

POLITECNICO DI TORINO

**DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA GESTIONALE E DELLA PRODUZIONE
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA GESTIONALE**

**BREVETTI, EXPLORATION-EXPLOITATION E IMPATTO CITAZIONALE NELLE
PROVINCE ITALIANE**

STUDENTE

FERRARIS MARCO

RELATORE

FEDERICO CAVIGGIOLI

CORRELATORE

LUIGI BUZZACCHI



ANNO ACCADEMICO 2025-2026

ABSTRACT

La tesi analizza il rapporto tra intensità brevettuale, strutturazione delle basi di conoscenza e impatto tecnologico dei brevetti nelle province italiane nel periodo 1978–2017. Utilizzando dati brevettuali come proxy dell'attività innovativa vengono costruiti indicatori provinciali di sfruttamento (exploitation) ed esplorazione (exploration) della conoscenza a partire dalla distribuzione delle citazioni backward fra classi tecnologiche; mentre l'impatto tecnologico è misurato tramite le citazioni forward entro cinque anni dalla pubblicazione del brevetto.

La domanda di ricerca analizza se l'evoluzione nel tempo dell'attività brevettuale provinciale intesa come numero di brevetti per milione di abitanti è associata a cambiamenti del mix exploitation–exploration e dell'impatto medio delle citazioni con particolare attenzione al se esistono differenze sistematiche nel mix exploitation–exploration dei sistemi innovativi provinciali al crescere della densità brevettuale.

SOMMARIO

CAPITOLO 1 – INTRODUZIONE.....	1
1.1 OBIETTIVI E DOMANDA DI RICERCA	1
CAPITOLO 2 – CONOSCENZA E INNOVAZIONE.....	3
2.1 RAPPORTO TRA CONOSCENZA E INNOVAZIONE	3
2.2 L'EQUILIBRIO TRA SFRUTTAMENTO ED ESPLORAZIONE.....	4
2.3 Sistemi regionali di innovazione e spillover territoriali.....	5
2.4 DENSITÀ DI CONOSCENZA E BILANCIAMENTO TRA EXPLORATION ED EXPLOITATION	6
2.5 IL CASO ITALIANO	8
2.6 LA DIFFICOLTÀ NELLA MISURA DELL'INNOVAZIONE	9
2.7 MISURARE L'INNOVAZIONE: APPROCCI POSSIBILI E RUOLI DEI BREVETTI	11
CAPITOLO 3 – BREVETTI E CITAZIONI	13
3.1 BREVETTI COME INDICATORI DI ATTIVITÀ INNOVATIVA	13
3.2 IL RUOLO DELLE CITAZIONI.....	15
3.3 LE CITAZIONI COME PROXY DI EXPLORATION ED EXPLOITATION	19
3.4 Brevetti, citazioni e produttività innovativa territoriale	21
CAPITOLO 4 – DATI E METODOLOGIA.....	24
4.1 Unità di analisi e costruzione del pannello provincia- quinquennio.....	24
4.2 COSTRUZIONI DELLE VARIABILI CHIAVE E DEI MODELLI PANEL	25
CAPITOLO 5 – ANALISI DESCRITTIVE	28
5.1 DISTRIBUZIONE AGGREGATE A LIVELLO PROVINCIA-QUINQUENNIO	28
5.2 EVOLUZIONE TEMPORALE DELLE PRINCIPALI VARIABILI	29
5.3 ETEROGENEITÀ PER DENSITÀ BREVETTUALE.....	34
5.4 CORRELAZIONI BIVARIATE TRA LE VARIABILI CHIAVE	36
5.5 ANALISI DI ROBUSTEZZA	38
5.6 PROVINCE LEADER NELLA BREVETTAZIONE	40
CAPITOLO 6 – MODELLI PANEL A EFFETTI FISSI	42
6.1 MOTIVAZIONI E SPECIFICA DEI MODELLI	42
6.2 INTENSITÀ BREVETTUALE, MIX EXPLORATION-EXPLOITATION E IMPATTO CITAZIONALE.....	43
CAPITOLO 7 – CONCLUSIONI	49
7.1 – RIEPILOGO E CONCLUSIONI.....	49
BIBLIOGRAFIA	52

CAPITOLO 1 – INTRODUZIONE

1.1 OBIETTIVI E DOMANDA DI RICERCA

Questa tesi si colloca all'intersezione tra tre filoni della letteratura:

- gli studi su exploration, exploitation e ambidexterity organizzativa (March, 1991; Tushman e O'Reilly, 1996);
- la letteratura sui sistemi regionali di innovazione e sulla densità di conoscenza (Breschi e Lissoni, 2001);
- gli studi che utilizzano brevetti e citazioni come proxy dell'attività innovativa e del suo impatto (Trajtenberg, 1990; Harhoff et al., 1999; Hall, Jaffe e Trajtenberg, 2005).

L'obiettivo principale è analizzare, per le province italiane, come l'intensità e la densità brevettuale si associano al mix tra componenti esplorative e di sfruttamento dell'attività inventiva e all'impatto citazionale delle invenzioni. In altre parole, si cerca di rispondere a tre domande:

Come si distribuiscono nel tempo e nello spazio l'intensità e la densità brevettuale, il mix exploration–exploitation e l'impatto citazionale a livello provincia–quinquennio?

In che misura la densità brevettuale interpretata come proxy di densità di conoscenza è associata a uno spostamento del mix tra sfruttamento ed esplorazione?

Esiste una relazione sistematica tra intensità/densità brevettuale, mix exploration–exploitation e impatto citazionale dei brevetti?

Il Capitolo 2 ricostruisce il quadro teorico sul rapporto tra conoscenza e innovazione, sulla distinzione tra exploration ed exploitation e sulla densità di conoscenza, con particolare attenzione al caso italiano. Il Capitolo 3 presenta il ruolo dei brevetti come indicatori di attività innovativa e discute in dettaglio il valore delle citazioni brevettuali, sia dal punto di vista legale sia come proxy empirica per misurare impatto e direzione dei flussi di conoscenza.

Il Capitolo 4 descrive la costruzione del pannello provincia–quinquennio e delle variabili chiave, mentre il Capitolo 5 sviluppa analisi descrittive approfondite, evidenziando l'evoluzione temporale delle variabili principali (Tabella 5.1, Tabelle 5.2.1–5.2.8, Figura 5.1), l'eterogeneità tra terzili di densità brevettuale (Tabelle 5.3 e 5.6) e le correlazioni bivariate (Tabella 5.4).

Il Capitolo 6 introduce i modelli panel a effetti fissi provinciali, stimati per esplorare le relazioni dinamiche tra intensità/densità brevettuale, mix exploration–exploitation e impatto citazionale, una volta controllata l'eterogeneità strutturale tra province.

Infine, il capitolo conclusivo sintetizza i risultati principali, li ricollega ai contributi teorici dei capitoli 2 e 3 e discute le implicazioni per la comprensione dell'innovazione territoriale in Italia e per possibili linee di ricerca future.

CAPITOLO 2 – CONOSCENZA E INNOVAZIONE

2.1 RAPPORTO TRA CONOSCENZA E INNOVAZIONE

L'innovazione è la risposta a qualcosa che prima non c'era e può essere definita tramite due definizioni “new idea, method or device” oppure “the introduction of something new”; tuttavia prima di parlare di questo tema bisogna evidenziare la differenza tra tre parole: scoperta ovvero ciò che si basa su qualcosa che è preesistente e che necessita di conoscenza scientifica basandosi sull'empirismo. Perciò la scoperta tramite esperimenti risulta l'outcome della scienza; l'invenzione che riguarda la tecnica invece è un atto voluto che serve per risolvere i problemi e di conseguenza risulta come outcome della tecnologia; l'innovazione infine è l'incontro tra mercato e invenzione ovvero l'invenzione che si diffonde sul mercato.

Il più importante economista che si è occupato di innovazioni in termini moderni è Schumpeter che è stato il primo ad aver teorizzato che l'invenzione è un fenomeno endogeno al sistema economico, e a differenza degli economisti precedenti che vedevano l'innovazione con una variabile esogena lui ha teorizzato che l'innovazione sia l'effetto di come le imprese operano, e questo cambio di prospettiva ha avuto effetti dirimpenti dato che essendo endogena al sistema risulta studiabile, e soprattutto può influenzare il sistema stesso, ed avere effetto sulle sue dinamiche.

L'impatto che l'innovazione può avere un sistema economico è di due tipi: distruzione creativa ovvero quando una novità che viene introdotta cambia le regole e gli attori nel mercato; oppure accumulazione creativa un processo grazie al quale accumulando conoscenza si genera innovazione. Questi due processi sono propri di due diverse tipologie di attori la creative destruction è tipica degli imprenditori mentre le creative accumulation è tipica delle grandi imprese.

Parlando di innovazione non possiamo non nominare i suoi determinanti il primo sono gli attori che possono essere imprenditori, grandi imprese, università etc.; il secondo determinante, che non è ancora condiviso dalla letteratura, è la creatività quindi l'aspetto creativo ed inventivo associato all'innovazione che è sicuramente rilevante ma non è dimostrato che sia a tutti gli effetti un determinante dato che a volte la creatività genera degli output che possono rappresentare novità e innovazioni in termini culturali ma che non sono innovazioni in termini tecnologici; Il terzo determinante è la conoscenza nella misura in cui si esplica come conoscenza individuale o come conoscenza organizzativa. Inoltre, questo determinante vive di due meccanismi principali l'exploitation ovvero il learning by doing che si traduce in opero e imparo sfruttando conoscenze già esistenti, e si riconduce alla creative accumulation di Schumpeter, e l'exploration che operata in modo scientifico significa

invece andare a cercare competenze che sono lontane dal bagaglio di competenze in possesso o esistenti, e che si collega alla distruzione creativa sempre di Schumpeter.

2.2 L'EQUILIBRIO TRA SFRUTTAMENTO ED ESPLORAZIONE

L'innovazione come tema sta diventando sempre più strategicamente importante nell'ambiente moderno. Il ritmo della trasformazione tecnologica, la velocità con cui le nuove tecnologie vengono portate sul mercato e la pressione della competizione globale hanno iniziato a minare l'affermazione che l'innovazione sia semplicemente un ciclo limitato a un unico ruolo, quello della ricerca e sviluppo. Questo modello dalla ricerca di base al lancio sul mercato, ricerca fondamentale → ricerca applicata → sviluppo sperimentale → fase precompetitiva → introduzione commerciale diventa troppo rigido per caratterizzare il fatto che l'innovazione è più un processo circolare e interattivo, condiviso tra molteplici attori e funzioni di un'azienda.

In questo caso, la distinzione tra esplorazione e sfruttamento introdotta da James G. March (1991) è di particolare importanza. Con esplorazione, March descrive le attività orientate principalmente alla ricerca di conoscenza, alla sperimentazione e alla verifica di alternative sconosciute, in cui anche il fallimento è trattato come intrinseco al processo di apprendimento. Questi fattori includono la ricerca di soluzioni nuove e radicalmente diverse, ad esempio; la sperimentazione di nuove tecnologie; l'ingresso in nuovi domini applicativi che non sono ancora consolidati.

Lo sfruttamento, invece, riguarda la massimizzazione e l'arricchimento delle conoscenze accumulate ed è una dimensione di ottimizzazione, avanzamento incrementale di prodotti, processi e competenze esistenti, standardizzazione e riduzione dei costi. L'exploration è orientata al futuro e comporta alta incertezza e tempi di ritorno lunghi; l'exploitation, d'altra parte, tende a ottenere successi più rapidi, affrontando rischi minori.

Successivamente, alcune recenti letterature hanno ulteriormente chiarito questa distinzione. Ad esempio, ricerche successive (Greve, 2007) rilevano che l'esplorazione è più fortemente correlata a innovazioni più radicali capaci di influenzare mercati e industrie, mentre lo sfruttamento tende a portare a innovazioni incrementali che migliorano l'efficienza e l'efficacia delle modalità di consegna attuali. In parole povere, l'esplorazione avanza e produce nuove roadmap tecnologiche, e lo sfruttamento integra le roadmap in corso e le affina.

March (1991) sottolinea che c'è un importante compromesso tra esplorazione e sfruttamento. Un'eccessiva esplorazione porta l'azienda a allocare risorse in modi diversi, senza convertire efficacemente la conoscenza sperimentale in risultati economici tangibili. D'altra parte, se ci fosse un eccesso di enfasi sullo sfruttamento,

si troverebbero ad affrontare un pericoloso doppio effetto: l'azienda diventa molto efficiente nel breve termine ma perde la capacità di rispondere ai cambiamenti tecnologici e di mercato, diventando così vulnerabile nel lungo e medio termine.

Ed è questa tensione che dà origine al filone dell'*ambidexterity* organizzativa coniato da Michael Tushman e Charles O'Reilly (1996). Questi autori sostengono che le aziende che riescono a bilanciare con successo esplorazione e sfruttamento, creando sia strutture, processi e culture che permettono loro di mantenere separate le logiche esplorative e sfruttative sia strumenti per integrarle in modo dinamico sono le entità più innovative e resilienti.

In questa prospettiva, la capacità di bilanciare *exploration* ed *exploitation* diventa una vera e propria competenza strategica nell'era dell'incertezza. Non si tratta semplicemente di fare più innovazione, ma di costruire nel tempo un equilibrio evolutivo tra ricerca di nuove possibilità e valorizzazione di quelle esistenti, in funzione del settore, della tecnologia e della posizione competitiva dell'impresa. Questo equilibrio è al centro di molte analisi contemporanee sui processi di innovazione, sulla loro misurazione empirica e sulle politiche che possono favorire, a livello territoriale e organizzativo, un tessuto produttivo capace di essere insieme esplorativo ed efficiente.

2.3 SISTEMI REGIONALI DI INNOVAZIONE E SPILLOVER TERRITORIALI

L'innovazione non avviene attraverso attori isolati, ma attraverso le interazioni tra imprese, università, centri di ricerca, istituzioni pubbliche e reti di fornitori e clienti nello stesso contesto territoriale. Questa concezione è alla base dei concetti di sistemi di innovazione nazionali e regionali che sono stati introdotti nella letteratura dagli anni '90 (Lundvall, 1992; Nelson, 1993; Cooke, 1998; Asheim e Gertler, 2005). In questo senso, una performance innovativa efficace di un territorio non deriva solo dalle risorse e dalla conoscenza, ma da quanto bene le istituzioni locali possono incoraggiare l'apprendimento interattivo, la cooperazione e la circolazione delle idee.

Un sistema di innovazione regionale è solitamente descritto come una serie di attori interdipendenti che condividono relazioni formali e informali e si impegnano nella creazione, scambio e utilizzo della conoscenza. L'aspetto regionale è significativo per il motivo che molti processi di innovazione sono ricchi di elementi taciti e contestuali, dove la vicinanza in termini di posizione e relazione è vitale per un trasferimento di successo (Asheim e Gertler, 2005). Il territorio non è quindi solo un contenitore di innovazione, è una risorsa attiva che fornisce infrastrutture materiali e istituzionali per l'innovazione. Uno dei pilastri dei sistemi di innovazione regionale in questo senso è ciò che definiamo spillover di conoscenza, cioè flussi di idee, competenze e soluzioni

tecnologiche non completamente appropriabili che fluiscono tra diversi attori. Le evidenze empiriche mostrano che tali spillover sono geograficamente localizzati: brevetti, pubblicazioni e competenze si diffondono più fortemente tra esperti che lavorano nello stesso ambiente regionale o nelle vicinanze (Jaffe, Trajtenberg e Henderson, 1993; Breschi e Lissoni, 2001).

In particolare, le citazioni di brevetti tendono ad essere altamente localizzate geograficamente rispetto alla diffusione delle esternalità della conoscenza locale. Ma questi spillover non sono istantanei. La loro intensità dipende dalla forma delle reti locali, dall'esistenza di istituzioni intermediarie (parchi tecnologici, consorzi, cluster organizzati), dalla qualità delle università e dalla coordinazione tra enti pubblici e privati (Cooke, 1998). In aree dove tali elementi sono deboli, la densità dell'innovazione può essere ancora bassa nonostante l'esistenza di buoni attori individuali, mentre in presenza di forti reti e investimenti in infrastrutture, l'influenza dell'innovazione può essere amplificata, in particolare per la ricerca e lo sviluppo.

Nel contesto di questa tesi, adottare un approccio ai sistemi di innovazione regionale significa che dobbiamo vedere le province italiane non solo come depositi amministrativi per i brevetti, ma come segmenti di sistemi territoriali caratterizzati da una base produttiva, capitale umano, istituzioni e reti relazionali che combinano la base produttiva (incluso il capitale umano) e le capacità dei due possono modellare non solo il volume dell'attività brevettuale ma come la reintegrazione dei brevetti e della conoscenza in traiettorie tecnologiche innovative porta a nuovi percorsi.

2.4 DENSITÀ DI CONOSCENZA E BILANCIAMENTO TRA EXPLORATION ED EXPLOITATION

La densità della conoscenza nel sistema di innovazione territoriale può essere descritta come la concentrazione spaziale delle competenze tecnologiche, degli sforzi di ricerca, del capitale umano con abilità adeguate e delle relazioni tra gli attori innovativi. Un territorio denso di conoscenza è un contesto ricco di idee, che evolvono continuamente, creano e scambiano conoscenze tecniche e scientifiche, avendo sia infrastrutture fisiche che immateriali che le abilitano come reti di collaborazione formali, prossimità geografica, comunità professionali.

Questa densità coinvolge informazioni quantificate come quantità di brevetti, pubblicazioni, ricercatori, laboratori, così come qualitative per esempio il grado di specializzazione tecnologica di una regione, la diversità delle competenze e la qualità dell'interazione tra gli attori. Questi fenomeni sono legati agli spillover locali di conoscenza e alla formazione di sistemi di innovazione regionale nella letteratura,

dove la vicinanza geografica e cognitiva supporta non solo la copia del lavoro ma anche la produzione di nuove combinazioni tecnologiche.

In questo contesto, la densità di conoscenza influenza in modo cruciale il bilanciamento tra la componente di ricerca di nuove traiettorie tecnologiche (più esplorativa) e la componente di miglioramento e sfruttamento di competenze già consolidate (più orientata all'efficienza). L'effetto non è univoco né lineare: in primo luogo, l'alta densità tende a rafforzare l'estrazione della conoscenza esistente. Con le aziende immerse in una matrice di competenze strettamente raccolte, standard tecnologici condivisi e routine di produzione avanzate. Queste basi diventano fonti naturali per innovazioni incrementali, ottimizzazione dei processi, adattamento dei prodotti e rapida diffusione di soluzioni tecnologiche empiricamente testate; In alternativa, se la densità della conoscenza è correlata all'eterogeneità dei settori, delle tecnologie e degli attori può guidare percorsi fortemente esplorativi, fondati sulla ricombinazione di diversi elementi, l'interazione tra domini tecnologici e il test di soluzioni non ovvie.

La densità serve quindi come infrastruttura cognitiva che riduce i costi di accesso alle competenze complementari e consente di percorrere strade fundamentalmente diverse. In conclusione, l'effetto della densità della conoscenza sulla correlazione della parte esplorativa e sfruttativa sarà influenzato da tre fattori:

- **Specializzazione vs varietà:** In alcuni contesti molto specializzati di alcune tecnologie, la densità tende a rafforzare ampiamente l'elaborazione di percorsi noti, mentre c'è il pericolo di rimanere bloccati in alcuni paradigmi tecnologici. In ambienti che hanno settori e aree tecnologiche diverse, la densità tenderà invece a favorire la sperimentazione di nuove combinazioni, e questo porterà a innovazioni incrementali e/o radicali più emergenti.
- **Struttura di rete e livello di apertura:** reti chiuse e altamente localistiche possono trasformare la densità della conoscenza in un meccanismo che crea principalmente processi imitativi e miglioramenti imitativi internamente al sistema. Reti più aperte, con molte connessioni extra-locali tra i membri della rete (collaborazioni nazionali e internazionali, programmi di ricerca europei, presenza di multinazionali) tendono a fornire più supporto alla tendenza della densità locale a nutrirsi sempre da fonti (esterne), aiutando così a rielaborare continuamente le basi esistenti e a introdurre traiettorie completamente nuove.
- **La capacità di assorbimento degli attori:** la densità della conoscenza genera effetti generativi solo quando gli attori locali aziendali e istituzionali hanno una capacità di assorbimento adeguata, cioè la capacità di riconoscere, assimilare

e utilizzare nuove conoscenze. Senza tali capacità, ambienti ricchi di informazioni portano a un utilizzo altamente sbilanciato verso la massimizzazione della conoscenza già nota, piuttosto che a un sostanziale progresso qualitativo nelle traiettorie tecnologiche.

Dal punto di vista della produttività dell'innovazione, la questione centrale non è quindi solo quanta conoscenza sia presente in un territorio, ma come questa venga organizzata e trasformata in innovazioni. La densità di conoscenza può sostenere al tempo stesso la ricerca di nuove direzioni tecnologiche e lo sfruttamento approfondito delle competenze consolidate, ma il bilanciamento concreto tra queste due componenti dipende dal modo in cui il sistema territoriale gestisce specializzazione, apertura e capacità di assorbimento

2.5 IL CASO ITALIANO

Il caso italiano offre un contesto particolarmente interessante per esaminare la relazione tra densità di conoscenza e componenti di innovazione esplorativa e di sfruttamento. Nel senso tradizionale, una quantità enorme dell'expertise innovativa della società si è concentrata nelle aree industriali delle regioni del Centro-Nord nei sottosettori della manifattura. In queste aree è emersa una densità di conoscenza di tipo prodotto-processo, data da: forte specializzazione settoriale; dense reti di piccole e medie imprese altamente interconnesse; stretti rapporti tra fornitori, subappaltatori e clienti; la base di competenze tacite che è pervasiva nel lavoro e nelle organizzazioni artigianali-industriali dei distretti.

Questa configurazione ha storicamente sostenuto lo sfruttamento e i meccanismi di qualità incrementale: miglioramento costante dei prodotti esistenti, ottimizzazione dei processi produttivi, personalizzazione per mercati di nicchia, capacità di adattamento alle richieste dei clienti. La densità di conoscenza si è manifestata in diverse forme attraverso pratiche consolidate e know-how locale, in contrasto con le radicali innovazioni tecnologiche formali.

Nel frattempo, nelle grandi città così come nelle università e nei centri scientifici in Italia è stata proposta un'ulteriore tipo di densità di conoscenza, più associata a: la presenza di università e centri di ricerca pubblici e privati; la concentrazione di funzioni avanzate come servizi alle imprese, consulenza, design; l'imprenditorialità di multinazionali e medie-grandi imprese con stabilimenti interni di ricerca e sviluppo; le reti di collaborazione che spesso attraversano confini regionali e nazionali.

Qui, la densità di conoscenza è più probabilmente dispersa tra una vasta gamma di livelli di expertise tecnologica che potrebbero contribuire a sviluppare un ambiente di

crescita potenziale per la costruzione di percorsi esplorativi, per la sperimentazione di nuovi percorsi e per la formazione di start-up tecnologiche e spin-off.

Nel frattempo, sia la dualità Nord-Sud italiana che le disparità interregionali italiane si manifestano anche nella distribuzione spaziale della densità di conoscenza. Molte province meridionali hanno una base produttiva meno focalizzata nei settori ad alta tecnologia, una minore concentrazione di attività formali di R&S e reti di collaborazione meno strutturate. Questo può risultare in: minore densità di brevetti e output di innovazione codificata; maggiori sfide nella conversione degli input di conoscenza in innovazioni verificabili e rilevanti; un numero di innovazioni informali o non protette, difficili da seguire utilizzando indici comuni.

In questo quadro, la scelta di utilizzare la densità brevettuale provinciale come proxy di densità di conoscenza tecnologica consente di cogliere alcune dimensioni specifiche del caso italiano:

- mette in evidenza la concentrazione delle attività più formalizzate di innovazione tecnologica in un sottoinsieme relativamente ristretto di province;
- permette di confrontare province in cui la densità brevettuale alimenta soprattutto percorsi incrementali legati a specializzazioni settoriali consolidate, con province in cui la varietà tecnologica e istituzionale rende più probabile l'emergere di traiettorie nuove;
- fornisce una base empirica per analizzare se e come i territori a maggiore densità di conoscenza tecnologica riescano a bilanciare nel tempo la componente di sperimentazione di nuove direzioni tecnologiche e quella di sfruttamento di stock cognitivi già consolidati.

Nel prosieguo della tesi, i risultati empirici sulle relazioni tra densità brevettuale, mix tra componenti più esplorative e più di sfruttamento e impatto citazionale verranno letti anche alla luce di queste specificità italiane: non solo come relazioni tra variabili, ma come manifestazione di diversi modi in cui i sistemi locali italiani organizzano la propria densità di conoscenza e la trasformano in innovazione.

2.6 LA DIFFICOLTÀ NELLA MISURA DELL'INNOVAZIONE

È particolarmente difficile analizzare e misurare l'innovazione, poiché non può essere descritta in un unico modo concreto. Il concetto di innovazione si estende su diverse dimensioni: la creazione di un nuovo bene, l'innovazione di un nuovo processo da realizzare, un cambiamento organizzativo, l'adattamento a una struttura aziendale diversa o, più ampiamente, la progettazione e l'introduzione di un modello di business completamente nuovo. Eppure, non sono sempre collegati tra loro: il profilo di

innovazione può cambiare in base ai partecipanti coinvolti, alla geografia e al settore da cui proviene.

L'innovazione è un processo continuo che avviene attraverso fasi di ricerca, sviluppo, sperimentazione, adozione interna e diffusione sul mercato. Il divario temporale tra l'investimento e i risultati osservabili può talvolta essere estremamente lungo, e a causa di questa discrepanza temporale, spesso è difficile descrivere accuratamente la relazione tra ciò che viene valutato in un dato momento e il vero ciclo innovativo che lo ha prodotto.

Un altro grande problema deriva dal fatto che una buona parte dell'innovazione è tacita essendo incorporata nelle competenze delle persone, nelle procedure organizzative, nelle informazioni non registrate e nel "know-how" costruito nel tempo. Questo elemento non è sempre documentato, la comunicazione esterna e la sua importanza per motivi competitivi spesso non vengono riportate agli esterni, e le aziende non lo formalizzano nemmeno. Quindi ciò che appare nei dati è solo una piccola parte dell'intero processo innovativo.

Inoltre, l'innovazione è una conseguenza dell'interazione tra vari attori a livello di sistemi locali o regionali (aziende, istituzioni, università, centri di ricerca, reti di fornitori eccetera), ma i dati disponibili riflettono relativamente di più i soggetti individuali che le loro relazioni. A ciò si aggiunge una forte dipendenza dal contesto: la natura di un'innovazione varia notevolmente con il suo settore, la struttura produttiva locale e il periodo storico preso in considerazione, e questo complica anche la comparabilità tra territori e nel tempo.

Un'altra sfida è che non tutte le innovazioni funzionano infatti ci sono fallimenti di mercato o cambiamenti organizzativi che non porteranno ai guadagni di produttività attesi, al contrario di alcuni piccoli e incrementali cambiamenti che potrebbero produrre risultati altamente significativi. Se l'innovazione deve essere utilizzata come misura dell'innovazione, è quindi importante specificare se l'interesse analitico riguarda più lo sforzo innovativo, o il successo innovativo.

In aggiunta bisogna pensare all'instabilità nel tempo e al cambiamento strutturale. Le tecnologie e i paradigmi cambiano: l'innovazione degli anni '80 differisce da quella degli anni 2000, e l'emergere di nuove ondate tecnologiche, ad esempio, la digitalizzazione o l'intelligenza artificiale altera il nostro senso di innovazione di base. Questo pone problemi di comparabilità temporale, perché una medesima metrica può cogliere aspetti diversi dell'innovazione in contesti tecnologici differenti.

Infine, l'innovazione può essere trainata da forze diverse. Da un lato, si parla di demand pull, ovvero di innovazioni generate da una spinta proveniente dalla domanda e dal mercato, che tirano lo sviluppo di nuove soluzioni. Dall'altro, si fa riferimento al meccanismo di technology push, in cui è la dinamica tecnologica a spingere

l'evoluzione dei prodotti, dei processi e dei modelli organizzativi. Nella realtà, questi due meccanismi spesso coesistono e si intrecciano, rendendo ancora più complesso isolare e misurare in maniera pulita il contributo delle diverse forze al processo innovativo complessivo.

2.7 MISURARE L'INNOVAZIONE: APPROCCI POSSIBILI E RUOLI DEI BREVETTI

Dato che l'innovazione è per sua natura un fenomeno multidimensionale, processuale e persino in parte tacito la sua misurazione richiede spesso semplificazioni. Nel campo del lavoro empirico e delle statistiche ufficiali è emerso il concetto di indicatori indiretti per descrivere diverse misure del processo di innovazione: sforzo di investimento, output tecnologici, diffusione sul mercato o i parametri organizzativi che consentono la generazione di nuove conoscenze.

Innanzitutto, parte della letteratura si concentra sugli input dell'innovazione, risorse (per la ricerca e sviluppo, formazione avanzata e infrastrutture scientifiche). Da questo punto di vista, ciò che viene misurato è effettivamente lo sforzo innovativo: la misura in cui un sistema economico, un settore o un territorio investe nella creazione di nuove conoscenze, con la convinzione almeno nel medio termine che maggiori input tendano ad essere associati a livelli più elevati di attività innovativa.

Altri metodi, tuttavia, si concentrano sui prodotti tangibili dell'innovazione; cioè, i risultati osservabili della produzione di conoscenza. Questo include, ad esempio, il conteggio delle innovazioni introdotte, indagini su aziende innovative, indicatori derivati da pubblicazioni scientifiche o anche registrazioni di brevetti. Il vantaggio di tali misure è che sono più vicine a ciò che è emerso come prodotto finale del processo di ricerca, ma possiedono ancora una natura selettiva: solo una frazione delle innovazioni lascia una traccia codificata nei registri, e la tendenza a mostrarle è molto diversa tra i settori, nelle diverse aziende, specialmente in contesti istituzionali differenti.

Un secondo livello riguarda i risultati economici dell'innovazione, come la crescita della produttività, il miglioramento delle prestazioni competitive o la trasformazione della specializzazione settoriale e territoriale. Qui l'attenzione si rivolge al successo dell'innovazione: non solo se gli attori investono, creano nuovi prodotti e servizi, ma anche se questi sono in grado di affermarsi sul mercato, e aggiungere valore. Tuttavia, stabilire forti connessioni tra innovazione e questi risultati finali è complicato perché una miriade di altre variabili istituzionali, organizzative e basate sulla domanda intervengono nel ciclo di trasformazione della conoscenza in performance economica.

All'interno di questo panorama i brevetti costituiscono uno degli indici di proxy più ampiamente utilizzati sia per l'attività innovativa in generale, sia per la tecnologia industriale in particolare. I dati sui brevetti ci permettono di vedere, in modo relativamente concreto, quando vengono sviluppate nuove soluzioni tecniche, dove l'innovazione è indirizzata nei campi tecnologici e il loro valore, almeno in teoria attraverso il numero di citazioni o la dispersione geografica della protezione.

Tuttavia, la letteratura è coerente nel dire che i brevetti non sono un indicatore completamente completo dell'innovazione. Non tutte le aziende scelgono di brevettare le loro invenzioni, molte innovazioni rimarranno protette da segreti commerciali o assumeranno la forma di cambiamenti organizzativi e di processo difficili da brevettare; inoltre, l'intensità dei brevetti è piuttosto eterogenea da un settore all'altro.

In questo lavoro, tenendo presente queste limitazioni, trattiamo i brevetti come un indicatore parziale ma informativo dell'attività di innovazione tecnologica, combinandoli con misure che riflettono l'equilibrio tra capitalizzare su traiettorie consolidate e avventurarsi in nuovi territori tecnologici insieme a stime dell'impatto delle citazioni. Il concetto è che, sebbene nessun indicatore possa catturare completamente la complessità del fenomeno, questo mix di dimensioni multiple come quantità di brevetti, densità rispetto alla popolazione, equilibrio tra esplorazione e sfruttamento, intensità delle citazioni ci offre un modo più strutturato per avvicinarci all'idea di produttività dell'innovazione a livello territoriale.

CAPITOLO 3 – BREVETTI E CITAZIONI

3.1 BREVETTI COME INDICATORI DI ATTIVITÀ INNOVATIVA

Estrarre i benefici delle intuizioni dalle attività di conoscenza è una parte importante del vantaggio competitivo e del vantaggio sostenibile per un'azienda a lungo termine per competere, e se la generazione di conoscenza potesse essere immediatamente imitata dai concorrenti a costo quasi zero, la competizione avrebbe incentivi molto più deboli a investire in ricerca e sviluppo. Di conseguenza, le aziende e gli inventori utilizzano una gamma di strumenti di proprietà intellettuale per proteggere parzialmente le loro idee attraverso la protezione dei loro strumenti di proprietà intellettuale.

La proprietà intellettuale è la combinazione delle creazioni dell'intelletto umano a cui una o più persone hanno diritto esclusivo: non solo brevetti, ma anche diritti d'autore, marchi, disegni e modelli, segreti commerciali, ecc. I brevetti, quindi, sono il mezzo standard per proteggere le invenzioni tecnologiche.

Dal punto di vista giuridico, il brevetto è un titolo di privativa industriale rilasciato da un ente pubblico (ad esempio un ufficio brevetti nazionale o sovranazionale), descrive in dettaglio cosa sia l'invenzione e concede al titolare un diritto esclusivo limitato e temporaneo per lo sfruttamento economico. In breve, un brevetto è un contratto implicito tra inventore e società: l'inventore rende pubblica la sua soluzione tecnica e in cambio riceve un monopolio limitato nel tempo e nello spazio.

In termini di struttura, un documento di brevetto è tipicamente composto dalle seguenti caratteristiche:

- un'indicazione dello stato dell'arte, o della conoscenza tecnica precedente e del problema che l'invenzione cerca di superare;
- una definizione tecnica dettagliata dell'invenzione, che deve essere sufficientemente chiara da permettere a un "tecnico del settore" di replicarla;
- un insieme di rivendicazioni (claims), cioè le formulazioni legali che identificano chiaramente quali aspetti coprono le protezioni e quanto si estende la protezione.

In altre parole, un'idea deve soddisfare alcuni standard essenziali per essere brevettabile:

- novità: non deve essere già stata divulgata nello stato dell'arte, sia nella letteratura scientifica che attraverso brevetti precedenti;
- non ovvietà: l'idea non sarà ovvia per un esperto del settore, data la ricerca disponibile;
- uso industriale/utilità: almeno in linea di principio, deve essere utile in un'attività produttiva o tecnica.

In altre parole, non sono brevettabili né le soluzioni banali o già note, né le idee puramente astratte prive di utilità concreta.

L'idea dell'economia dietro il sistema dei brevetti è che il diritto esclusivo costituisce, in linea di principio, un incentivo per l'investimento in ricerca e sviluppo: il titolare del brevetto può permettersi di recuperare i costi associati tramite i ricavi che si ottengono dal vantaggio di tenere i rivali fuori dalla stessa soluzione tecnica. Mentre il sistema è autoregolato da una procedura di esame, che riconosce protezioni solo alle invenzioni che soddisfano i criteri sopra menzionati, minimizzando così i rischi di monopolizzare conoscenze già esistenti nel dominio pubblico.

Un brevetto è uno strumento più trasparente a differenza dei segreti commerciali perché descrive l'invenzione in modo completo e, dopo la scadenza del brevetto diventa parte del patrimonio di conoscenza collettiva, quindi accessibile, migliorabile e può essere combinato con altre soluzioni quando necessario. In questo senso, il brevetto non dovrebbe bloccare il progresso tecnologico, ma piuttosto modularlo nel tempo: un periodo di esclusiva, seguito da una disponibilità pubblica dell'informazione tecnica.

Il titolare di un brevetto ha diverse opzioni strategiche. Può:

- sfruttare direttamente il diritto esclusivo, costruendo attorno all'invenzione un modello di business o una famiglia di prodotti/tecnologie;
- trasferire il diritto, tramite licenze o cessioni, consentendo a terzi di usare l'invenzione in cambio di compensi;
- utilizzare il brevetto in modo difensivo o strategico, ad esempio costruendo portafogli di brevetti che circondano un nucleo tecnologico, rendendo più difficile per i concorrenti aggirare la protezione.

I brevetti, naturalmente, hanno anche notevoli limitazioni. In primo luogo, sono costosi: oltre ai costi di deposito e ai costi di mantenimento annuali spesso si devono aggiungere spese legali per proteggere i diritti contro le controversie. In secondo luogo, ci sono rischi informativi: se il brevetto stesso è mal redatto, può trasformarsi in uno strumento che le aziende concorrenti usano per eludere la protezione, creando una soluzione alternativa che è vicina all'invenzione originale.

Un'ulteriore limitazione riguarda la copertura geografica: un brevetto non è automaticamente valido in tutto il mondo, ma solo nelle giurisdizioni in cui tale brevetto è stato depositato o adottato. Di conseguenza, chiunque desideri una protezione ampia dovrebbe superare una moltitudine di procedure e spese, spesso estremamente elevate, presso altri uffici brevetti.

Nel complesso, i brevetti sono uno strumento centrale sia per la strategia competitiva delle imprese, sia per l'analisi economica dell'innovazione: da un lato permettono di regolare l'appropriazione dei risultati della ricerca, dall'altro producono una traccia documentale ricca tramite descrizioni tecniche, classificazioni tecnologiche, citazioni che può essere utilizzata per studiare la geografia e la dinamica dell'attività inventiva.

3.2 IL RUOLO DELLE CITAZIONI

Le citazioni nei documenti di brevetto sono sempre state utilizzate prima come strumento legale, poi come strumento analitico. L'estensione dei diritti di cui gode un titolare di brevetto grazie al principio di esclusività ha sempre richiesto una definizione esplicita, definendo l'originalità dell'invenzione rispetto allo stato dell'arte precedente, sin da quando i mercati della proprietà industriale sono stati fondati e i sistemi si sono evoluti. In questo contesto, i riferimenti ad altri brevetti o alla letteratura tecnica sono utili; delimitano le conoscenze precedenti e, per contrasto, possono aiutare a definire la protezione concessa alla nuova invenzione.

Infatti, da una prospettiva legale, le citazioni non sono solo dettagli bibliografici, ma costituiscono una componente centrale della struttura del documento: spiegano quali elementi sono effettivamente titolati al diritto esclusivo e quali sono posti nel dominio pubblico della conoscenza tecnica.

Dalla fine degli anni '90, la letteratura sull'economia dell'innovazione ha fatto particolare uso delle citazioni di brevetti come proxy per l'importanza tecnologica ed economica delle invenzioni. L'idea è che un brevetto altamente citato modella il futuro del progresso tecnico diventando un riferimento per ulteriori ricerche e sviluppo.

Gli studi hanno dimostrato che le citazioni possono accogliere una certa eterogeneità dei brevetti (Trajtenberg, 1990; Harhoff et al., 1999; Hall et al., 2005), superando la semplicità raggiunta da un mero conteggio numerico dei titoli. Da questa prospettiva:

- maggiori citazioni indicano che l'invenzione è considerata pertinente al suo campo tecnologico;
- un flusso di citazioni che si prolunga nel tempo indica che il brevetto non è solo di moda nel breve periodo, ma che riesce a consolidarsi come base duratura per ulteriori sviluppi.

Le citazioni sono anche informative sia per quantificare quanto un'invenzione sia importante, sia per capire come e dove la conoscenza viene trasmessa. L'analisi dei collegamenti di citazione ci permette di analizzare la direzione tra settori tecnologici e l'estensione geografica del flusso di conoscenza da e verso inventori e titolari di brevetti (Jaffe et al., 1993; Verspagen, 1997).

Il modo in cui le citazioni sono integrate nelle domande di brevetto è soggetto a disposizioni e regole dell'ufficio brevetti competente. Alla fine, si possono trovare due fonti più rilevanti:

- citazioni fornite dal richiedente: il richiedente potrebbe essere sollecitato a dichiarare tutta la documentazione dello stato dell'arte di cui era a conoscenza per dimostrare la novità e la non ovvietà dell'invenzione.
- citazioni aggiunte dagli esaminatori: l'esaminatore del brevetto verifica che le informazioni riguardanti lo stato dell'arte siano complete e può aggiungere ulteriori citazioni se ritiene che il richiedente abbia ommesso documenti pertinenti o che non ne fosse a conoscenza.

Negli Stati Uniti, l'USPTO adotta regole piuttosto stringenti sul dovere di disclosure, come la Duty of Disclosure e il principio di Candor and Good Faith, che richiedono esplicitamente al richiedente di dichiarare tutti i documenti di prior art rilevanti di cui è a conoscenza. Tale obbligo si concretizza nella presentazione dell'Information Disclosure Statement (IDS), un allegato alla domanda che elenca la documentazione tecnica pregressa collegata all'invenzione.

All'interno del sistema europeo, e in particolare con riferimento all'EPO, il ruolo del richiedente è meno centrale in questo senso, infatti, è l'esaminatore che svolge il compito principale sia di ricostruire e citare lo stato dell'arte, sia di identificare autonomamente e inserire la letteratura di riferimento rilevante (Trippe, 2015; Barbieri, 2016).

Queste differenze istituzionali incidono su due aspetti importanti:

- da un punto di vista legale, definiscono la responsabilità del richiedente per la completezza delle informazioni in modo diverso;
- dal punto di vista analitico, influiscono sulla natura stessa delle citazioni, che possono riflettere in misura diversa le scelte strategiche degli inventori rispetto alle valutazioni tecniche degli esaminatori.

Proprio perché le citazioni possono essere inserite sia dal richiedente sia dall'esaminatore, la loro interpretazione come misura pura di flusso di conoscenza presenta alcuni limiti ad esempio, in primo luogo sia l'obbligo di divulgazione che l'attività di ricerca dello stato dell'arte dell'ufficio brevetti garantiscono che un grande livello di completezza delle informazioni sia incorporato nel rapporto. Alla luce di ciò, un elenco di citazioni è una mappa particolarmente ricca delle basi tecnologiche su cui si basa l'invenzione, ma non tutte le citazioni corrispondono a un effettivo processo di apprendimento di comprensione diretta da parte dell'inventore. Tali alterazioni o aggiunte da parte degli esaminatori possono, in alcuni casi, semplicemente riflettere l'adesione alle regole procedurali o il desiderio di evitare conflitti legali, e non sono necessariamente indicative di un contatto cognitivo o collaborativo tra le parti (Alcácer et al., 2009; Harhoff et al., 2003).

Inoltre, alcune citazioni sono utilizzate in modo difensivo per evitare potenziali future controversie, e le pratiche di citazione possono differire tra settori, tra uffici brevetti e in diversi periodi di tempo, risultando in un'eterogeneità che non è sempre facile da gestire.

Questo ha portato alcuni nella letteratura a raccomandare che le citazioni siano trattate con prudenza come indicatori di flussi di conoscenza, integrandole in altre informazioni ad esempio, co-invenzione, co-proprietà di brevetti o legami organizzativi in reti più forti di innovazioni (Almeida e Kogut, 1999; Singh, 2005).

La maggior parte degli studi empirici fa una distinzione generale tra citazioni retrospettive (backward), che si riferiscono a riferimenti all'interno di un brevetto a un documento con una data di pubblicazione precedente e che rappresentano le basi di conoscenza su cui l'invenzione è stata fondata; e citazioni prospettive (forward) ovvero menzioni che un brevetto riceve in documenti successivi servendo come proxy per l'effetto dell'invenzione, nel modo in cui mostrano quanto essa venga citata nel tempo.

Le citazioni prospettive sono meno arbitrarie e possono essere considerate un mezzo diretto per dimostrare che l'invenzione ha avuto un impatto in un particolare campo tecnico rispetto al conteggio dei brevetti. Quando un brevetto è molto citato,

sembra essere uno dei nodi centrali in una rete dato che le soluzioni tecniche diventano un punto di partenza per ulteriori sviluppi, per miglioramenti incrementali o per l'uso in campi tecnologici adiacenti.

L'elemento temporale è cruciale:

- un brevetto che riceve molte citazioni concentrate in pochi anni potrebbe essere indice di una tecnologia di forte impatto ma rapidamente superata;
- un brevetto che continua a essere citato a distanza di decenni suggerisce invece un contributo più strutturale, che rimane rilevante anche al mutare del contesto tecnologico.

Ci sono una serie di problemi legati al troncamento e alla quantità di dati coinvolti nella generazione di citazioni che rendono difficile l'uso delle referenze come misura dell'impatto dell'innovazione:

- Troncamento a destra (innovazioni recenti): le banche dati brevettuali vengono osservate in un momento specifico del tempo. Per i brevetti più recenti, il flusso di citazioni in avanti è inevitabilmente incompleto, perché molte citazioni future non sono ancora state registrate. Di conseguenza, i brevetti depositati negli ultimi anni appaiono artificialmente poco citati, non perché siano necessariamente meno importanti, ma perché hanno avuto meno tempo per accumulare citazioni.
- Troncamento a sinistra (inizio della serie storica): all'estremo opposto, i dati disponibili spesso iniziano a partire da un certo anno quindi le citazioni anteriori a quella data non vengono osservate. In questo caso, i brevetti più vecchi risultano parzialmente osservati, con una sottostima delle citazioni ricevute nella fase iniziale della loro vita.
- Non comparabilità tra le coorti temporali: poiché i brevetti depositati in anni diversi sono troncati in misura diversa, il confronto diretto del numero di citazioni tra coorti temporali può risultare fuorviante. I brevetti recenti sono penalizzati dal poco tempo disponibile per essere citati; quelli antichi subiscono eventuali limiti di copertura delle banche dati nelle fasi iniziali.

Per affrontare questi problemi, sono stati proposti nella letteratura diversi metodi di correzione: Un metodo è una stima ex ante della distribuzione temporale delle citazioni basata su modelli storici delle dinamiche di citazione che risulta in grado di prevedere citazioni mancanti (Trajtenberg, 1990; Hall et al., 2005). Tuttavia, questi

modelli possono essere sensibili sia ai cambiamenti temporali nei processi di esame e concessione dei brevetti sia alle differenze settoriali o nazionali.

Approcci più recenti introducono correzioni per classe tecnologica o per coorte di deposito, ad esempio attraverso effetti fissi che tengono conto del fatto che alcune tecnologie vengono citate più rapidamente o più intensamente di altre (Dass et al., 2017). Anche in questo caso, però, esiste il rischio che tali effetti fissi assorbano non solo il bias di troncamento, ma anche differenze reali nelle dinamiche innovative tra settori.

Nonostante le precauzioni appena discusse, le citazioni di brevetti rimangono uno strumento cruciale per studiare l'innovazione tecnologica: legalmente, aiutano a delimitare lo spazio di protezione e chiarire i rapporti con lo stato dell'arte; analiticamente, permettono di misurare più finemente l'importanza relativa delle invenzioni; ricostruire le traiettorie tecnologiche nel tempo; analizzare i flussi di conoscenza tra territori, aziende e settori. Nelle analisi empiriche, ciò che conta non è tanto l'idea che le citazioni siano una misura perfetta dei flussi di conoscenza, ma il fatto che, con adeguati aggiustamenti metodologici, esse forniscano un punto di osservazione privilegiato sulle reti sottostanti di interdipendenza tecnologica e cognitiva. Per questo motivo, la letteratura le ha progressivamente adottate come un proxy chiave per studiare argomenti come l'intensità dell'innovazione, l'impatto delle invenzioni e, in lavori più recenti le dimensioni di esplorazione e sfruttamento.

3.3 LE CITAZIONI COME PROXY DI EXPLORATION ED EXPLOITATION

Nel contesto teorico sviluppato da James G. March, che è diventato importante per interpretare le strategie di innovazione delle imprese e dei sistemi territoriali. L'esplorazione è una ricerca di nuove conoscenze, esperimenti ed esplorazione di aree all'interno della tecnologia che sono diverse da quelle attualmente conosciute; lo sfruttamento è lo sviluppo delle competenze e il miglioramento delle competenze esistenti, dove gli investimenti sono limitati ad aree relativamente conosciute con un livello di rischio inferiore.

Non è banale rendere chiara ma astratta questa distinzione in dati empirici soprattutto in situazioni in cui non sono disponibili informazioni approfondite sui progetti interni delle singole aziende o sulle spese di ricerca, potrebbero essere necessarie delle proxy basate su dati bibliometrici. In questo ambito, le citazioni di brevetti sono state sempre utilizzate per indagare molteplici aspetti dell'attività di ricerca e sviluppo.

Un approccio interpretativo contemporaneo tratta le citazioni come segnalazioni dei confini tecnologici entro i quali opera l'invenzione. Ad esempio, studi come quelli condotti da Anita M. McGahan e Will Mitchell o Rahul Kapoor dimostrano che è

possibile specificare profondità di ricerca e ampiezza di ricerca esaminando a quali classi tecnologiche i brevetti di una determinata azienda o territorio fanno riferimento.

Più in generale, la letteratura distingue tra citazioni locali e distanti: le prime denotano brevetti appartenenti alle stesse o strettamente correlate classi tecnologiche; le seconde descrivono brevetti di altre classi nella tassonomia tecnologica, ad esempio, nella classificazione IPC o CPC. L'idea è che un portafoglio di citazioni altamente localizzato in poche classi in generale indichi un comportamento di sfruttamento, mentre un portafoglio più distribuito che indirizza l'invenzione verso una varietà di aree tecnologiche indichi esplorazione.

Lo studio di Katila Riitta e Gautam Ahuja offre una suddivisione particolarmente convincente di questi comportamenti in due dimensioni: profondità e ampiezza della ricerca. La profondità è legata a quanto intensamente le imprese tornano sulle stesse fonti di conoscenza, spesso misurata come ripetizione di citazioni a brevetti o classi già utilizzate in passato, mentre l'ampiezza si riferisce al numero e alla varietà di classi tecnologiche nuove che vengono esplorate. Entrambe le dimensioni possono essere misurate a partire dai pattern di citazioni, e la combinazione di alta profondità e bassa ampiezza tende a essere associata a strategie di exploitation, mentre l'alta ampiezza segnala comportamenti più esplorativi.

Questo concetto è stato esplorato nuovamente e modificato in una serie di studi successivi nel contesto dell'ambidestria organizzativa, la combinazione di esplorazione e sfruttamento, la traiettoria di diversificazione tecnologica che le aziende intraprendono e il ruolo dei sistemi di innovazione regionale. In questo contesto, le citazioni di brevetti sono interpretate non solo come indicatori di impatto (quante volte un brevetto è citato) ma anche, come caratterizzazioni direzionali di dove un sistema di innovazione guarda quando sviluppa nuove tecnologie.

Operativamente, utilizzare le citazioni come proxy per esplorazione e sfruttamento comporta alcune decisioni di misurazione. Innanzitutto, la prossimità tecnologica tra classi o tra brevetti deve essere definita. Un rimedio ampiamente disponibile e a cui molti libri statistici e molte ricerche empiriche si sono rivolti in passato è stato considerare locali le citazioni che sono collegate alla stessa classe principale, ad esempio, la stessa sezione o classe a due/tre cifre della classificazione IPC e distanti a classi diverse.

In secondo luogo, è necessario decidere se analizzare le citazioni a livello di singolo brevetto, di impresa, di settore o come nel caso di questa tesi di territorio (provincia). Aggregando le informazioni sulle citazioni di tutti i brevetti attribuiti a una certa unità territoriale e a un certo periodo di tempo, è possibile costruire indicatori sintetici che descrivono, per ciascuna provincia e quinquennio, quanto l'attività inventiva è

concentrata su traiettorie note (sfruttamento) o si spinge verso ambiti nuovi (esplorazione).

In questa prospettiva, l'indice di sfruttamento H_{it}^{mean} evidenziato nel capitolo successivo può essere interpretato come una misura media della località delle citazioni: valori più elevati indicano che, in media, i brevetti di una provincia in un dato quinquennio citano prevalentemente classi tecnologiche vicine, ad esempio all'interno dello stesso dominio tecnico. L'indicatore complementare di esplorazione $Expl_{it}^{mean}$ misura invece la quota di collegamenti verso classi relativamente distanti; valori più elevati suggeriscono un comportamento più orientato alla ricerca di nuove combinazioni di conoscenza, coerente con la nozione marchiana di exploration.

Questa logica è coerente con interpretazioni a lungo termine delle citazioni come tracce dei flussi di conoscenza: un sistema territoriale che esplora molto, tenderà a collegare le sue invenzioni a una gamma più ampia di aree tecnologiche, e un sistema focalizzato sullo sfruttamento sfrutterà la conoscenza consolidata esistente in un numero limitato di aree. Gli indicatori basati su citazioni forniscono un modo possibile per operationalizzare una distinzione concettuale in quantità, che altrimenti rimarrebbe astratta e difficile da osservare su larga scala.

Tuttavia, l'uso delle citazioni come proxy per esplorazione e sfruttamento ha le sue significative limitazioni. Questo è il motivo per cui tutte le interpretazioni devono sempre essere caute e utilizzate in combinazione con altre informazioni ad esempio, conteggio dei brevetti, densità dei brevetti sulla popolazione, classificazioni settoriali.

Nonostante tali limiti, le citazioni restano una delle poche fonti che consentono di misurare sistematicamente, su orizzonti temporali lunghi e su un insieme ampio di territori, le modalità con cui la conoscenza viene ricombinata. In questo senso, esse costituiscono un tassello fondamentale per passare dal livello concettuale (exploration vs exploitation) a quello empirico, e per analizzare, come verrà fatto nei capitoli empirici, se e in che modo l'intensità brevettuale e il mix exploration-exploitation risultano associati a differenze nell'impatto tecnologico misurato tramite le citazioni ricevute.

3.4 BREVETTI, CITAZIONI E PRODUTTIVITÀ INNOVATIVA TERRITORIALE

L'applicazione combinata di brevetti e citazioni in questa tesi non è intesa a misurare l'innovazione nella sua interezza, ma piuttosto a estrarre alcune particolari dimensioni della produttività innovativa dei territori. Secondo una tradizione iniziata da Griliches (1990) e ulteriormente elaborata da una serie di lavori successivi, tuttavia, il conteggio

dei brevetti è considerato un indice incompleto ma indicativo della produzione innovativa codificata, particolarmente nei settori guidati dalla tecnologia avanzata.

Tuttavia, un mero numero di brevetti non può spiegare il modo in cui la conoscenza viene sfruttata e combinata. Territori con identica attività brevettuale possono intraprendere percorsi molto diversi lungo il continuum, sia in termini di sfruttamento dei percorsi prevalenti sia di inseguimento di nuovi percorsi. Al contrario, singoli brevetti possono produrre implicazioni molto divergenti per i futuri percorsi tecnologici, come è stato visto dalla ricerca che collega la frequenza delle citazioni al valore economico e tecnologico delle invenzioni (Trajtenberg, 1990; Harhoff et al., 1999; Hall, Jaffe e Trajtenberg, 2005).

Pertanto, l'analisi empirica utilizza tre famiglie di indicatori:

- Il tasso e la densità dei brevetti (il volume dei brevetti e i brevetti per milione di persone), entrambi caratterizzano la quantità e la concentrazione dei brevetti. Queste sono misure che riflettono la quantità di sforzi innovativi codificati e la densità della conoscenza tecnologica nella provincia.
- Mix tra sfruttamento ed esplorazione: indici aggregati creati prendendo i tassi di citazione retrospettiva attraverso classi tecnologiche. Alti punteggi dell'indice di sfruttamento suggeriscono che i brevetti di una provincia dipendono principalmente da classi conosciute e vicine, mentre indicatori di esplorazione più elevati mostrano una forte propensione che può provenire da fonti di informazione distanti o eterogenee.
- Impatto medio delle citazioni, determinato dalla quantità di citazioni in avanti ricevute nei cinque anni successivi alla pubblicazione. Nonostante i problemi di troncamento temporale, questa misura mostra l'impatto delle invenzioni provinciali sullo sviluppo successivo delle tecnologie.

Questi indicatori possono essere letti insieme per scomporre la produttività innovativa territoriale in tre componenti: numero di output brevettuali, qualità nelle strategie di ricombinazione della conoscenza e contributo delle loro invenzioni per il progresso tecnologico complessivo. L'idea alla base è che un sistema territoriale particolarmente produttivo non è solo quello che fa molti brevetti, ma uno che può trasformare quella densità di conoscenza in combinazioni tecnologiche efficaci che lavorano con talento ben consolidato, ma che hanno un qualche tipo di impatto riconosciuto proprio, e aprono nuove vie di sviluppo.

Questa procedura è intimamente connessa alla domanda di ricerca della tesi, che è indagare se nelle province italiane l'intensità e la densità dei brevetti più elevate siano

associate a cambiamenti del rapporto esplorativo e di sfruttamento e alle differenze dell'impatto medio delle citazioni, quindi una lettura più sofisticata della relazione tra la densità della conoscenza e la performance innovativa territoriale.

CAPITOLO 4 – DATI E METODOLOGIA

4.1 UNITÀ DI ANALISI E COSTRUZIONE DEL PANNELLO PROVINCIA-QUINQUENNIO

L'unità di analisi è la provincia italiana (NUTS-3) identificata da un codice numerico coerente. Ogni domanda di brevetto europeo con almeno un richiedente italiano è stata associata a:

- un codice provincia, basato sull'indirizzo del richiedente;
- l'anno di priorità o di domanda;
- informazioni sul profilo delle citazioni (citazioni backward e forward);
- le classi tecnologiche di riferimento.

Nel caso di co-assegnazioni, ovvero brevetti che coinvolgono più province, ogni provincia riceve un'unità della domanda: il dataset operativo a livello provinciale-cinque anni è costruito in modo che un brevetto co-assegnato a più province contribuisca come uno a ciascuna di esse. Questo riflette l'idea che tutti i territori coinvolti partecipano all'attività inventiva.

Gli anni sono successivamente aggregati in otto quinquenni:

1. 1978–1982
2. 1983–1987
3. 1988–1992
4. 1993–1997
5. 1998–2002
6. 2003–2007
7. 2008–2012
8. 2013–2017

Per ciascuna provincia i e quinquennio t viene costruita una cella del pannello

I dati provengono da archivi brevettuali europei che contengono informazioni su:

- identificativo della domanda (`apl_n_id`), data e anno di domanda;
- citazioni backward (`bkwd_cttn_nb` e `lag medio`);

- citazioni forward a diversi orizzonti temporali, in particolare il numero di citazioni nei cinque anni successivi alla pubblicazione (*frwd_cttn_five_nb*);
- classificazione tecnologica IPC e macro-settori.

Le citazioni forward sono ripulite rispetto all'orizzonte di osservazione: i brevetti troppo recenti, che non hanno avuto cinque anni di finestra temporale per ricevere citazioni, vengono esclusi dal calcolo di *frwd_cttn_five_nb* e dall'impatto medio, per evitare distorsioni legate alla censura a destra del periodo di osservazione.

4.2 COSTRUZIONI DELLE VARIABILI CHIAVE E DEI MODELLI PANEL

Per ciascuna provincia e quinquennio si utilizza la popolazione media del periodo, derivata da serie storiche ufficiali di popolazione residente per provincia da fonti ISTAT. Questa informazione consente di normalizzare l'intensità brevettuale per dimensione demografica e di calcolare indicatori di densità brevettuale, come brevetti per milione di abitanti, seguendo un approccio comune nella letteratura su innovazione e crescita regionale.

A livello di provincia–quinquennio, le variabili principali sono:

- n_{it} : numero di domande di brevetto attribuite alla provincia i nel quinquennio t ;
- pop_{it} : popolazione media provinciale del quinquennio;
- $dens_pop_{it} = (n_{it}/pop_{it}) \times 10^6$: brevetti per milione di abitanti;
- H_{it}^{mean} : indice medio di exploitation;
- $Expl_{it}^{mean}$: indice medio di exploration;
- Imp_{it}^{mean} : impatto medio.

Le ultime tre variabili sono costruite a partire da misure a livello di brevetto:

- Per ogni brevetto b , l'indice di originalità $orglt_{nb(b)}$ misura la dispersione delle citazioni backward fra classi tecnologiche secondo Trajtenberg et al. Mentre l'indice di Herfindahl (sommatoria dei quadrati delle quote delle citazioni di ciascun campo tecnologico) sulle stesse quote di citazione $s_{i,b}$ è definito come $H(b) = \sum_i s_{i,b}^2$.

Valori elevati di $H(b)$ indicano forte concentrazione (exploitation), valori bassi indicano dispersione (exploration).

- Nel dataset operativo, l'indice di exploitation a livello di brevetto è definito come complemento dell'originalità:

$$H(b) = 1 - orglt_nb(b)$$

- L'indice di exploration a livello di brevetto coincide con l'originalità:

$$Expl(b) = orglt_nb(b)$$

A livello provincia–quinquennio:

$$H_{it}^{mean} = \frac{1}{n_{it}} \sum_{b \in (i,t)} H(b), Expl_{it}^{mean} = \frac{1}{n_{it}} \sum_{b \in (i,t)} Expl(b)$$

In modo analogo, l'impatto di ciascun brevetto è definito come:

$$Imp(b) = \ln(1 + frwd_cttn_five_nb(b))$$

e la misura aggregata:

$$Imp_{it}^{mean} = \frac{1}{n_{it}} \sum_{b \in (i,t)} Imp(b)$$

Per studiare le relazioni fra intensità/densità brevettuale, mix exploitation–exploration e impatto citazionale, si utilizza un modello panel a effetti fissi provinciali. La dimensione temporale è il quinquennio $t = 1, \dots, 8$.

La forma generale è:

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta X_{it} + \varepsilon_{it}$$

dove:

- Y_{it} è alternativamente una delle variabili: $Expl_{it}^{mean}$, H_{it}^{mean} , Imp_{it}^{mean} ;
- X_{it} è, di volta in volta, una delle altre variabili chiave per esplorare tutte le combinazioni rilevanti;
- α_i è un effetto fisso provinciale che cattura caratteristiche invariate nel tempo ad esempio struttura produttiva, dotazione di capitale umano, storia industriale, ecc.;

- ε_{it} è il termine di errore idiosincratico.

Le stime sono effettuate con regressioni a effetti fissi ed errori standard clusterizzati per provincia, in modo da tenere conto di eteroschedasticità e autocorrelazione intra-provinciale.

L'obiettivo non è costruire un modello strutturale esaustivo, ma verificare se, una volta controllato per eterogeneità non osservata, emergano relazioni sistematiche fra le variabili chiave.

CAPITOLO 5 – ANALISI DESCRITTIVE

5.1 DISTRIBUZIONE AGGREGATE A LIVELLO PROVINCIA-QUINQUENNIO

A livello di cella provincia–quinquennio, il dataset mostra una forte eterogeneità nell'intensità e nella densità brevettuale, accompagnata da una maggiore stabilità negli indici medi di sfruttamento ed esplorazione.

Variabile	mean	sd	p25	p50	p75	min	max	N
n_brevetti	93.58	228.87	7	21	78	1	2254	802
dens_pop	127.30	166.71	18.32	55.92	169.76	1.33	1161.92	802
H_mean	.64	.16	.55	.63	.72	.19	1	694
exploration_mean	.36	.16	.28	.37	.45	0	.81	694
impact_mean	.19	.16	.07	.18	.28	0	1.61	802

Tabella 5.1 – Statistiche descrittive di base a livello provincia–quinquennio

Dai dati, possiamo vedere che la quantità di brevetti per provincia-cinque anni ha una media nell'ordine di alcune decine, ma una deviazione standard molto alta e valori del terzo quartile significativamente superiori alla mediana. La distribuzione mostra quindi una marcata asimmetria; pochi periodi di cinque anni per provincia hanno un numero molto alto di brevetti, mentre la maggior parte ha valori modesti.

La densità brevettuale, misurata come brevetti per milione di abitanti, mostra uno schema analogo: un valore medio intorno a un centinaio di brevetti per milione, ma con dispersione elevata e coda lunga verso l'alto. Gli indici di sfruttamento H_{it}^{mean} ed esplorazione $Expl_{it}^{mean}$, invece, risultano molto più concentrati: l'exploitation media si colloca vicino a 0,64, con quartili compresi in un intervallo relativamente stretto, mentre l'exploration media è, per costruzione, il complemento circa 0,36.

L'impatto medio, misurato come logaritmo delle citazioni forward a cinque anni, è in media piuttosto contenuto (intorno a 0,2), con molti casi in cui i brevetti non ricevono citazioni entro l'orizzonte considerato e pochi casi con valori elevati.

5.2 EVOLUZIONE TEMPORALE DELLE PRINCIPALI VARIABILI

L'evoluzione nel tempo dell'attività brevettuale e delle sue caratteristiche qualitative è sintetizzata in Tabella 5.2, che riporta, per ciascun quinquennio di domanda (1978–1982, ..., 2013–2017), le statistiche descrittive di base delle variabili di interesse: numero di brevetti provinciali nel quinquennio (n_{it}), densità brevettuale ($dens_pop_{it}$), indice di sfruttamento medio H_{it}^{mean} , indice di esplorazione media $Expl_{it}^{mean}$ e impatto citazionale medio Imp_{it}^{mean} .

Quinquennio q5 = 1 (1978-1982)

Statistica	n_brevetti	dens_pop	H_mean	exploration_mean	impact_mean
mean	17.74	21.71	.63	.36	.19
sd	50.78	29.04	.25	.25	.21
p25	2	4.79	.49	0	0
p50	5	14.10	.59	.40	.14
p75	15.5	26.39	1	.50	.31
min	1	1.37	.25	0	0
max	387	211.77	1	.75	1.09
N	88	88	38	38	88

Tabella 5.2.1 - Statistiche descrittive per quinquennio

Quinquennio q5 = 2 (1983-1987)

Statistica	n_brevetti	dens_pop	H_mean	exploration_mean	impact_mean
mean	52.61	63.32	.64	.35	.24
sd	160.36	88.16	.19	.19	.17
p25	5	13.66	.54	.21	.09
p50	13	35.20	.61	.38	.24
p75	38	78.73	.78	.46	.32
min	1	1.36	.222	0	0
max	1343	633.14	1	.77	.80
N	97	97	76	76	97

Tabella 5.2.2 - Statistiche descrittive per quinquennio

Quinquennio q5 = 3 (1988-1992)

Statistica	n_brevetti	dens_pop	H_mean	exploration_mean	impact_mean
mean	88.80	114.59	.67	.33	.28
sd	247.52	160.87	.17	.17	.19
p25	6	15.80	.55	.24	.21
p50	21.5	66.77	.65	.34	.27
p75	63	143.68	.75	.44	.34
min	1	1.33	.25	0	0
max	2120	1161.91	1	.75	1.6
N	98	98	88	88	98

Tabella 5.2.3 - Statistiche descrittive per quinquennio

Quinquennio q5 = 4 (1993-1997)

Statistica	n_brevetti	dens_pop	H_mean	exploration_mean	impact_mean
mean	81.64	110.38	.62	.38	.24
sd	217.11	137.89	.18	.18	.16
p25	7	16.59	.50	.26	.14
p50	23	63.99	.62	.37	.24
p75	59	146.92	.73	.49	.34
min	1	2.34	.18	0	0
max	1847	824.62	1	.81	.70
N	101	101	94	94	101

Tabella 5.2.4 - Statistiche descrittive per quinquennio

Quinquennio q5 = 5 (1998-2002)

Statistica	n_brevetti	dens_pop	H_mean	exploration_mean	impact_mean
mean	107.54	151.15	.64	.35	.20
sd	245.49	171.35	.15	.15	.14
p25	10	21.86	.57	.29	.11
p50	25.5	98.77	.62	.37	.21
p75	95	198.88	.70	.42	.29
min	1	2.90	.25	0	0
max	1936	915.56	1	.75	.95
N	102	102	98	98	102

Tabella 5.2.5 - Statistiche descrittive per quinquennio

Quinquennio q5 = 6 (2003-2007)

Statistica	n_brevetti	dens_pop	H_mean	exploration_mean	impact_mean
mean	118.06	166.71	.64	.35	.14
sd	251.20	188.31	.13	.13	.10
p25	9	27.20	.56	.28	.06
p50	29	106.00	.64	.35	.15
p75	105	253.61	.71	.43	.21
min	1	3.65	.22	0	0
max	1968	1107.86	1	.77	.44
N	105	105	99	99	105

Tabella 5.2.6 - Statistiche descrittive per quinquennio

Quinquennio q5 = 7 (2008-2012)

Statistica	n_brevetti	dens_pop	H_mean	exploration_mean	impact_mean
mean	122.94	170.62	.64	.35	.14
sd	244.83	184.30	.13	.13	.11
p25	10	29.82	.56	.30	.07
p50	29.50	93.02	.63	.36	.14
p75	128	272.08	.69	.43	.18
min	1	2.55	.25	0	0
max	1925	915.60	1	.75	.89
N	106	106	102	102	106

Tabella 5.2.7 - Statistiche descrittive per quinquennio

Quinquennio q5 = 8 (2013-2017)

Statistica	n_brevetti	dens_pop	H_mean	exploration_mean	impact_mean
mean	143.21	196.67	.638	.36	.11
sd	286.66	207.10	.12	.12	.09
p25	15	32.38	.57	.29	.05
p50	35	120.18	.63	.36	.09
p75	146	301.48	.70	.42	.14
min	1	2.24	.30	0	0
max	2254	1090.73	1	.69	.40
N	105	105	99	99	105

Tabella 5.2.8 - Statistiche descrittive per quinquennio

Dal punto di vista quantitativo, la dinamica del numero di brevetti mostra una crescita molto marcata nel corso dell'orizzonte considerato. La media provinciale per quinquennio passa da circa 18 brevetti nel periodo 1978–1982 a oltre 140 nel 2013–2017. Il percorso non è perfettamente monotono, infatti, si osserva un rallentamento nella fase 1993–1997, ma la tendenza complessiva è chiaramente ascendente. Un andamento analogo si riscontra per la densità brevettuale che cresce da poco più di 20 brevetti per milione nei primi anni Ottanta a quasi 200 nel quinquennio più recente. Questo indica che la crescita dell'attività brevettuale non è imputabile solo alla maggiore dimensione o popolazione delle province, ma riflette anche un'intensificazione dell'output brevettuale per unità di popolazione.

Sul piano qualitativo, gli indici di sfruttamento ed esplorazione mostrano invece una dinamica molto più stabile. L'indice di sfruttamento H_{it}^{mean} oscilla intorno a valori compresi tra 0,62 e 0,67 nei diversi quinquenni, mentre l'indice di esplorazione $Expl_{it}^{mean}$, essendo definito come complemento a uno, si mantiene specularmente nell'intorno di 0,33–0,38. In altre parole, pur in presenza di una forte espansione dei volumi, il mix exploitation–exploration medio a livello provinciale resta sorprendentemente stabile nel tempo, senza tendenze marcate verso traiettorie più esplorative o più di sfruttamento. Questo risultato è coerente con l'idea che gli orientamenti tecnologici e le routine innovative territoriali siano fenomeni relativamente persistenti e radicati, piuttosto che volatili nel breve periodo (cfr. March, 1991; Breschi & Lissoni, 2001).

Più interessante è la dinamica dell'impatto citazionale medio. La Tabella 5.2 mostra come Imp_{it}^{mean} tenda a crescere nei primi quattro quinquenni, raggiungendo un picco attorno alla fine degli anni Ottanta–inizio anni Novanta (valori medi dell'ordine di 0,28–0,29), per poi diminuire progressivamente, fino a valori prossimi a 0,10 nell'ultimo periodo. Questa traiettoria può riflettere un progressivo aumento della competizione tecnologica e della densità di brevetti a livello globale, che rende più difficile ottenere alti livelli di citazioni relative (cfr. Jaffe & Trajtenberg, 2002; Hall, Jaffe & Trajtenberg, 2005).

Per rendere più immediatamente interpretabile la dinamica congiunta di queste variabili, si è costruito un grafico di tendenza che riporta, per ciascun quinquennio, le medie provinciali di n_{it} , $dens_pop_{it}$, Imp_{it}^{mean} .

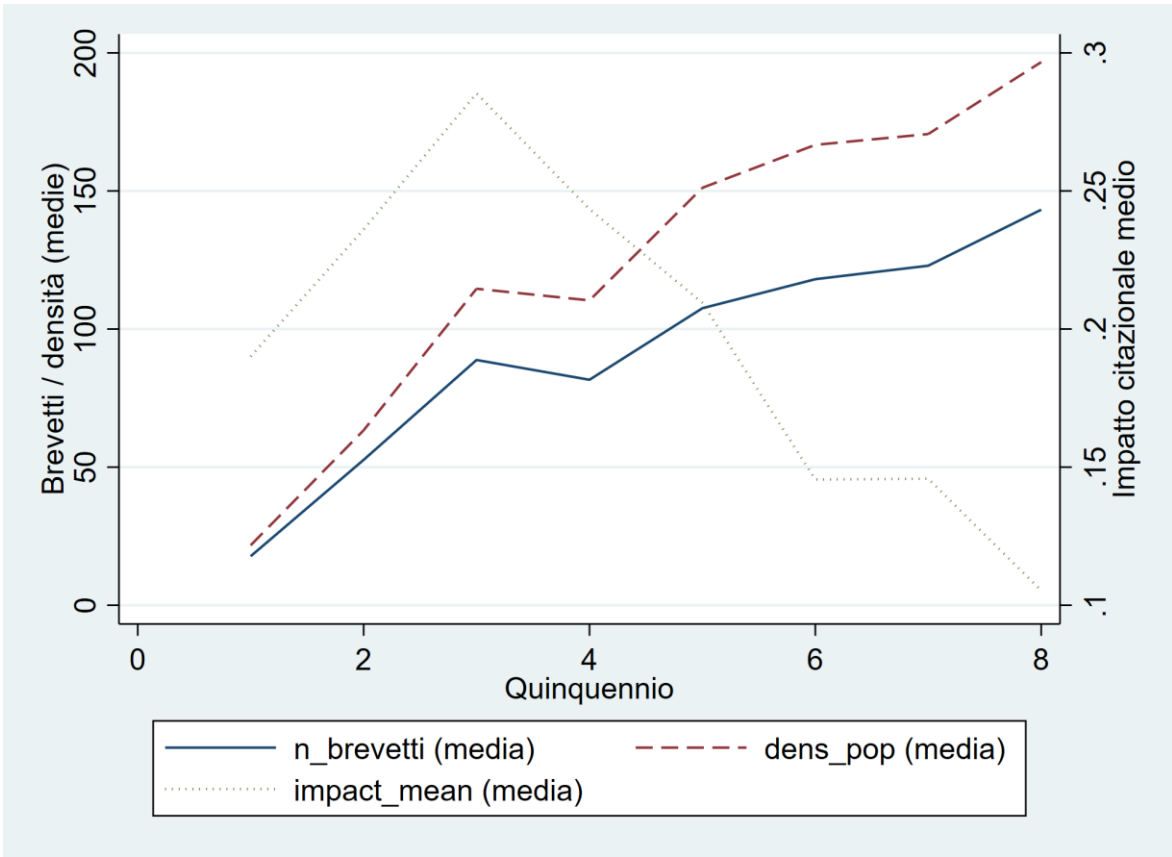


Figura 5.2.1 - Trend quinquennale delle principali variabili (medie provinciali)

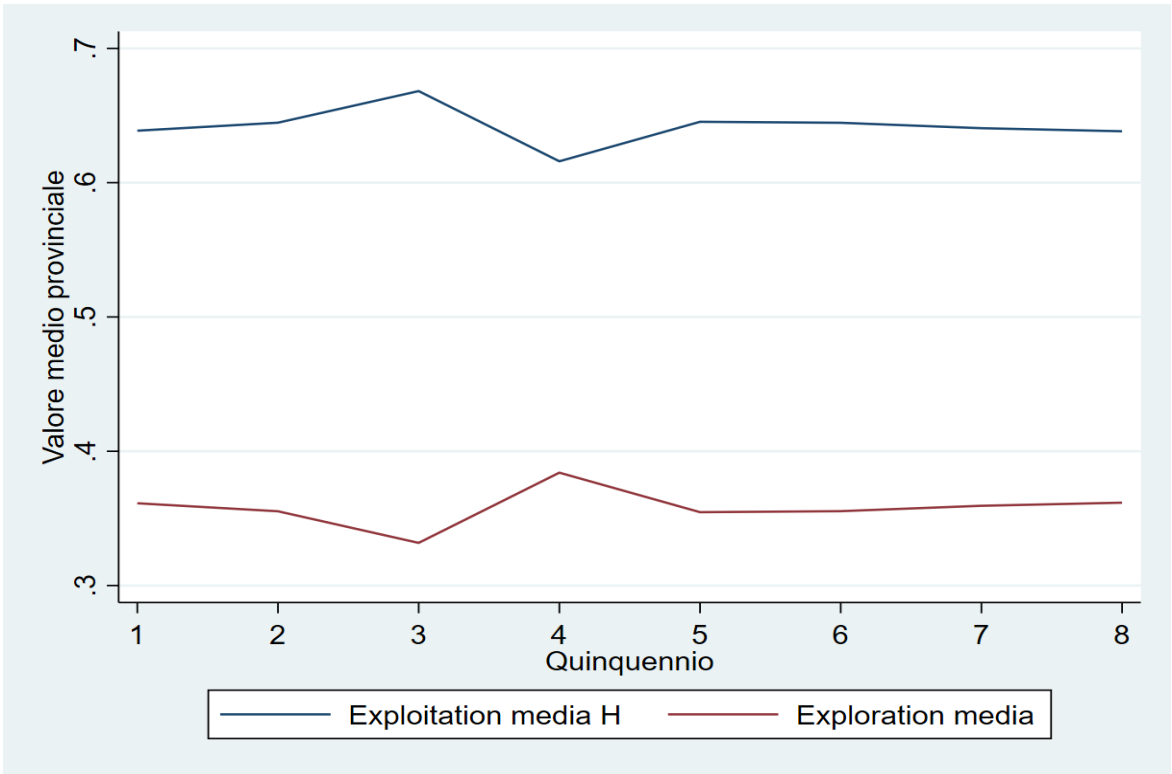


Figura 5.2.1 - trend quinquennale degli indici medi di exploitation ed exploration (medie provinciali)

5.3 ETEROGENEITÀ PER DENSITÀ BREVETTUALE

Per cogliere le differenze strutturali tra contesti provinciali, si è analizzata l'eterogeneità delle variabili di interesse lungo la dimensione della densità brevettuale media. Quindi, le osservazioni provincia–quinquennio sono state suddivise in tre gruppi di pari numerosità (terzili) in base alla distribuzione di $dens_{pop_{it}}$: bassa, media e alta densità brevettuale.

Bassa densità	mean	sd	p25	p50	p75	min	max	obs
Numero brevetti	6.97	10.21	2.00	4.00	8.00	1.00	97.00	268
Brevetti per milione di abitanti	12.12	7.44	5.25	11.03	18.35	1.33	27.21	268
Exploitation media H	0.65	0.24	0.49	0.63	0.83	0.19	1.00	167
Exploration media	0.34	0.24	0.16	0.37	0.50	0.00	0.80	167
Impatto medio	0.14	0.21	0.00	0.06	0.23	0.00	1.60	268

Tabella 5.3.1 - Statistiche descrittive per terzili di densità

Media densità	mean	sd	p25	p50	p75	min	max	obs
Numero brevetti	29.10	44.14	12.00	19.00	30.00	3.00	430.00	267
Brevetti per milione di abitanti	63.71	26.96	39.06	55.94	87.34	27.22	117.59	267
Exploitation media H	0.64	0.16	0.53	0.63	0.75	0.18	1.00	260
Exploration media	0.35	0.165	0.24	0.36	0.46	0.00	0.81	260
Impatto medio	0.21	0.13	0.10	0.20	0.29	0.00	0.78	267

Tabella 5.3.2 - Statistiche descrittive per terzili di densità

Alta densità	mean	sd	p25	p50	p75	min	max	obs
Numero brevetti	244.98	347.77	65.00	131.00	251.00	20.00	2254.00	267
Brevetti per milione di abitanti	306.48	182.35	169.76	253.61	379.01	117.86	1161.91	267
Exploitation media H	0.63	0.07	0.58	0.63	0.68	0.39	0.80	267
Exploration media	0.36	0.07	0.31	0.36	0.41	0.20	0.60	267
Impatto medio	0.21	0.11	0.13	0.20	0.28	0.01	0.95	267

Tabella 5.3.3 - Statistiche descrittive per terzili di densità

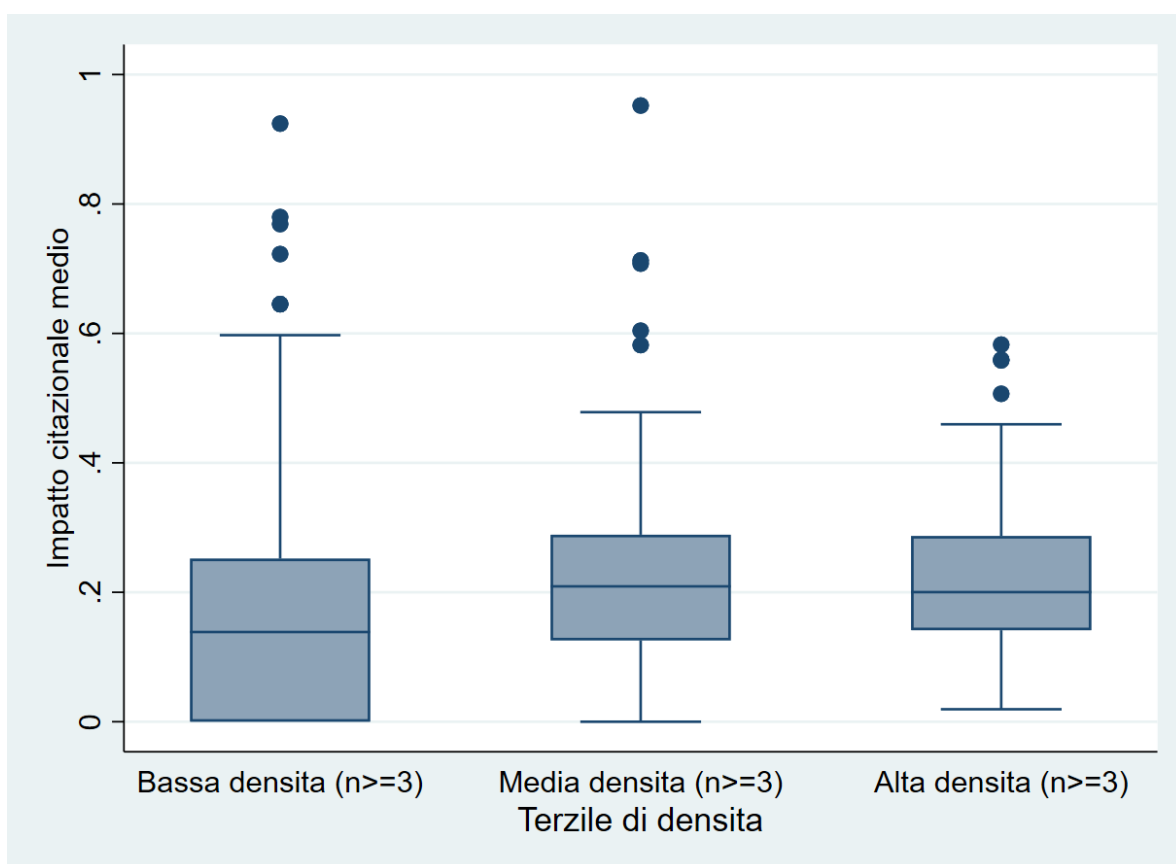


Figura 5.3 - Distribuzione dell'impatto citazionale per terzili di densità brevettuale

Come previsto, il passaggio dal primo al terzo terzile comporta un notevole aumento del numero medio di brevetti e della densità di brevetti; nelle province a bassa densità, il numero medio di brevetti per periodo quinquennale è inferiore a 10, con valori di $dens_{pop_{it}}$ attorno a 10–15 brevetti per milione di abitanti; d'altra parte, per il terzile ad alta intensità, il numero medio n_{it} aumenta a circa 245 brevetti per periodo quinquennale, con valori medi $dens_{pop_{it}}$ superiori a 300. Di conseguenza, c'è un ordine di grandezza di differenza tra i gruppi che indica un'alta concentrazione

territoriale di brevetti. Tuttavia, negli indici di sfruttamento/esplorazione, la variazione è molto più contenuta: H_{it}^{mean} scende dalle province relativamente meno dense (circa 0,65) a quelle più attive, intorno a 0,63 mentre $Expl_{it}^{mean}$ aumenta in modo speculare da 0,35 a 0,37. Tale distinzione indica che in ambienti di brevetti "più ricchi" potrebbe esserci una leggera tendenza verso traiettorie esplorative, anche se non si tratta di un cambiamento drammatico. Più sorprendente è la differenza nell'impatto medio delle citazioni. L'indicatore Imp_{it}^{mean} aumenta sensibilmente passando dalle province a bassa densità (valori medi intorno a 0,15) a quelle dei due terzi superiori (valori medi nell'ordine di 0,21–0,22). Ciò indica che le province con maggiore intensità brevettuale non solo brevettano di più, ma tendono anche a generare brevetti che, in media, ricevono un numero più elevato di citazioni, segnalando una maggiore visibilità o rilevanza tecnologica delle invenzioni provenienti da tali contesti. La significatività statistica è ulteriormente esaminata utilizzando modelli non parametrici e modelli panel nel capitolo successivo, tuttavia, si trova una correlazione convincente tra densità di brevetti ed effetto qualità/citazione dell'output innovativo sulle variabili descrittive.

5.4 CORRELAZIONI BIVARIATE TRA LE VARIABILI CHIAVE

Per completare il quadro descrittivo, si analizzano le correlazioni lineari tra le principali variabili a livello provincia–quinquennio. Tabella 5.4 riporta la matrice delle correlazioni di Pearson tra n_{it} , $dens_{pop}_{it}$, H_{it}^{mean} , $Expl_{it}^{mean}$ e Imp_{it}^{mean} , insieme ai corrispondenti p-value.

	n_brevetti	dens_pop	H_mean	exploration_mean	impact_mean
n_brevetti	1				
dens_pop	0,671	1			
	<i>0</i>				
H_mean	-0,052	-0,014	1		
	<i>0,169</i>	<i>0,721</i>			
exploration	0,052	0,014	-1,000	1	
	<i>0,169</i>	<i>0,721</i>	<i>0</i>		
impact_mean	0,078	0,092	-0,037	0,037	1
	<i>0,028</i>	<i>0,009</i>	<i>0,333</i>	<i>0,333</i>	

Tabella 5.4- Correlazioni bivariate (p-value in corsivo)

Il risultato più evidente è la forte correlazione positiva tra il numero di brevetti e la densità brevettuale ($\rho \approx 0,67$, $p < 0,001$), che conferma come queste due misure colgano dimensioni strettamente complementari dell'intensità brevettuale. L'indice di sfruttamento H_{it}^{mean} e quello di esplorazione $Expl_{it}^{mean}$ risultano, per costruzione, perfettamente negativamente correlati ($\rho = -1$), poiché $Expl = 1 - H$; questo aspetto è rilevante per interpretare correttamente i risultati dei modelli successivi, dove includere contemporaneamente le due variabili sarebbe ridondante.

Le correlazioni tra gli indici H/Expl e le misure di intensità brevettuale (n_{it} , $dens_{pop_{it}}$) sono invece molto deboli e non statisticamente significative, sia in termini di segno sia di magnitudine. Ciò è coerente con quanto osservato nelle sezioni precedenti: il mix exploration-exploitation appare relativamente scollegato dal livello di intensità brevettuale, almeno a livello di correlazioni statiche.

L'impatto citazionale medio Imp_{it}^{mean} presenta correlazioni positive ma deboli con il numero di brevetti e la densità brevettuale; la significatività statistica è limitata e non consente una relazione lineare forte tra intensità e impatto. Questo quadro motiva l'adozione, nel capitolo successivo, di modelli panel a effetti fissi, che consentono di separare le variazioni intra-provincia nel tempo da quelle attribuibili a eterogeneità strutturale tra province.

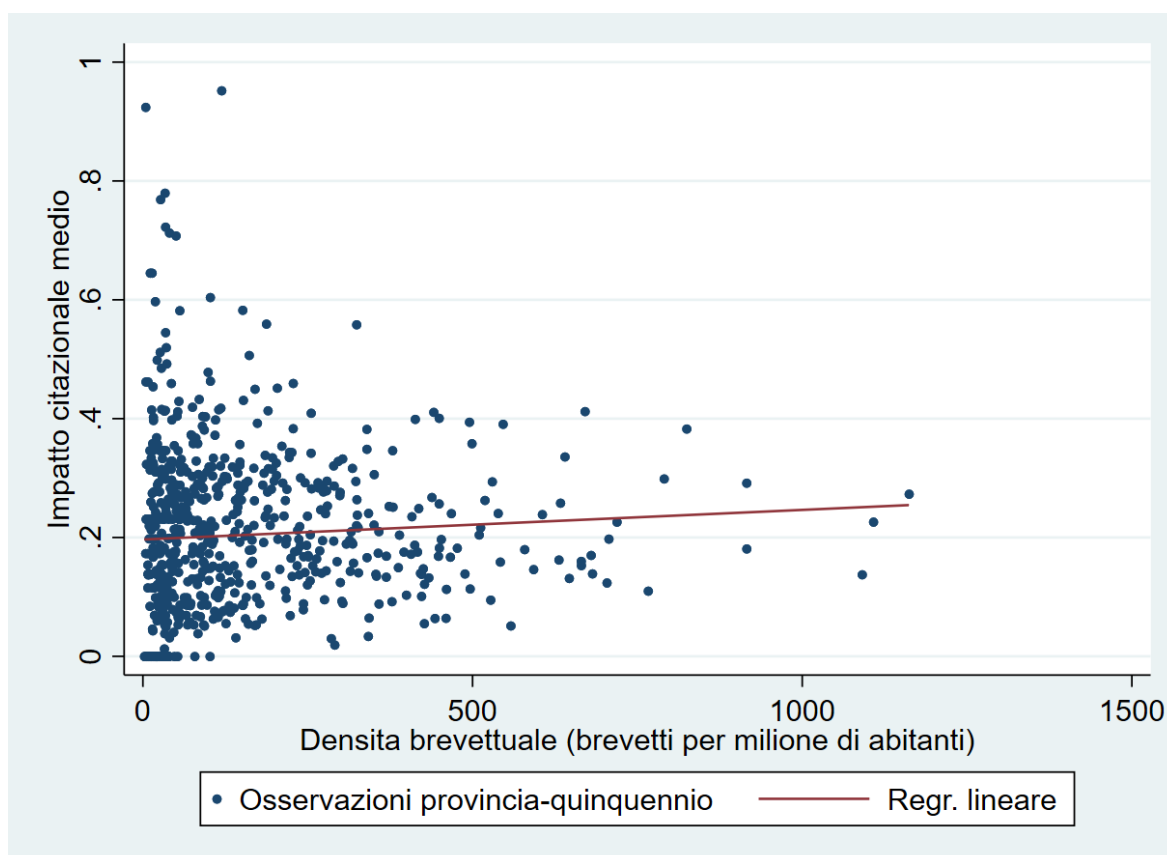


Figura 5.4 - relazione tra densità brevettuale e impatto citazionale medio a livello provincia-quinquennio

5.5 ANALISI DI ROBUSTEZZA

Per verificare che i risultati descrittivi non siano guidati da province e quinquenni con numeri di brevetti estremamente bassi, si è costruito un sottocampione in cui si escludono le osservazioni con $n_{it} < 3$. In questo modo si riduce il rischio che valori anomali o estremamente instabili degli indici di sfruttamento/esplorazione e dell'impatto citazionale derivino da basi brevettuali quasi nulle.

Statistica	n_brevetti	dens_pop	H_mean	exploration_mean	impact_mean
mean	106.55	144.45	0.64	0.36	0.20
sd	241.67	171.22	0.15	0.15	0.13
p25	10.00	28.28	0.55	0.28	0.10
p50	27.00	80.04	0.63	0.36	0.19
p75	95.00	201.96	0.71	0.44	0.28
min	3.00	2.10	0.18	0.00	0.00
max	2254.00	1161.91	1.00	0.81	0.95
N	703	703	658	658	703

Tabella 5.5 - Statistiche descrittive complessive (sottocampione con $n_{brevetti} \geq 3$)

La media di n_{it} e $dens_{pop_{it}}$ aumenta come previsto rispetto all'intero campione (da circa 94 a oltre 106 brevetti per periodo di cinque anni, e da 127 a circa 144 brevetti per milione di abitanti), mentre gli indici H_{it}^{mean} ed $Expl_{it}^{mean}$ mantengono valori medi quasi invariati. Anche l'impatto citazionale medio Imp_{it}^{mean} cresce, riflettendo la maggiore "massa critica" della produzione di brevetti nelle osservazioni considerate. Per confermare se la correlazione tra densità di brevetti e impatto delle citazioni osservata nel campione totale si mantiene nel sottocampione, vengono costruiti i terzili di densità, questa volta limitando l'analisi alle osservazioni con $n_{it} \geq 3$. La tabella 5.6 riporta le statistiche descrittive di H_{it}^{mean} , $Expl_{it}^{mean}$ e Imp_{it}^{mean} per questi terzili.

Terzile: Bassa densità

Statistica	n_brevetti	dens_pop	H_mean	exploration_mean	impact_mean
mean	11.80	20.74	0.65	0.34	0.17
sd	13.85	9.40	0.21	0.21	0.16
p25	5.00	13.83	0.50	0.18	0.00
p50	8.00	19.75	0.64	0.35	0.13
p75	13.00	28.30	0.81	0.50	0.25
min	3.00	2.100	0.22	0.00	0.00
max	102.00	38.90	1.00	0.77	0.92
N	235	235	191	191	235

Tabella 5.6.1 - Statistiche descrittive per terzili di densità (sottocampione con n_brevetti ≥ 3)

Terzile: Media densità

Statistica	n_brevetti	dens_pop	H_mean	exploration_mean	impact_mean
mean	41.98	81.98	0.63	0.36	0.21
sd	71.98	29.66	0.14	0.14	0.13
p25	16.00	54.29	0.55	0.27	0.12
p50	25.00	80.28	0.62	0.37	0.20
p75	37.00	104.50	0.72	0.45	0.28
min	5.00	39.06	0.18	0.00	0.00
max	538.00	143.83	1.00	0.81	0.95
N	234	234	233	233	234

Tabella 5.6.2 - Statistiche descrittive per terzili di densità (sottocampione con n_brevetti ≥ 3)

Terzile: Alta densità

Statistica	n_brevetti	dens_pop	H_mean	exploration_mean	impact_mean
mean	266.28	331.17	0.63	0.36	0.22
sd	362.94	181.65	0.06	0.06	0.10
p25	81.00	201.96	0.58	0.32	0.14
p50	148.50	277.12	0.63	0.36	0.20
p75	266.00	412.85	0.67	0.41	0.28
min	23.00	144.32	0.39	0.20	0.01
max	2254.00	1161.91	0.80	0.60	0.58
N	234	234	234	234	234

Tabella 5.6.3 - Statistiche descrittive per terzili di densità (sottocampione con n_brevetti ≥ 3)

Nei terzili costruiti sul sottocampione, gli indici di sfruttamento ed esplorazione continuano a mostrare variazioni molto moderate al variare della densità brevettuale, mentre l'impatto citazionale medio aumenta in modo netto passando dalla bassa alla media e alta densità. Per valutare formalmente la significatività di tali differenze, sono stati implementati test non parametrici di Kruskal–Wallis sulle tre variabili:

- per H_{it}^{mean} e $Expl_{it}^{mean}$, le statistiche del test risultano molto basse e i p-value elevati ($p \approx 0,84$), indicando l'assenza di differenze sistematiche tra i terzili;
- per Imp_{it}^{mean} , al contrario, il test evidenzia una differenza altamente significativa tra i gruppi ($\chi^2 \approx 30$, $p < 0,001$).

Questi risultati, ottenuti su un campione depurato dalle osservazioni con pochissimi brevetti, rafforzano l'evidenza descrittiva secondo cui i contesti provinciali con maggiore densità brevettuale tendono a generare brevetti complessivamente più citati, mentre il mix exploitation–exploration rimane sostanzialmente indipendente dal livello di densità.

5.6 PROVINCE LEADER NELLA BREVETTAZIONE

Per completare il quadro della distribuzione territoriale dell'attività brevettuale, si identificano le province leader in termini di intensità brevettuale nel lungo periodo. A questo scopo, si è calcolata, per ciascuna provincia, la media su tutti i quinquenni osservati di n_{it} , $dens_{pop_{it}}$ e Imp_{it}^{mean} . Tabella 5.7 riporta le dieci province con la maggiore densità brevettuale media, insieme ai corrispondenti valori medi di numero di brevetti e impatto citazionale.

Provincia	dens_pop (media)	impact_mean (media)	n_brevetti (media)
Bologna	664.6	0.25	632.12
Pordenone	640.02	0.26	176.50
Milano	475.19	0.27	1722.50
Vicenza	470.07	0.21	382.87
Modena	405.23	0.23	268.75
Treviso	401.00	0.34	330.00
Torino	380.34	0.31	855.62
Monza e della Brianza	330.27	0.28	258.62
Ancona	322.05	0.19	149.50
Udine	320.16	0.23	169.25

Tabella 5.7 - Prime 10 province per densità brevettuale media (media su tutti i quinquenni)

Dal punto di vista territoriale, emergono chiaramente alcuni poli di eccellenza dell'innovazione brevettuale: tra le prime posizioni figurano province dell'area

lombarda (Milano, Monza e della Brianza, Brescia, Bergamo), emiliana (Bologna, Modena, Reggio Emilia, Parma) e del Nord-Est (Treviso, Vicenza, Pordenone, Padova, Udine, Ancona). Queste province combinano tipicamente un'elevata densità industriale, e un fitto tessuto di relazioni tra imprese, università e centri di ricerca, in linea con l'evidenza sui distretti industriali e sui sistemi locali di innovazione.

CAPITOLO 6 – MODELLI PANEL A EFFETTI FISSI

6.1 MOTIVAZIONI E SPECIFICA DEI MODELLI

Le analisi descrittive del Capitolo 5 mostrano una forte eterogeneità territoriale e temporale nell'intensità e nella densità brevettuale, accompagnata da una notevole stabilità degli indici medi di exploitation ed exploration e da differenze apprezzabili nell'impatto citazionale medio tra terzili di densità. Tuttavia, tali evidenze sono basate su confronti statici tra province e tra periodi. Per valutare come le variazioni nel tempo all'interno di ciascuna provincia si associno al mix exploration–exploitation e all'impatto delle invenzioni, è necessario introdurre un approccio panel che consenta di controllare per l'eterogeneità non osservata stabile nel tempo.

A questo scopo, si adottano modelli a effetti fissi provinciali, della forma generale:

$$y_{it} = \alpha_i + \beta x_{it} + u_{it},$$

dove:

- y_{it} è, a seconda dei casi, l'indice medio di exploration, l'indice medio di exploitation, l'impatto citazionale medio, oppure l'intensità/densità brevettuale;
- x_{it} è una delle altre variabili chiave, utilizzata a turno come regressore esplicativo;
- α_i è un effetto fisso provinciale che cattura tutte le caratteristiche strutturali e invariante nel tempo della provincia i : struttura produttiva, dotazione di capitale umano, storia industriale, presenza di università e centri di ricerca, ecc.;
- u_{it} è un termine di errore idiosincratico.

Le stime sono effettuate con regressioni a effetti fissi ed errori standard clusterizzati per provincia, in modo da tenere conto di eteroschedasticità e autocorrelazione intra-provinciale.

Pur avendo stimato un insieme ampio di combinazioni possibili, vengono riportati e discussi solo i modelli che risultano informativi rispetto alle domande di ricerca e non puramente meccanici.

6.2 INTENSITÀ BREVETTUALE, MIX EPLORATION-EXPLOITATION E IMPATTO CITAZIONALE

Il primo blocco di modelli considera come variabile dipendente il mix exploration–exploitation, valutando se incrementi nell'intensità brevettuale di una provincia si associno a spostamenti significativi nella composizione delle basi di conoscenza utilizzate.

In particolare, si stimano modelli del tipo:

$$Expl_{it}^{mean} = \alpha_i + \beta x_{it} + u_{it}$$

e

$$H_{it}^{mean} = \alpha_i + \beta x_{it} + u_{it},$$

in cui x_{it} è alternativamente n , $dens_pop$, $\ln_n_brevetti$, \ln_dens_pop . Per costruzione, $H_{it}^{mean} = 1 - Expl_{it}^{mean}$, quindi i risultati sono speculari: un coefficiente positivo di β in un modello con H corrisponde a un coefficiente negativo di uguale entità nel modello con $Expl$, e viceversa.

	(1)	(2)	(3)	(4)
	Exploration media	Exploration media	Exploration media	Exploration media
Numero brevetti	-0.00			
	(0.00)			
Brevetti per milione di abitanti (provincia–quinquennio)		-0.00		
		(0.00)		
Log(1 + n_brevetti)			0.005	
			(0.0109)	
Log(1 + dens_pop)				0.004
				(0.01)
Constant	0.36***	0.36***	0.33***	0.33***
	(0.0038)	(0.0068)	(0.0384)	(0.04)
R2 within	0.0002	0.0002	0.0006	0.0004
N	694.00	694.00	694.00	694.00

Standard errors in parentheses

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Tabella 6.2.1 - Modelli panel a effetti fissi – mix exploration–exploitation come variabile dipendente

	(1)	(2)	(3)	(4)
	Exploitation media H	Exploitation media H	Exploitation media H	Exploitation media H
Numero brevetti	0.00			
	(0.00)			
Brevetti per milione di abitanti		0.00		
		(0.00)		
Log(1 + n_brevetti)			-0.005	
			(0.01)	
Log(1 + dens_pop)				-0.004
				(0.0112)
Constant	0.63***	0.63***	0.66***	0.66***
	(0.0038)	(0.0068)	(0.0384)	(0.0483)
R2 within	0.0002	0.0002	0.0006	0.0004
N	694.00	694.00	694.00	694.00

Standard errors in parentheses

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$

Tabella 6.2.2 - Modelli panel a effetti fissi – mix exploration–exploitation come variabile dipendente

I risultati riportati nelle Tabella 6.2.1/2 mostrano che:

- i coefficienti associati al numero di brevetti e alla densità brevettuale sono molto piccoli in valore assoluto e non statisticamente significativi;
- anche le specificazioni logaritmiche, che dovrebbero cogliere elasticità e relazioni non lineari, producono coefficienti prossimi allo zero e non significativi;
- gli R2 within dei modelli sono sostanzialmente nulli, indicando che le variazioni nel tempo di intensità/densità brevettuale spiegano una quota minima della variabilità intra-provincia del mix exploration–exploitation.

Dal punto di vista sostantivo, questi risultati suggeriscono che il bilanciamento tra componenti esplorative ed esploitative della ricerca brevettuale è fortemente radicato nelle caratteristiche strutturali delle province catturate dagli effetti fissi e cambia poco in risposta a variazioni di breve–medio periodo nell'intensità brevettuale. In altre parole, province storicamente orientate a traiettorie incrementali (maggiore

exploitation) o più sperimentali (maggiore exploration) tendono a mantenere il proprio stile innovativo, anche quando il volume di attività brevettuale aumenta o diminuisce.

Il secondo blocco di modelli considera come variabile dipendente l'impatto citazionale medio, misurato come logaritmo delle citazioni forward a cinque anni medie per i brevetti della provincia–quinquennio. L'obiettivo è verificare se le variazioni nell'intensità e nella densità brevettuale siano associate a cambiamenti sistematici nell'impatto medio delle invenzioni.

Si stimano modelli del tipo:

$$Imp_{it}^{mean} = \alpha_i + \beta x_{it} + u_{it},$$

dove x_{it} è, a turno, n, dens_pop, ln_n_brevetti, ln_dens_pop. Per completezza, si considerano anche specificazioni con H o Expl come regressori, per valutare il ruolo del mix exploration–exploitation.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
	impact mean	impact mean	impact mean	impact mean	impact mean	impact mean
n_brevetti	-0.0002**					
	(0.0001)					
dens_pop		-0.0002***				
		(0.0001)				
ln_n_brevetti			-0.01			
			(0.0089)			
ln_dens_pop				-0.01		
				(0.0088)		
H_mean					0.01	
					(0.0435)	
exploration_mean						-0.01
						(0.0435)
_cons	0.21***	0.22***	0.23***	0.23***	0.19***	0.20***
	(0.0058)	(0.0066)	(0.0288)	(0.0352)	(0.0279)	(0.0156)
R2 within	0.01	0.01	0.004	0.003	0.0001	0.0001
N	802.00	802.00	802.0000	802.00	694.00	694.00

Standard errors in parentheses

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$

Tabella 6.2.3 - Modelli panel a effetti fissi – impatto citazionale come variabile dipendente

I risultati possono essere sintetizzati come segue:

- i coefficienti di H. ed Expl., quando inseriti singolarmente come regressori di Imp., sono piccoli e non statisticamente significativi: nel campione considerato, variazioni nel mix exploration–exploitation nel tempo non si traducono in cambiamenti robusti dell’impatto medio delle citazioni all’interno della stessa provincia;
- al contrario, i coefficienti associati al numero di brevetti e alla densità brevettuale risultano negativi e statisticamente significativi: all’aumentare di n o di dens_pop nel tempo, l’impatto citazionale medio tende a ridursi leggermente;

- le specificazioni in log mostrano coefficienti negativi ma non sempre significativamente diversi da zero, suggerendo che l'effetto di rendimenti decrescenti sull'impatto per brevetto è presente ma relativamente contenuto.

Questa evidenza può essere interpretata come un possibile segnale di rendimenti decrescenti dell'intensità brevettuale sull'impatto citazionale medio: quando una provincia entra in una fase di forte espansione del numero di brevetti, è plausibile che una quota crescente di titoli riguardi innovazioni incrementali o più marginali, il cui impatto, misurato attraverso le citazioni, è inferiore rispetto alle invenzioni più dirompenti. In altre parole, l'aumento del volume di output brevettuale può accompagnarsi a una lieve "diluizione" dell'impatto medio.

CAPITOLO 7 – CONCLUSIONI

7.1 – RIEPILOGO E CONCLUSIONI

Il problema affrontato dalla tesi era l'effetto produttivo dell'innovazione tecnologica nelle province italiane in termini di intensità/densità dei brevetti, esplorazione vs sfruttamento e impatto delle citazioni delle invenzioni. A partire dai brevetti europei con almeno un richiedente italiano, è stato stabilito un pannello di cinque anni a livello provinciale che ha permesso di combinare analisi descrittive e modelli a effetti fissi. Descrittivamente, i risultati del Capitolo 5 hanno evidenziato:

- una forte eterogeneità territoriale nell'intensità e densità dei brevetti e un nucleo ristretto di province nel Centro-Nord (Bologna, Milano, Torino, Treviso, Vicenza, Modena, Pordenone, ecc.) con una classifica costante ai vertici della densità media dei brevetti (Tabella 5.7);
- c'è stato un aumento costante a lungo termine sia nell'incidenza dei brevetti che nella densità dei brevetti (in numeri assoluti): la media provinciale aumenta da poche decine di brevetti per periodo quinquennale tra gli anni '70 e '80 a oltre 100 nell'ultimo decennio (Tabelle 5.2.1–5.2.8, Figura 5.1);
- una significativa stabilità nel mix sfruttamento-esplorazione: gli indici medi H_{it}^{mean} e $Expl_{it}^{mean}$ sono concentrati intorno a valori di circa 0,64 e 0,36, rispettivamente, con una debole deriva temporale (Tabella 5.1);
- una chiara relazione tra maggiore densità di brevetti e maggiore impatto medio delle citazioni: quanto più grandi sono questi terzili in termini di bassa-alta densità, tanto maggiore è l'impatto medio sulle citazioni con aumenti sistematici (Tabelle 5.3 e 5.6).

Nel modello a effetti fissi basato sul pannello, mostrato nel Cap.6 i cambiamenti quinquennali nell'intensità/densità dei brevetti non influenzano significativamente il mix esplorazione-sfruttamento tra le province attraverso un periodo di 5 anni:

- gli indici di H ed Expl sembrano non avere un effetto significativo sul mix esplorazione-sfruttamento per le province; inoltre sono fortemente indipendenti dalla variazione di breve/media durata nel numero di brevetti o nella loro densità;

- al contrario aumenti nell'intensità/densità brevettuale si associano a una lieve riduzione dell'impatto citazionale medio per brevetto, suggerendo rendimenti decrescenti sull'impatto marginale di ulteriori brevetti;
- non emergono, nel breve periodo, relazioni robuste tra variazioni nel mix exploration–exploitation e impatto citazionale medio, verosimilmente anche per effetto dei limiti temporali della finestra di osservazione delle citazioni.

I risultati parlano direttamente ai principi teorici ribaditi nei Capitoli 2 e 3. Prima di tutto, che il mix esplorazione-sfruttamento sembra essere abbastanza stabile nel tempo e non dipende molto dalla variazione nell'intensità dei brevetti evidenzia il ruolo che le traiettorie cumulative e le routine di ricerca giocano.

Le province italiane sembrerebbero formare gradualmente nel tempo modelli di specializzazioni tecnologiche e stili di innovazione, che mostrano come la conoscenza sia distribuita e organizzata nel territorio: i distretti manifatturieri hanno una forte orientazione all'ottimizzazione di prodotto e processo, mentre i poli metropolitani più diversificati favoriscono la sperimentazione in diversi campi applicativi. Questo si allinea con la distinzione di March (1991) tra esplorazione e sfruttamento e con le analisi di Tushman e O'Reilly (1996) sull'ambidestria organizzativa, qui resa a livello territoriale.

In secondo luogo, la relazione tra densità della conoscenza e l'efficacia delle invenzioni può essere compresa attraverso alla luce delle informazioni sulla densità della conoscenza e sui sistemi di innovazione regionale presentati nel capitolo 2. Le province con alta densità di brevetti fondono:

- maggiore probabilità di produrre brevetti ad alto impatto, grazie alla presenza di stock di conoscenza consolidati, capitale umano specializzato e reti di cooperazione densificate;
- una crescita del numero complessivo di brevetti che rende più probabile l'emergere di un ampio zoccolo di invenzioni incrementalmente utili ma poco citate.

L'evidenza di rendimenti decrescenti dell'intensità brevettuale sull'impatto medio è coerente con la letteratura sulle distribuzioni fortemente asimmetriche delle citazioni di brevetto (Trajtenberg, 1990; Hall, Jaffe e Trajtenberg, 2005): pochi brevetti diventano nodi centrali delle reti tecnologiche, mentre la maggior parte resta periferica, anche in ambienti ad alta densità di conoscenza.

Infine, l'uso combinato di brevetti e citazioni come proxy empiriche, discusso nel Capitolo 3, si dimostra utile per scomporre la produttività dell'innovazione territoriale in quantità (intensità e densità brevettuale), qualità di ricombinazione (mix exploration–exploitation) e impatto (citazioni forward).

BIBLIOGRAFIA

Alcácer, J., Gittelman, M., & Sampat, B. N. (2009). Applicant and examiner citations in the U.S. patent system. *Management Science*, 55(1), 3–21.

Almeida, P., & Kogut, B. (1999). Localization of knowledge and the mobility of engineers in regional networks. *Management Science*, 45(7), 905–917.

Asheim, B. T., & Gertler, M. S. (2005). The geography of innovation: Regional innovation systems. In J. Fagerberg, D. C. Mowery, & R. R. Nelson (a cura di), *The Oxford Handbook of Innovation* (pp. 291–317). Oxford: Oxford University Press.

Barbieri, N. (2016). Fuel prices and the invention crowding out effect: Releasing the constraint on renewables through energy taxation. *Energy Policy*, 96, 370–381.

Boschma, R. (2005). Proximity and innovation: A critical assessment. *Regional Studies*, 39(1), 61–74.

Boschma, R., & Iammarino, S. (2009). Related variety, trade linkages, and regional growth in Italy. *Economic Geography*, 85(3), 289–311.

Breschi, S., & Lissoni, F. (2001). Knowledge spillovers and local innovation systems: A critical survey. *Industrial and Corporate Change*, 10(4), 975–1005.

Cohen, W. M., & Levinthal, D. A. (1990). Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 128–152.

Cooke, P. (2001). Regional innovation systems, clusters, and the knowledge economy. *Industrial and Corporate Change*, 10(4), 945–974.

Dass, N., Nanda, V., & Xiao, S. C. (2017). Truncation bias corrections in patent data. *Research Policy*, 46(2), 374–382.

Greve, H. R. (2007). Exploration and exploitation in product innovation. *Industrial and Corporate Change*, 16(5), 945–975.

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

Hall, B. H., Jaffe, A. B., & Trajtenberg, M. (2005). Market value and patent citations. *RAND Journal of Economics*, 36(1), 16–38.

Harhoff, D., Narin, F., Scherer, F. M., & Vopel, K. (1999). Citation frequency and the value of patented inventions. *The Review of Economics and Statistics*, 81(3), 511–515.

- Harhoff, D., Scherer, F. M., & Vopel, K. (2003). Citations, family size, opposition and the value of patent rights. *Research Policy*, 32(8), 1343–1363.
- Jaffe, A. B., & Trajtenberg, M. (2002). *Patents, Citations and Innovations: A Window on the Knowledge Economy*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Jaffe, A. B., Trajtenberg, M., & Henderson, R. (1993). Geographic localization of knowledge spillovers as evidenced by patent citations. *The Quarterly Journal of Economics*, 108(3), 577–598.
- Laursen, K., & Salter, A. (2006). Open for innovation: The role of openness in explaining innovation performance among U.K. manufacturing firms. *Strategic Management Journal*, 27(2), 131–150.
- March, J. G. (1991). Exploration and exploitation in organizational learning. *Organization Science*, 2(1), 71–87.
- Nelson, R. R., & Winter, S. G. (1982). *An Evolutionary Theory of Economic Change*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- OECD/Eurostat. (2018). *Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation* (4th ed.). Paris: OECD Publishing.
- Schumpeter, J. A. (1934). *The Theory of Economic Development: An Inquiry into Profits, Capital, Credit, Interest, and the Business Cycle*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Singh, J. (2005). Collaborative networks as determinants of knowledge diffusion patterns. *Management Science*, 51(5), 756–770.
- Trajtenberg, M. (1990). A penny for your quotes: Patent citations and the value of innovations. *RAND Journal of Economics*, 21(1), 172–187.
- Trippe, A. (2015). *Guidelines for Patent Searching and Workflow Integration*. Geneva: World Intellectual Property Organization (WIPO).
- Tushman, M. L., & O'Reilly, C. A. (1996). Ambidextrous organizations: Managing evolutionary and revolutionary change. *California Management Review*, 38(4), 8–30.
- Verspagen, B. (1997). Measuring intersectoral technology spillovers: Estimates from the European and US patent office databases. *Economic Systems Research*, 9(1), 47–65