio attorno al quale si organizzano soluzioni successive, mentre lo spostamento dei riferimenti citazionali può segnalare transizioni e riorientamenti. Questa impostazione è

coerente con l'interpretazione classica delle citazioni brevettuali come traccia (imperfetta ma informativa) dei flussi di conoscenza e del valore relativo delle invenzioni (Trajtenberg, 1990; Lanjouw et al., 2004).

Dal punto di vista procedurale, l'analisi è stata costruita selezionando, per ciascun prodotto, un sottoinsieme ristretto di brevetti ad alta rilevanza citazionale, identificati come quelli che storicamente hanno accumulato il maggior numero di forward citations all'interno del dataset. In questa tesi tali brevetti sono stati trattati come potenziali evidenze di configurazioni dominanti, assumendo come criterio di selezione una soglia relativa pari ad almeno l'1% del numero totale di brevetti pubblicati nel dominio considerato. Nel caso in cui la numerosità complessiva del dataset fosse inferiore a 1000 brevetti, l'applicazione della soglia percentuale avrebbe prodotto valori troppo bassi e scarsamente selettivi, per questo motivo è stata adottata una soglia minima uniforme, includendo nell'analisi tutti i brevetti che avessero ricevuto più di 10 citazioni in avanti. Inoltre, qualora in uno stesso anno risultassero pubblicati più brevetti che superano la soglia (percentuale o minima), l'analisi è stata condotta considerando unicamente il brevetto con il maggior numero di citazioni in avanti in quell'anno, così da evitare ridondanze e preservare la leggibilità della ricostruzione temporale (ad esempio, se nello stesso anno tre brevetti presentano rispettivamente 30, 24 e 50 citazioni, viene selezionato solo il brevetto con 50 citazioni). Tale scelta, dichiaratamente convenzionale, risponde a un compromesso metodologico: restringere l'attenzione ai brevetti più citati consente di ridurre la dispersione interpretativa tipica di domini molto popolati e di concentrare l'analisi su soluzioni che hanno mostrato una capacità empirica di "generare seguito", al contempo, mantenere un insieme non eccessivamente piccolo evita che l'immagine del dominio venga appiattita su pochissimi outlier. L'esito è una ricostruzione temporale in cui i brevetti selezionati vengono collocati lungo la serie storica e letti come potenziali marcatori di configurazioni che, almeno sul piano citazionale, hanno esercitato un ruolo di riferimento.

All'interno di questa ricostruzione, la dimensione temporale è trattata come elemento essenziale. Le forward citations, infatti, maturano nel tempo: i brevetti più recenti hanno avuto meno anni per accumulare citazioni e risultano quindi penalizzati nei conteggi grezzi, introducendo un bias strutturale noto nelle analisi citazionali (Hall et al., 2001; OECD, 2009). Per questa ragione, l'interpretazione dei profili citazionali è stata condotta con cautela, privilegiando una lettura coerente lungo finestre temporali confrontabili e, soprattutto, utilizzando l'informazione citazionale non come misura assoluta di valore, ma come

indicatore relativo di continuità e persistenza della conoscenza brevettata, in linea con le raccomandazioni metodologiche dell'OECD Patent Statistics Manual (OECD, 2009).

Un ulteriore elemento di cautela riguarda la natura procedurale delle citazioni brevettuali. A differenza delle citazioni accademiche, le citazioni nei brevetti sono prodotte entro un processo di esame e delimitazione della novità, e possono essere inserite da soggetti differenti (richiedente ed esaminatore), con prassi che variano tra uffici e sistemi. La letteratura ha mostrato che l'origine delle citazioni può incidere sul significato empirico dell'indicatore e che, in particolare nel contesto EPO, la componente "examiner-added" assume un ruolo rilevante (Crisuolo et al., 2008). In parallelo, contributi di sintesi e dataset OECD sulle citazioni europee e internazionali sottolineano la necessità di trattare con attenzione le eterogeneità istituzionali e procedurali quando si costruiscono indicatori citazionali comparativi (Webb et al., 2005; OECD, 2009). Anche i materiali metodologici di WIPO dedicati alla patent analytics richiamano esplicitamente l'utilità delle citazioni per costruire interpretazioni del campo tecnologico, evidenziandone al tempo stesso i principali vincoli e fonti di distorsione (WIPO, Patent Analytics Handbook, cap. "Patent Citations"). In questa tesi, tali limiti non sono trattati come obiezioni invalidanti, ma come cornice interpretativa: le forward citations vengono utilizzate come segnali di posizionamento e continuità all'interno del sistema brevettuale, non come misura diretta e completa dell'innovazione in senso assoluto.

La funzione specifica del metodo, nel disegno di ricerca, consiste nel rendere osservabile la stabilità tecnologica in modo complementare allo Z-score. In termini operativi, la lettura dei brevetti più citati è stata messa in relazione con gli intervalli temporali evidenziati dall'analisi Z-score, con l'obiettivo di verificare la coerenza tra "momenti" di intensificazione brevettuale e fasi in cui emergono, sul piano citazionale, brevetti che diventano riferimenti persistenti. In questa logica, le forward citations forniscono un livello informativo ulteriore: non segnalano soltanto che la produzione aumenta o diminuisce, ma mostrano se esistono soluzioni che catalizzano lo sviluppo successivo e per quanto tempo tale centralità rimanga stabile prima di essere sostituita o ridimensionata. Il risultato è una base empirica più adatta a discutere l'emergere di configurazioni dominanti, la loro durata e i segnali di destabilizzazione, evitando di assumere determinismi a priori e mantenendo l'interpretazione ancorata a evidenze osservabili nel tracciato citazionale e nella dinamica quantitativa complessiva.

4. Analisi e risultati ottenuti

Nel Capitolo 4 si presenta e si discute l'evidenza empirica su cui si fonda l'analisi comparativa della tesi, finalizzata a valutare come la digitalizzazione influenzi l'emersione e la durata dei dominant design. In coerenza con l'impianto teorico e con le scelte metodologiche definite nel Capitolo 3, la ricostruzione empirica è basata su dataset brevettuali estratti tramite Patent Inspiration a partire da query predefinite e applicate a coppie di prodotti comparabili (versione non digitale vs versione digitale), selezionate per coprire domini tecnologici eterogenei e orizzonti temporali differenti.

Il capitolo è organizzato in tre sezioni tra loro complementari. La prima fornisce una descrizione strutturata dei dati raccolti e delle trasformazioni effettuate per garantirne la leggibilità e la confrontabilità: per ciascun prodotto viene costruita una serie storica annuale dei brevetti pubblicati, successivamente standardizzata mediante Z-score calcolato su conteggi smussati con media mobile, così da evidenziare in modo robusto le fasi di intensificazione dell'attività brevettuale, in parallelo viene introdotta una seconda rappresentazione basata sulle forward citations, finalizzata a intercettare i brevetti che mostrano maggiore persistenza e centralità tecnologica nel dominio. La seconda sezione utilizza tale evidenza per identificare, per ogni prodotto, gli anni di emersione dei dominant design e per stimarne la durata media secondo un criterio operativo uniforme, evitando duplicazioni quando più brevetti superano la soglia citazionale nello stesso anno. La terza sezione integra e interpreta i risultati, discutendo la coerenza dei pattern osservati rispetto all'aspettativa teorica della tesi e mettendo in luce sia i casi in cui l'asimmetria tra digitale e non digitale è marcata, sia quelli in cui la differenza risulta più contenuta e richiede una lettura più attenta dei limiti e delle sensibilità degli indicatori impiegati.

Nel complesso, il seguente capitolo costituisce il passaggio centrale che collega l'impostazione concettuale alla verifica empirica: rende esplicita la base dati utilizzata, formalizza il processo di identificazione dei dominant design e costruisce le condizioni per una discussione comparativa dei meccanismi di stabilizzazione e transizione tecnologica nei prodotti digitali e non digitali.

4.1 Descrizione dei dati raccolti

Nel presente paragrafo i dati raccolti vengono descritti in modo sistematico, con l'obiettivo di chiarire la struttura dei dataset costruiti per ciascun prodotto e la logica con cui tali dataset vengono resi leggibili tramite rappresentazioni grafiche coerenti tra prodotti e nel tempo. In continuità con l'impostazione metodologica del Capitolo 3, per ogni prodotto il

dataset di base è costituito dall'insieme dei brevetti estratti tramite Patent Inspiration sulla base delle query definite al paragrafo 3.3, a partire da tale insieme, sono state costruite una serie storica annuale dei brevetti pubblicati e la relativa serie standardizzata tramite Z-score, calcolata sui conteggi annuali trasformati mediante media mobile con finestra a 7 anni. La rappresentazione associata allo Z-score riporta quindi la serie standardizzata e, coerentemente con le regole operative esplicitate al paragrafo 3.4, evidenzia i picchi identificati come scostamenti anomali, cerchiati quando $Z > 1$ e segnala con una X rossa gli anni in cui la numerosità dei brevetti pubblicati è inferiore a 4, che vengono trattati come evidenza non sufficientemente robusta ai fini interpretativi. Inoltre, per ridurre l'ambiguità nella lettura dei picchi, non vengono considerati come scostamenti anomali (e quindi non vengono assunti come segnali utili) i casi in cui un valore $Z > 1$ non configura un massimo locale netto, ossia non risulta preceduto e seguito da osservazioni inferiori a 1.

In parallelo, per qualificare i momenti rilevanti non solo in termini di intensità della brevettazione ma anche rispetto alla persistenza tecnologica delle soluzioni, è stata costruita una seconda rappresentazione centrata sulle forward citations. In questo caso, sovrapposto al grafico (giallo) rappresentante tutti i brevetti pubblicati ogni anno, vengono evidenziati gli anni in cui risultano pubblicati brevetti che raggiungono una soglia di forward citations pari ad almeno l'1% del numero totale di brevetti del dominio (con "X"). Nei casi in cui tale soglia risulterebbe eccessivamente bassa per via della limitata numerosità del dataset (meno di 1000 brevetti pubblicati), è stato mantenuto un presidio minimo fissando comunque la soglia operativa a 10 forward citations, così da evitare che l'evidenza grafica venga dominata da valori poco selettivi. Questa sezione descrive quindi come sono stati costruiti e rappresentati i dati, l'interpretazione dei pattern osservati (in termini di stabilità, transizioni e durata delle configurazioni prevalenti) viene sviluppata nel paragrafo successivo.

Fotocamere (camera). La prima coppia di prodotti analizzata è quella relativa alla camera, articolata in film camera (fotocamera a pellicola) e digital camera (fotocamera digitale). Con riferimento alla film camera, l'estrazione ha prodotto un dataset di 962 brevetti pubblicati nel periodo 1922–2025. Poiché le primissime fasi della serie storica sono caratterizzate da una numerosità estremamente ridotta (condizione che rende i conteggi annuali particolarmente instabili e amplifica la volatilità relativa) la serie è stata resa analizzabile e confrontabile attraverso la standardizzazione Z-score (Figura 3), calcolata sulla media mobile a 7 anni, impostando la lettura descrittiva a partire dall'intervallo in cui la brevettazione inizia a mostrare una continuità minima.

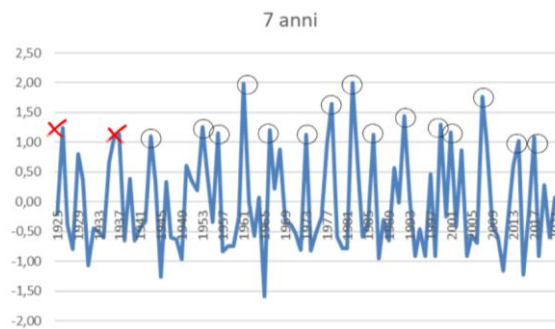


Figura 3 - Z-score

A integrazione della lettura basata su intensità e scostamenti standardizzati, per la film camera è stata costruita la rappresentazione relativa alle forward citations. Coerentemente con il criterio adottato, la soglia è stata definita come 1% del totale dei brevetti del dominio: nel caso film camera, 1% di 962 corrisponde a 9,6 e la soglia operativa è stata quindi fissata a forward citations ≥ 10 . Il grafico in figura 4 evidenzia, lungo la serie storica, gli anni di pubblicazione dei brevetti che soddisfano tale condizione, fornendo una base descrittiva dei dati citazionali.

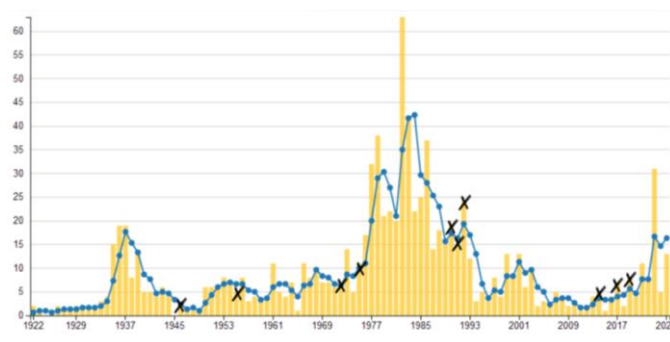


Figura 4 - Forward citations

Per quanto riguarda la digital camera, il dataset costruito include 3577 brevetti e copre un orizzonte temporale che, in base ai risultati della ricerca, inizia nel 1977 e si estende fino alla data di estrazione. Anche in questo caso la descrizione è articolata sulle due rappresentazioni complementari (Z-score, figura 5, e forward citations, figura 6), costruite secondo le convenzioni richiamate in apertura.

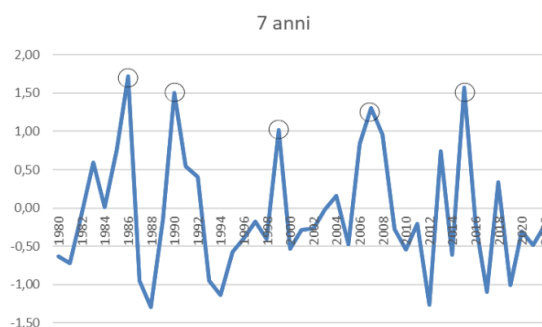


Figura 5 - Z-score

Per la componente citazionale, la soglia operativa è stata definita come 1% del totale dei brevetti del dataset: per la digital camera tale valore corrisponde a circa 36 forward citations (1% di 3577 \approx 35,8), e vengono quindi evidenziati gli anni in cui risultano pubblicati brevetti con forward citations \geq 36.

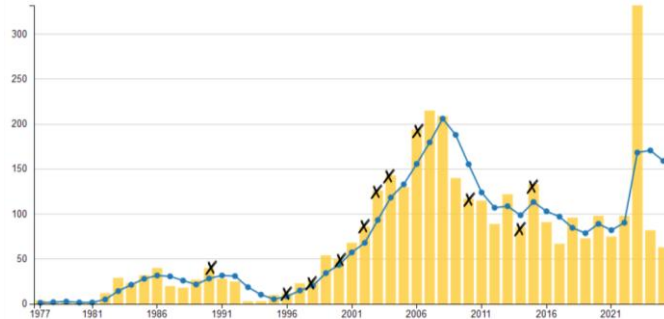


Figura 6 - Forward citations

Aspirapolvere (vacuum cleaner). La seconda coppia riguarda cyclone vacuum cleaner (aspirapolvere a separazione ciclonica) e robot vacuum cleaner (aspirapolvere robot). Per il cyclone vacuum cleaner il dataset comprende 15190 brevetti pubblicati dal 1906 fino alla data di estrazione, la serie Z-score e la relativa rappresentazione grafica (Figura 7) sono state costruite con la medesima procedura, così da mantenere la comparabilità con gli altri domini.

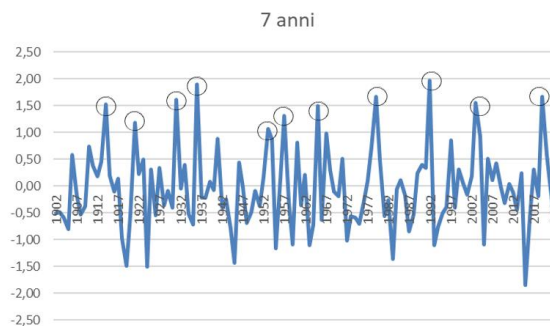


Figura 7 - Z-score

Per le forward citations (Figura 8), la soglia è pari all'1% del dataset: 1% di 15190 corrisponde a 151,9, vengono quindi evidenziati gli anni in cui sono pubblicati brevetti con forward citations \geq 152.

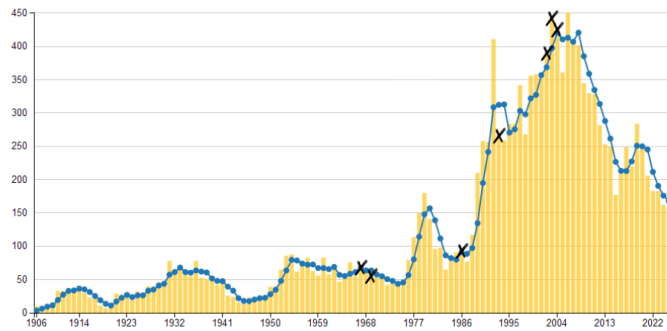


Figura 8 - Forward citations

Per il robot vacuum cleaner il dataset comprende 3825 brevetti pubblicati dal 1987 fino alla data di estrazione, anche qui la descrizione dei dati è resa attraverso la rappresentazione Z-score in figura 9.

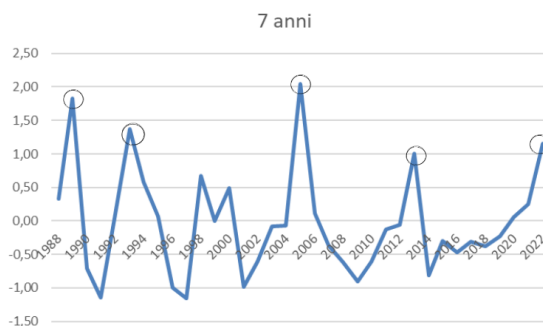


Figura 9 - Z-score

La soglia citazionale, definita come 1% del dataset, corrisponde a circa 39 forward citations (1% di 3825 \approx 38,25), vengono quindi evidenziati in figura 10 gli anni con brevetti a forward citations \geq 39.

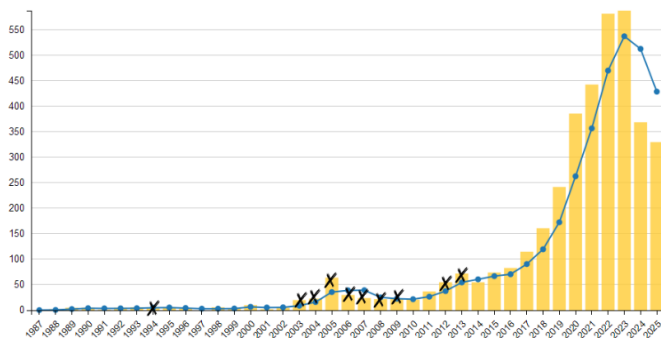


Figura 10 - Forward citations

Radio (radio receiver). La terza coppia riguarda analogue radio receiver (ricevitore radio analogico) e digital radio receiver (ricevitore radio digitale). Per l’analogue radio receiver il dataset include 494 brevetti pubblicati dal 1928 fino al 2022, rappresentati tramite Z-score (figura 11) secondo le convenzioni definite.

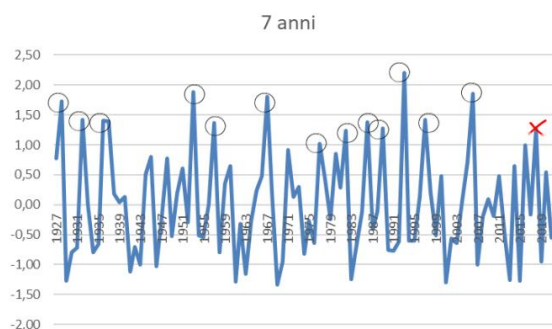


Figura 11 - Z-score

Poiché 1% di 494 corrisponde a 4,94, la soglia delle forward citations (Figura 12) è stata fissata mantenendo il presidio minimo ≥ 10 .

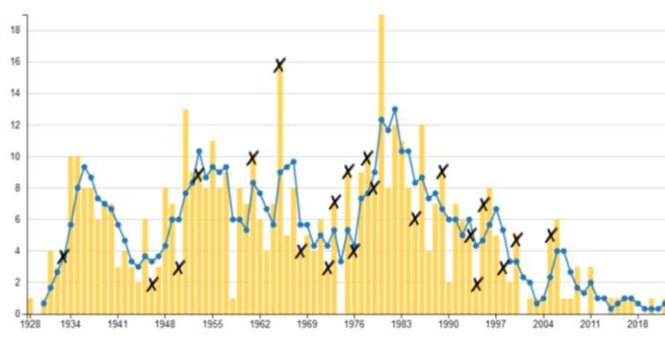


Figura 12 - Forward citations

Per il digital radio receiver il dataset include 378 brevetti pubblicati dal 1977 fino alla data di estrazione, anche in questo caso i dati sono resi leggibili tramite Z-score (Figura 13).



Figura 13 - Z-score

Analogamente, dato che 1% di 378 corrisponde a 3,78, è stata applicata la soglia minima: forward citations (Figura 14) ≥ 10 .

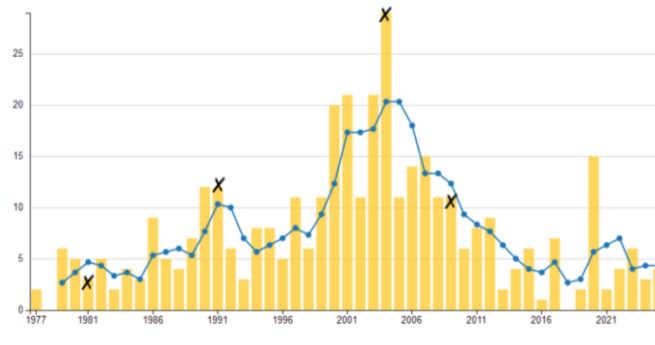


Figura 14 - Forward citations

Televisione (TV receiver). La quarta coppia riguarda analogue TV receiver (televisore analogico) e digital TV receiver (televisore digitale). Per l’analogue TV receiver il dataset include 2870 brevetti pubblicati nel periodo 1932–2008, la chiusura della serie nel 2008 riflette l’orizzonte temporale restituito dall’estrazione e risulta coerente con la fine della traiettoria brevettuale associata al paradigma analogico nel perimetro osservato. In figura 15 il risultato dell’analisi tramite il metodo Z-score

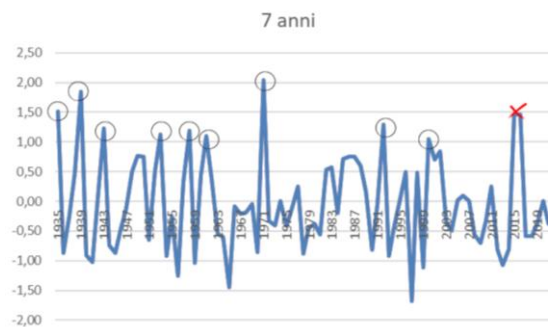


Figura 15 - Z-score

La soglia citazionale è pari a 1% del dataset: 1% di 2870 corrisponde a 28,7 e la soglia operativa è stata quindi fissata a forward citations (Figura 16) ≥ 29 .

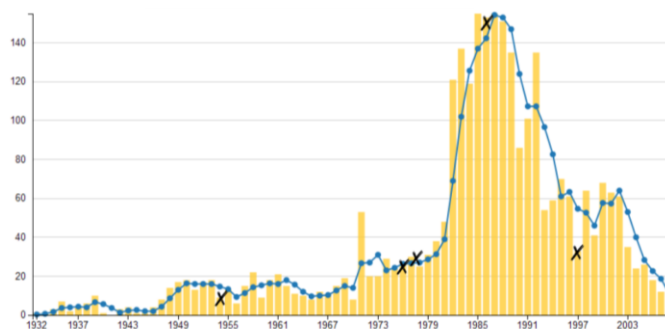


Figura 16 - Forward citations

Per il digital TV receiver il dataset include 863 brevetti pubblicati dal 1967 fino alla data di estrazione, la serie standardizzata è riportata di seguito (Figura 17).

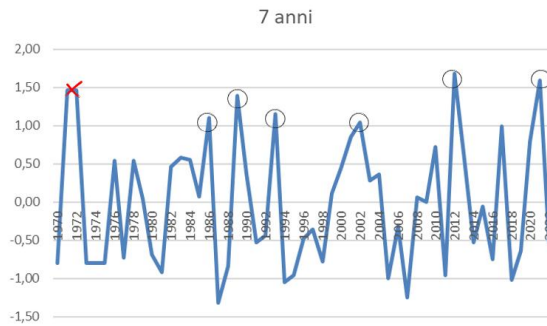


Figura 17 - Z-score

Poiché 1% di 863 corrisponde a 8,63, è stata applicata la soglia minima: forward citations (Figura 18) ≥ 10 .

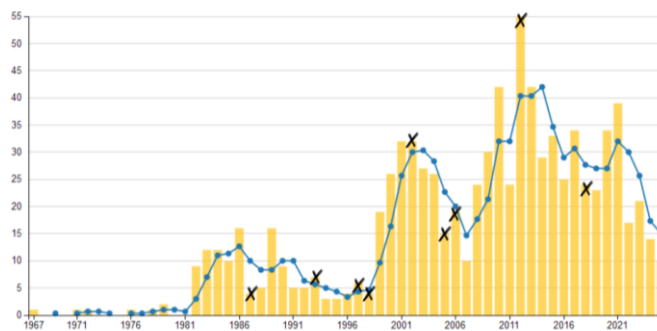


Figura 18 - Forward citations

Robot da cucina (food preparation). La quinta coppia riguarda blender (frullatore / robot da cucina elettromeccanico di base) e kitchen robot (robot da cucina digitale, es. Thermomix). Per il blender il dataset include 1319 brevetti pubblicati dal 1904 fino alla data di estrazione, la serie Z-score è riportata nella figura 19.

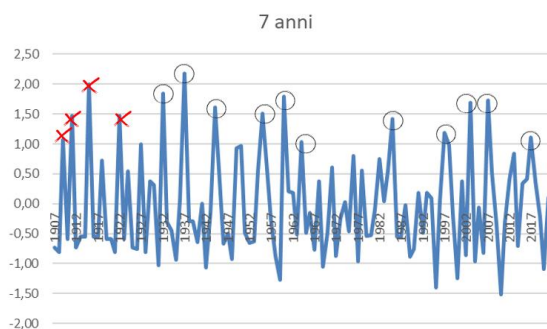


Figura 19 - Z-score

La soglia citazionale nell'analisi forward citations (Figura 20) è pari a 1% del dataset: 1% di 1319 corrisponde a 13,19 e la soglia operativa è stata fissata a forward citations ≥ 14 .

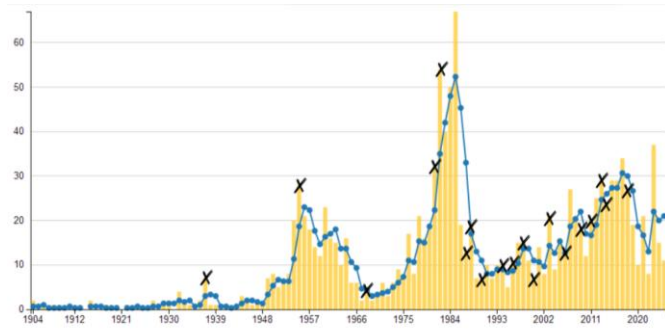


Figura 20 - Forward citations

Per il kitchen robot il dataset include 504 brevetti pubblicati dal 1989 fino alla data di estrazione, la rappresentazione Z-score è riportata nel grafico seguente (Figura 21).

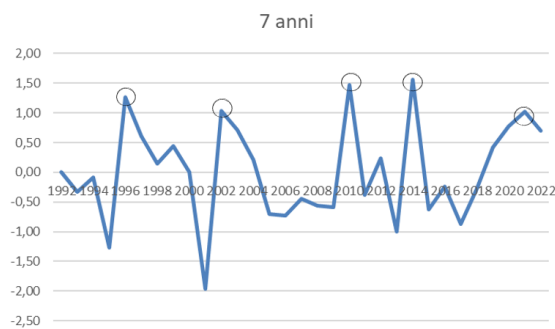


Figura 21 - Z-score

Poiché 1% di 504 corrisponde a 5,04, è stata applicata la soglia minima: forward citations (Figura 22) ≥ 10 .

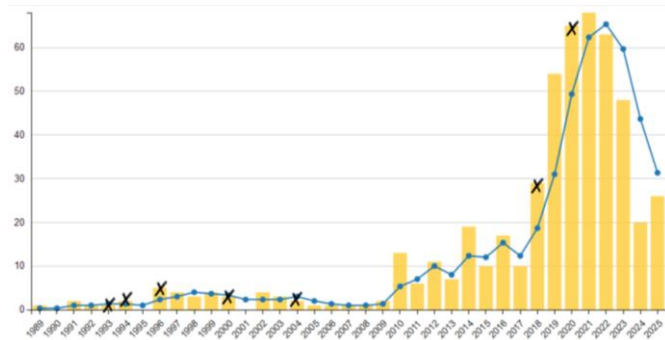


Figura 22 - Forward citations

Audio (supporti e riproduzione). La sesta coppia riguarda music cassette deck (registratore/lettore a cassette) e CD player (lettore CD). Per il music cassette deck il dataset include 3365 brevetti pubblicati dal 1958 fino alla data di estrazione, la serie Z-score è riportata in seguito (Figura 23).

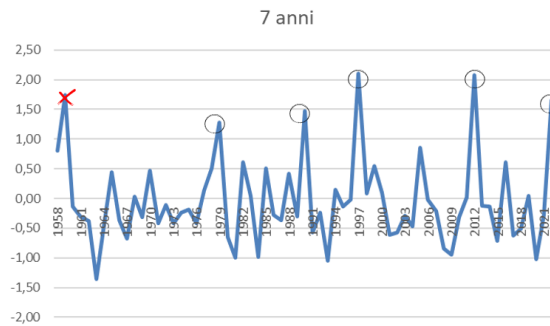


Figura 23 - Z-score

La soglia citazionale è pari a 1% del dataset: 1% di 3365 corrisponde a 33,65 e la soglia operativa è stata fissata a forward citations (Figura 24) ≥ 34 .

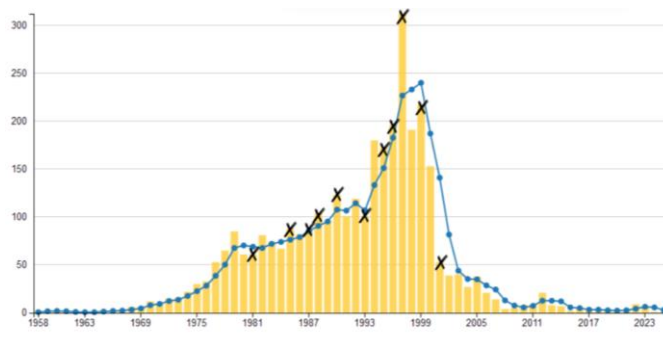


Figura 24 - Forward citations

Per il CD player il dataset include 1592 brevetti pubblicati dal 1951 fino alla data di estrazione, la rappresentazione Z-score è riportata nella figura 25.

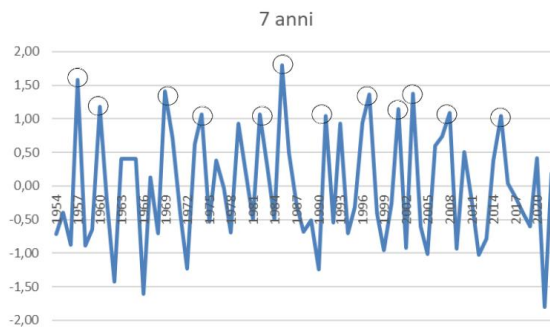


Figura 25 - Z-score

La soglia citazionale è pari a 1% del dataset: 1% di 1592 corrisponde a 15,92 e la soglia operativa è stata fissata a forward citations (Figura 26) ≥ 16 .

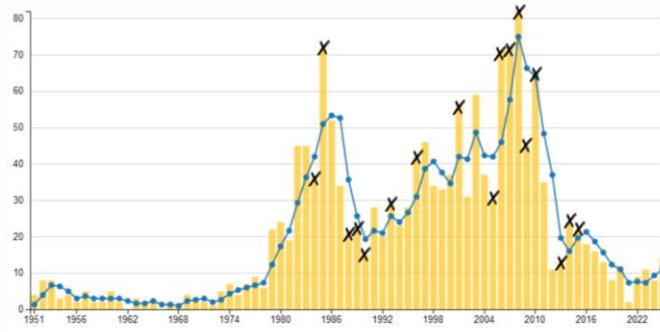


Figura 26 - Forward citations

Bilance (weighing scale). La settima coppia riguarda mechanical scale (bilancia meccanica) e digital scale (bilancia digitale). Per la mechanical scale il dataset include 1281 brevetti pubblicati dal 1874 fino alla data di estrazione, la serie Z-score è riportata nel grafico in figura 27.

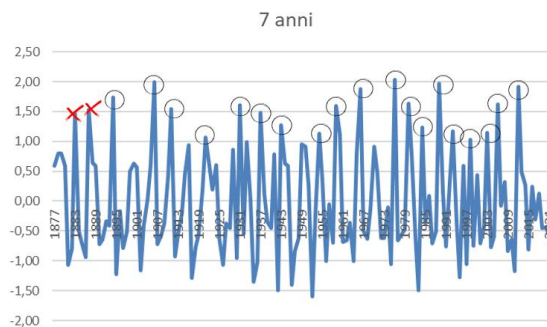


Figura 27 - Z-score

Nel grafico raffigurante le forward citations (Figura 28), la soglia citazionale è pari a 1% del dataset: 1% di 1281 corrisponde a 12,81 e la soglia operativa è stata fissata a forward citations ≥ 13 .

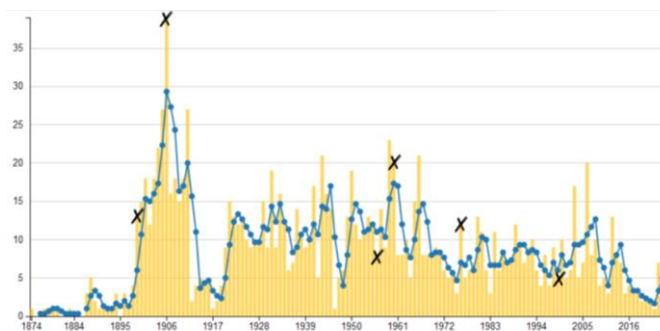


Figura 28 - Forward citations

Per la digital scale il dataset include 2603 brevetti pubblicati dal 1949 fino alla data di estrazione, la rappresentazione Z-score è riportata nella figura 29.

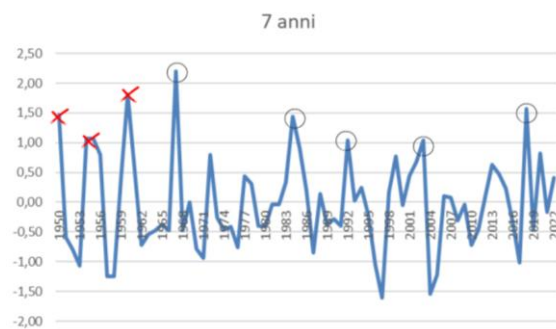


Figura 29 - Z-score

La soglia citazionale è pari a 1% del dataset: 1% di 2603 corrisponde a 26,03 e la soglia operativa è stata fissata a forward citations ≥ 27 (Figura 30).

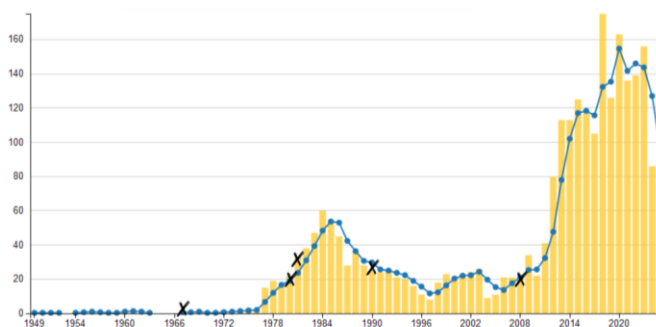


Figura 30 - Forward citations

Nel complesso, i dataset descritti in questa sezione costituiscono la base empirica comune per l'analisi comparativa sviluppata nel paragrafo successivo: la standardizzazione Z-score rende confrontabili nel tempo le intensificazioni dell'attività brevettuale, mentre la rappresentazione basata su forward citations consente di collocare, lungo la traiettoria storica di ciascun dominio, gli anni in cui emergono brevetti con maggiore rilevanza citazionale, predisponendo così una lettura integrata di intensità e persistenza senza anticiparne ancora l'interpretazione.

4.2 Identificazione Dominant Design per ogni coppia di prodotto

Nel presente paragrafo vengono definiti, per ciascuna coppia di prodotto, gli anni di emersione dei dominant design identificati e la relativa durata media calcolata sulla base delle evidenze brevettuali discusse nel paragrafo precedente. In coerenza con i criteri operativi introdotti nel capitolo metodologico, i dominant design vengono qui associati ai brevetti che, all'interno del dataset di ciascun prodotto, mostrano un livello di forward citations sufficiente a qualificarli come riferimenti tecnologici persistenti. Nel caso in cui, per una stessa tecnologia e per lo stesso anno, risultino pubblicati più brevetti che superano la soglia citazionale, l'analisi riporta unicamente il brevetto che singolarmente ha ottenuto

il maggior numero di forward citations, così da evitare duplicazioni e mantenere la lettura focalizzata sul documento più rappresentativo.

La durata media dei dominant design è calcolata secondo la seguente espressione:

$$DD = \frac{x_t - x_0}{n}$$

dove x_t indica l'anno dell'ultima estrazione (2025 per le tecnologie ancora in sviluppo oppure l'anno in cui si è considerato terminato lo sviluppo della tecnologia), x_0 indica l'anno in cui è emerso il primo dominant design e n indica il numero di dominant design emersi.

La prima coppia di prodotti analizzata è la fotocamera, differenziata fra fotocamera a pellicola e fotocamera digitale. Per quanto riguarda la fotocamera a pellicola i dominant design sono emersi nel 1946 (brevetto US2395828A), 1955 (brevetto US2704969A), 1975 (brevetto US3918072A), 1992 (brevetto JPH04194832A), 2014 (brevetto USD697122S) e 2017 (brevetto USD781363S). Di conseguenza la durata media dei dominant emersi dal 1946 ad oggi è pari a 13.2 anni. Per quanto riguarda le fotocamere digitali i dominant design sono emersi nel 1990 (brevetto JPH02179078A), 1996 (brevetto USD377034S), 1998 (brevetto USD389501S), 2002 (brevetto USD460472S), 2006 (brevetto USD523868S), 2015 (brevetto USD738385S). Di conseguenza la durata media dei dominant emersi dal 1990 ad oggi è pari a 5.8 anni.

La seconda coppia analizzata è quella relativa all'aspirapolvere cyclone e robot. Il cyclone vacuum cleaner mostra l'emergere di dominant design nel 1967 (brevetto US3320727A), 1986 (brevetto US4573236A), 1993 (US5267371A), e 2003 (brevetto US2003106182A1). Di conseguenza la durata media dei dominant emersi dal 1967 ad oggi è pari a 14.5 anni. Il robot vacuum cleaner mostra l'emergere di dominant design nel 1994 (brevetto US5293955A), nel 2005 (brevetto) e 2012 (brevetto US2012090133A1). Di conseguenza la durata media dei dominant emersi dal 1994 ad oggi è pari a 10.3 anni.

La terza coppia riguarda il ricevitore radio analogico e il ricevitore radio digitale. L'analogue radio receiver mostra l'emergere di dominant design nel 1933 (brevetto US1922059A), 1953 (brevetto US2658138A), 1972 (brevetto US3631994A), 1978 (brevetto US4084139A), 1989 (brevetto US4878251A), 1994 (brevetto US5280643A), 1998 (brevetto US5722060A), 2005 (US2005260969A1). Considerando che l'assenza di brevetti dal 2022, si considera un periodo di attività brevettuale dal 1933 al 2022, con una durata media dei dominant design di 11.125 anni. Le digital radio receiver mostra l'emergere di dominant design nel 1981 (brevetto US4249165A), 1991 (brevetto JPH03179841A), 2004 (brevetto US6680754B1) e 2009 (brevetto US2009125947A1), quindi la durata media dei dominant design è pari a 11

anni. Per quanto riguarda questa coppia di prodotti, per quanto effettivamente la teoria secondo cui la durata del dominant design del prodotto non digitale sia maggiore rispetto al prodotto digitale venga rispettata, si pone l'attenzione al grafico del metodo Z-Score del digital radio receiver che evidenzia un'alta possibilità dell'emersione di un dominant design in questo periodo di studi, che andrebbe ad abbassare notevolmente la durata media evidenziando una maggiore differenza fra la durata dei due dominant design.

La quarta coppia di prodotti analizzata riguarda il confronto fra televisione analogica e televisione digitale. Per quanto riguarda il confronto fra le televisioni, la TV analogica mostra l'emergere di dominant design nel 1954 (brevetto US2679035A), 1977 (brevetto US4065696A), 1986 (brevetto US4570101A) e 1997 (brevetto US5600202A). Considerando l'assenza di brevetti dal 2008, si considera la durata media dei dominant design fra il 1954 e il 2008 pari a 13.5 anni. Il digital tv receiver mostra l'emergere di dominant design nel 1987 (brevetto US4692889A), 1993 (brevetto US5202886A), 1997 (brevetto US5629741A), 2002 (brevetto US2002164966A1), 2012 (brevetto USD662107S) e 2018 (brevetto USD812080S). Di conseguenza la durata media dei dominant design è di 6.3 anni.

Per quanto riguarda il confronto blender vs robot da cucina: il blender mostra l'emergere del dominant design nel 1937 (brevetto US2078641A), 1955 (US2701516A), 1968 (brevetto US3417972A), 1982 (brevetto US4334724A), 1996 (brevetto US5547275A), 2003 (brevetto US6554466B1), 2011 (brevetto USD647367S) e 2014 (brevetto USD699996S). Di conseguenza la durata media del dominant design è di 11 anni. Il kitchen robot mostra l'emergere dei dominant design nel 1994 (brevetti CN2174127Y), 2004 (brevetto US2004173103A1), 2018 (brevetto CN108888087A). Di conseguenza la durata media del dominant design è di 10.3 anni.

La sesta coppia riguarda i sistemi di riproduzione musicale, confrontando music cassette deck e CD player. Il music cassette deck mostra l'emergere dei dominant design nel 1981 (brevetto USD260764S), 1990 (brevetto US4908707A) e 1997 (brevetto US5659367A). Di conseguenza la durata media del dominant design è di 14.7 anni. Per quanto riguarda invece i CD player i dominant design sono emersi nel 1985 (brevetto US4514839A), 1990 (brevetto USD313023S), 2006 (brevetto USD513617S), 2009 (brevetto USD591305S) e 2014 (brevetto USD699701S). Di conseguenza la durata media del dominant design è di 8 anni.

Infine, l'ultima coppia analizzata riguarda il confronto tra bilance meccaniche e bilance digitali. La bilancia meccanica ha mostrato l'emergere di dominant design nel 1899 (brevetto US629290A), 1906 (brevetto US830930A), 1956 (brevetto US2736549A), 1960 (brevetto

US2935213A), 1976 (brevetto US3935913A) e 1999 (brevetto US5856637A). Di conseguenza la durata media dei dominant design è di 21 anni. La bilancia digitale ha mostrato l'emergere di dominant design nel 1967 (brevetto US3321035A), 1981 (brevetto US4307787A), 1990 (brevetto US4974962A) e 2008 (brevetto US2008251298A1). Di conseguenza la durata media dei dominant design è di 14.5 anni.

Di seguito si riporta una tabella riassuntiva del numero di dominant design identificati per ogni prodotto e la durata media.

Prodotto	N° dominant design	Durata media
Film camera	6	13.2 anni
Digital camera	6	5.8 anni
Cyclone vacuum cleaner	4	14.5 anni
Robot vacuum cleaner	3	10.3 anni
Analogue radio receiver	8	11.125 anni
Digital radio receiver	4	11 anni
Analogue TV receiver	4	13.5 anni
Digital TV receiver	6	6.33 anni
Blender	8	11 anni
Kitchen robot	3	10.3 anni
Music cassette deck	3	14.7 anni
CD player	5	8 anni
Mechanical scale	6	21 anni
Digital scale	4	14.5 anni

Tabella 2 - Riassunto risultati ottenuti

4.3 Discussione risultati

Nel complesso, l'evidenza empirica ricostruita tramite l'integrazione tra intensità brevettuale (Z-score) e persistenza citazionale (forward citations) restituisce un pattern coerente con l'aspettativa teorica che guida la tesi: per ciascuna coppia, la durata media dei dominant design risulta maggiore nella controparte non digitale rispetto a quella digitale, con ampiezze differenziate che, lungi dall'essere "rumore", aiutano a qualificare come la digitalizzazione incida sui meccanismi di stabilizzazione. I casi più netti sono quelli in cui la riconfigurabilità legata a software, standard e interfacce sembra accelerare l'avvicendamento delle configurazioni dominanti osservabili a livello di prodotto: nelle

fotocamere la distanza tra 13,2 anni (pellicola) e 5,8 anni (digitale) segnala una dinamica in cui, a fronte di un rapido consolidamento di soluzioni di riferimento, emergono con frequenza relativamente alta brevetti che diventano nodi citazionali, compatibilmente con architetture stratificate e componenti aggiornabili, in modo analogo, il broadcasting televisivo mostra un salto marcato tra 13,5 anni (analogico) e 6,3 anni (digitale), in linea con un paradigma in cui la convergenza non è più soltanto su una configurazione fisica, ma su combinazioni di standard, codifiche e moduli che rendono più “liquida” la frontiera di ciò che viene percepito come riferimento tecnologico. Anche nella riproduzione musicale, la riduzione da 14,7 anni (cassette) a 8 anni (CD) è interpretabile come effetto della transizione verso un dominio in cui la standardizzazione e la codifica digitale accrescono la separabilità delle funzioni e rendono più frequenti i passaggi di centralità tra soluzioni concorrenti, così come nel caso del confronto fra la bilancia meccanica (21 anni) e la bilancia digitale (14,5 anni). Nel caso domestico (aspirapolvere cyclone vs robot) l’asimmetria resta evidente (14,5 vs 10,3), ma appare meno drastica, suggerendo che la materialità del sistema e la necessità di coordinare sottosistemi fisici (energia, attuazione, contatto con l’ambiente) continuano a produrre vincoli cumulativi e costi di transizione tali da preservare una quota significativa di path dependency anche nella versione digitalizzata. È proprio nei due casi “a differenza minima” (ricevitore radio: 11,125 vs 11, blender vs kitchen robot: 11 vs 10,3) che la discussione diventa metodologicamente più istruttiva: qui, la prossimità delle medie non va letta come confutazione dell’ipotesi, ma come indicazione che la stima è particolarmente sensibile sia al punto di taglio temporale dell’osservazione sia alla fisiologia degli indicatori impiegati. Da un lato, le forward citations penalizzano strutturalmente le invenzioni recenti, che non hanno avuto tempo sufficiente per accumulare citazioni e quindi possono non emergere ancora come “dominanti” pur in presenza di segnali di intensificazione, dall’altro, i grafici Z-score dei prodotti digitali in questi domini indicano la plausibilità di un nuovo consolidamento in corso nel periodo più recente, che, qualora si traducesse in un brevetto effettivamente centrale anche sul piano citazionale, incrementerebbe il numero di dominant design identificati e, per costruzione, ridurrebbe la durata media, rendendo più marcata la differenza rispetto al corrispettivo non digitale. In altri termini, proprio dove oggi la distanza appare ridotta, la combinazione tra dinamiche di innovazione più rapide tipiche dei livelli software/standard e ritardi di osservabilità introdotti dagli indicatori citazionali rende più probabile che l’asimmetria risulti sottostimata nella finestra temporale considerata. Letto in questa chiave, l’insieme dei risultati non prova in modo meccanico una legge universale, ma

sostiene, con evidenza comparativa e con coerenza rispetto ai meccanismi discussi nei capitoli teorici, che la digitalizzazione tende a spostare l'equilibrio tra stabilizzazione e rimpiazzo: nei prodotti non digitali, investimenti specifici e complementarità fisiche irrigidiscono la traiettoria e prolungano la persistenza della configurazione dominante, nei prodotti digitali, la modularità architettonica e la programmabilità rendono più economico sperimentare e sostituire porzioni del sistema, accorciando la vita media delle configurazioni che fungono da riferimento osservabile a livello brevettuale, pur lasciando spazio a forme di stabilità che si concentrano sulle interfacce e sugli standard più che sul singolo assetto di prodotto.

5. Conclusioni

Nel presente capitolo vengono ricondotti a sintesi gli esiti dell'analisi sviluppata nei capitoli precedenti, con l'obiettivo di esplicitare in modo chiaro e coerente le conclusioni rispetto alla domanda di ricerca e i principali limiti dell'impianto empirico adottato. In particolare, il capitolo riprende il percorso seguito dalla tesi, dalla costruzione dei dataset brevettuali e dall'applicazione congiunta di Z-score e forward citations fino alla stima della durata media dei dominant design, per formulare una valutazione complessiva dell'evidenza raccolta sul confronto tra versioni digitali e non digitali dei prodotti considerati. A completamento, vengono inoltre discussi i vincoli metodologici e informativi che delimitano l'ambito di validità dei risultati e che orientano possibili sviluppi futuri della ricerca.

5.1 Conclusioni

Questa tesi ha analizzato come la digitalizzazione influenzi la durata dei dominant design, con l'obiettivo di verificare se, a parità di funzione d'uso, i prodotti digitali presentino dominant design mediamente meno duraturi rispetto ai corrispettivi prodotti non digitali. La ricerca è stata costruita in modo coerente con il quadro teorico presentato nei capitoli iniziali e ha tradotto la domanda di ricerca in un confronto empirico basato su evidenza brevettuale.

Per rendere operativa la comparazione, sono state selezionate sette coppie di prodotti accomunate dalla stessa finalità d'uso, ma caratterizzate da basi tecnologiche differenti: una versione non digitale e una versione digitale. Le coppie considerate sono state: film camera vs digital camera, cyclone vacuum cleaner vs robot vacuum cleaner, analogue radio receiver vs digital radio receiver, analogue TV receiver vs digital TV receiver, blender vs kitchen robot, music cassette deck vs CD player, mechanical scale vs digital scale. Per ciascun

prodotto è stato costruito un dataset brevettuale tramite Patent Inspiration a partire da query dedicate, progettate per delimitare il dominio tecnologico e mantenere omogeneità tra digitale e non digitale.

L'analisi empirica si è sviluppata lungo due passaggi complementari. In primo luogo, per ogni prodotto è stata ricostruita una serie storica annuale dei brevetti pubblicati e tale serie è stata resa confrontabile nel tempo mediante standardizzazione Z-score, calcolata su conteggi smussati con media mobile. Questo passaggio ha consentito di evidenziare in modo più chiaro le fasi di intensificazione dell'attività brevettuale, riducendo l'instabilità dovuta alla bassa numerosità nelle fasi iniziali dei domini tecnologici. In secondo luogo, la lettura quantitativa è stata integrata con l'analisi delle forward citations, utilizzata per individuare, lungo ciascuna traiettoria, i brevetti che mostrano maggiore persistenza e centralità tecnologica. Sulla base di soglie operative uniformi (1% del totale del dataset, con soglia minima fissata nei casi di bassa numerosità), sono stati identificati gli anni in cui emergono brevetti particolarmente citati e, per evitare duplicazioni, nei casi di più brevetti sopra soglia nello stesso anno è stato considerato solo quello con il valore massimo.

A partire da questa evidenza, per ciascun prodotto sono stati identificati gli anni di emersione dei dominant design e ne è stata stimata la durata media secondo un criterio uniforme, rapportando l'intervallo temporale complessivo considerato al numero di dominant design osservati. In questo modo è stato possibile confrontare, in maniera sistematica e replicabile, la durata media delle configurazioni dominanti tra versioni digitali e non digitali.

I risultati ottenuti supportano l'ipotesi centrale della tesi. In tutte le coppie analizzate, la durata media dei dominant design risulta inferiore per i prodotti digitali rispetto ai prodotti non digitali. La differenza emerge con particolare evidenza in alcune coppie, come fotocamere, televisori e sistemi di riproduzione musicale, dove i prodotti digitali mostrano una successione più ravvicinata di dominant design rispetto alle controparti non digitali. Anche nei casi in cui lo scarto è più contenuto, il confronto mantiene la stessa direzione: i dominant design digitali risultano comunque mediamente meno duraturi. Nel complesso, l'evidenza brevettuale ricostruita nel Capitolo 4 è quindi coerente con l'idea che la digitalizzazione si associ, in media, a una minore stabilità delle configurazioni dominanti osservabili lungo le traiettorie tecnologiche.

Allo stesso tempo, l'analisi ha mostrato che la distanza tra digitale e non digitale non è uniforme tra i domini. In alcuni casi i valori risultano vicini e la lettura dei grafici Z-score

suggerisce la possibilità che la traiettoria digitale sia ancora in evoluzione, con l'emersione di ulteriori configurazioni dominanti potenzialmente non ancora pienamente osservabili nei dati alla data di estrazione. Questo aspetto richiama l'importanza di interpretare le durate stimate come misure coerenti con l'orizzonte temporale disponibile e con le regole operative adottate, e non come valori definitivi.

In conclusione, la tesi conferma l'impostazione di ricerca proposta: nel campione considerato, i dominant design dei prodotti digitali presentano una durata media inferiore rispetto ai dominant design dei prodotti non digitali. Il risultato è stato ottenuto attraverso un impianto comparativo che, mantenendo stabile la funzione d'uso e variando la base tecnologica, ha reso osservabile la stabilità delle configurazioni dominanti tramite dati brevettuali e criteri di identificazione uniformi. Entro i limiti discussi nel capitolo metodologico, l'evidenza raccolta sostiene quindi l'argomento centrale della tesi e fornisce una base empirica coerente per discutere, in sede di valutazione, come la trasformazione digitale sia associata a traiettorie più rapide e a una maggiore frequenza di avvicendamento delle configurazioni dominanti rispetto alle tecnologie non digitali.

5.2 Limiti dell'analisi

Nel presente lavoro i limiti dell'analisi non sono riconducibili a una singola criticità, ma derivano dalla natura esplorativa dell'impianto metodologico e dall'uso della fonte brevettuale come proxy empirica per fenomeni, come la stabilità e la durata dei dominant design, che sono, per definizione, multidimensionali e solo parzialmente osservabili tramite indicatori documentali. In questa prospettiva, i limiti non vanno interpretati come meri vincoli esecutivi, ma come condizioni di contorno che incidono sulla precisione delle stime, sulla trasferibilità dei risultati tra domini e sulla possibilità di attribuire in modo univoco ai segnali quantitativi un significato strutturale in termini di consolidamento tecnologico. Per questo motivo, nel seguito si esplicitano i principali fattori che possono introdurre incertezza nel processo di costruzione del dataset, nella lettura dei pattern temporali e nella traduzione degli indicatori (Z-score e forward citations) in inferenze sulla durata delle configurazioni prevalenti.

Un primo limite è di ordine strutturale: manca una letteratura ampia e consolidata che adotti in modo sistematico l'integrazione tra patent scanning, standardizzazione Z-score e lettura delle forward citations per stimare la durata dei dominant design. Ne consegue una minore disponibilità di protocolli "stabilizzati" a cui ancorare scelte operative e validazioni esterne, con implicazioni sulla generalizzabilità dei risultati. Un secondo limite, operativo, riguarda

la definizione delle query: esse determinano i confini del dominio osservabile e richiedono un raffinamento iterativo (con controlli manuali estesi) per contenere falsi positivi e contaminazioni semantiche, ponendo un vincolo di scalabilità dell'approccio su campioni più ampi. In aggiunta, la letteratura effettivamente utilizzabile risulta talvolta frammentaria e non perfettamente sovrapponibile al disegno di ricerca, aumentando l'onere di contestualizzazione e la delicatezza delle traslazioni interpretative. Sul piano degli strumenti, l'uso di Patent Inspiration, pur ricco di funzionalità, comporta complessità procedurali che richiedono verifiche incrociate per ridurre il rischio di errori nella fase di estrazione e segmentazione.

Un ulteriore limite è temporale: per diversi prodotti la traiettoria è ancora in evoluzione e, di conseguenza, le durate stimate sono necessariamente "fotografie" coerenti alla data di estrazione, suscettibili di variazioni qualora emergano nuove configurazioni dominanti non ancora stabilizzate nei dati. Inoltre, i brevetti osservano soltanto l'innovazione formalizzata e pubblica, mentre quote rilevanti di innovazione possono non essere brevettate o essere depositate per finalità difensive; analogamente, le citazioni brevettuali, pur informative, sono soggette a bias procedurali (uffici, esaminatori, tempi di accumulo). In alcuni domini, strategie di *patent thicket* possono frammentare la centralità citazionale su più documenti affini, richiedendo ricostruzioni manuali e aumentando la probabilità di errore; in altri, la bassa numerosità storica rende più instabile l'identificazione di picchi e massimi locali anche con presidi di robustezza (medie mobili, soglie minime). Infine, l'adozione di soglie operative (Z-score, conteggi annui minimi) rafforza la solidità dell'analisi, ma introduce una quota inevitabile di arbitrarietà controllata: criteri alternativi, pur plausibili, potrebbero produrre segmentazioni temporali parzialmente diverse.

In prospettiva, tali limiti suggeriscono alcune linee di sviluppo utili per ricerche future. In primo luogo, la fase di costruzione e raffinamento delle query potrebbe beneficiare di un processo di validazione inter-soggettivo, coinvolgendo più valutatori con competenze complementari (tecnologiche e di patent analytics) anziché basarsi su un'unica attività di definizione e revisione: una triangolazione di giudizi consentirebbe di individuare con maggiore sistematicità sinonimi, ambiguità ricorrenti e termini di esclusione, aumentando la precisione del perimetro osservato. In secondo luogo, l'estensione dell'analisi a ulteriori coppie di prodotto non digitale-digitale permetterebbe di verificare la robustezza del pattern osservato su un campione più ampio e di esplorare eventuali differenze legate a specifiche famiglie tecnologiche o a diversi gradi di modularità architeturale. Infine, data la

natura dinamica dei domini considerati, è auspicabile una ri-analisi a distanza di almeno 15–20 anni, così da osservare traiettorie più mature, ridurre l'incertezza associata all'ultimo tratto temporale e valutare con maggiore solidità eventuali nuove transizioni verso ulteriori configurazioni dominanti.

Bibliografia

- Abernathy W.J. & Utterback J.M.** (1978), Patterns of industrial innovation. *Technology Review*, Vol. 80(7): 40-47.
- Altshuller G.** (1984), *Creativity as an Exact Science: The Theory of the Solution of Inventive Problems*. Gordon and Breach, New York.
- Anderson P. & Tushman M.L.** (1990), Technological discontinuities and dominant designs: A cyclical model of technological change. *Administrative Science Quarterly*, Vol. 35(4): 604-633.
- Arthur W.B.** (1989), Competing technologies, increasing returns, and lock-in by historical events. *The Economic Journal*, Vol. 99(394): 116-131.
- Baldwin C.Y. & Clark K.B.** (2000), *Design Rules, Volume 1: The Power of Modularity*. MIT Press, Cambridge (MA).
- Brusoni S. et al.** (2001), Knowledge specialization, organizational coupling, and the boundaries of the firm: Why do firms know more than they make? *Organization Science*, Vol. 12(5): 597-621.
- Cantamessa M. & Montagna F.** (2023), *Design and Innovation of Digital Products: Managing Complexity and Industrialization*. Springer, Cham.
- Criscuolo P. et al.** (2008), Does it matter where patent citations come from? Inventor vs. examiner citations in European patents. *Research Policy*, Vol. 37(10): 1892-1908.
- David P.A.** (1985), Clio and the economics of QWERTY. *The American Economic Review*, Vol. 75(2): 332-337.
- De Reuver M. et al.** (2018), The digital platform: A research agenda. *Journal of Information Technology*, Vol. 33(2): 124-135.
- Ekbja H.** (2009), Digital artifacts as quasi-objects: Qualification, mediation, and materiality. *First Monday*, Vol. 14(6).
- Ethiraj S.K. et al.** (2004), Modularity and innovation in complex systems. *Management Science*, Vol. 50(2): 159-173.
- Fleming L. et al.** (2004), Science as a map in technological search. *Strategic Management Journal*, Vol. 25(8-9): 909-928.
- Gawer A.** (2022), Digital platforms and ecosystems: Remarks on the dominant organizational forms of the digital age. *Innovation: Organization & Management*, Vol. 24(1): 110-124.
- Griliches Z.** (1957), Hybrid corn: An exploration in the economics of technological change.

Econometrica, Vol. 25(4): 501-522.

Griliches Z. (1990), Patent statistics as economic indicators: A survey. *Journal of Economic Literature*, Vol. 28(4): 1661-1707.

Hall B.H. et al. (2001), The NBER Patent Citations Data File: Lessons, Insights and Methodological Tools. NBER Working Paper No. 8498, National Bureau of Economic Research, Cambridge (MA).

Henderson R.M. & Clark K.B. (1990), Architectural innovation: The reconfiguration of existing product technologies and the failure of established firms. *Administrative Science Quarterly*, Vol. 35(1): 9-30.

Hylving L. (2012), Modularity and digital innovation: The emergence of digital dominant designs. *Journal of Information Technology Theory and Application (JITTA)*, Vol. 13(2).

Kallinikos J. et al. (2010), A theory of digital objects. *First Monday*, Vol. 15(6).

Katz M.L. & Shapiro C. (1985), Network externalities, competition, and compatibility. *The American Economic Review*, Vol. 75(3): 424-440.

Katz M.L. & Shapiro C. (1986), Technology adoption in the presence of network externalities. *Journal of Political Economy*, Vol. 94(4): 822-841.

Lanjouw J.O. et al. (2004), Patent quality and research productivity: Measuring innovation with multiple indicators. *The Economic Journal*, Vol. 114(495): 441-465.

Mansfield E. (1961), Technical change and the rate of imitation. *Econometrica*, Vol. 29(4): 741-745.

Mariani M.S. et al. (2019), Early identification of important patents through network centrality. *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 146: 644-654.

Murmann J.P. et al. (2006), Toward a systematic framework for research on dominant designs, technological innovations, and industrial change. *Research Policy*, Vol. 35(7): 925-952.

Nambisan S. et al. (2017), Digital innovation management: Reinventing innovation management research in a digital world. *MIS Quarterly*, Vol. 41(1): 223-238.

OECD (2009), *OECD Patent Statistics Manual*. OECD Publishing, Paris.

OECD (2018), *Going Digital: Shaping Policies, Improving Lives*. OECD Publishing, Paris.

Plekhanov D. et al. (2023), Digital transformation and product lifecycle: Evidence on shortening of product life cycles. *European Management Journal*, Vol. 41(6): 821-844.

Porter A.L. et al. (2005), *Tech Mining: Exploiting New Technologies for Competitive Advantage*. Wiley, Hoboken (NJ).

Porter M.E. et al. (2014), How smart, connected products are transforming competition. *Harvard Business Review*, Vol. 92(11): 64-88.

Rogers E.M. (1962), *Diffusion of Innovations*. Free Press, New York.

Salvador F. (2007), Toward a product system modularity construct: Literature review and reconceptualization. *IEEE Transactions on Engineering Management*, Vol. 54(2): 219-240.

Sanchez R. et al. (1996), Modularity, flexibility, and knowledge management in product and organization design. *Strategic Management Journal*, Vol. 17(S2): 63-76.

Schilling M.A. (2000), Toward a general modular systems theory and its application to interfirm product modularity. *Academy of Management Review*, Vol. 25(2): 312-334.

Suarez F.F. (2004), Battles for technological dominance: An integrative framework. *Research Policy*, Vol. 33(2): 271-286.

Suarez F.F. et al. (1995), Dominant designs and the survival of firms. *Strategic Management Journal*, Vol. 16(6): 415-430.

Thomas L.D.W. et al. (2022), Generativity: A systematic review and conceptual framework. *International Journal of Management Reviews*, Vol. 24(2): 255-278.

Tiwana A. et al. (2010), Platform evolution: Coevolution of platform architecture, governance, and environmental dynamics. *Information Systems Research*, Vol. 21(4): 675-687.

Trajtenberg M. (1990), A penny for your quotes: Patent citations and the value of innovations. *The RAND Journal of Economics*, Vol. 21(1): 172-187.

Triulzi G. et al. (2020), Estimating technology performance improvement rates by mining patent data. *Technological Forecasting and Social Change*, Vol. 158: 120100.

Vargo S.L. et al. (2008), Service-dominant logic: Continuing the evolution. *Journal of the Academy of Marketing Science*, Vol. 36(1): 1-10.

Webb C. et al. (2005), Analysing European and international patent citations: A set of EPO patent database building blocks. *OECD STI Working Paper 2005/09*, OECD Publishing, Paris.

WIPO (World Intellectual Property Organization) (2015), *Guidelines for Preparing Patent Landscape Reports*. World Intellectual Property Organization, Geneva.

WIPO (World Intellectual Property Organization) (2022), *Patent Analytics Handbook*. World Intellectual Property Organization, Geneva.

Yoo Y. et al. (2010), The new organizing logic of digital innovation: An agenda for information systems research. *Information Systems Research*, Vol. 21(4): 724-735.

Zittrain J. (2006), The generative Internet. *Harvard Law Review*, Vol. 119(7): 1974-2040.

Sitografia

Patent Inspiration, piattaforma di patent analytics e patent mapping. Accesso ed estrazioni:
novembre 2025